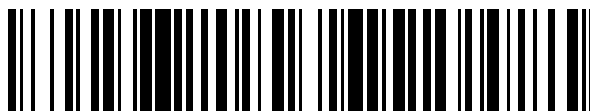


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 680**

51 Int. Cl.:

**B41N 1/24** (2006.01)

**H01L 31/18** (2006.01)

**H01L 31/0224** (2006.01)

**H01L 31/068** (2012.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2012** **E 12742616 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015** **EP 2672523**

54 Título: **Placa serigráfica para panel solar y método para imprimir un electrodo de panel solar**

30 Prioridad:

**31.01.2011 JP 2011017886**

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

**08.10.2015**

73 Titular/es:

**SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD. (100.0%)**  
**6-1, Ohtemachi 2-chome Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**ENDO, YOKO;**  
**MITTA, RYO;**  
**WATABE, TAKENORI y**  
**OTSUKA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 547 680 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

Placa serigráfica para panel solar y método para imprimir un electrodo de panel solar

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una placa serigráfica que permite fabricar paneles solares con fiabilidad a largo plazo y con buena productividad. Más en particular, se refiere a una placa serigráfica cuyo patrón de máscara de electrodo de barra colectora se modifica de manera que los electrodos puedan formarse con un bajo coste mientras que se mantiene una alta eficacia de conversión; y a un método para imprimir electrodos de panel solar usando la placa serigráfica.

**Antecedentes de la técnica**

15 Un panel solar fabricado mediante la tecnología de la técnica anterior se describe en referencia a su vista en sección transversal (FIG. 1), configuración de superficie frontal (FIG. 2) y configuración de superficie trasera (FIG. 3). En general, el panel solar incluye un sustrato semiconductor 100 de tipo p de silicio o similar en el que se difunde un dopante de tipo n para formar una capa de difusión 101 de tipo n para definir una confluencia p-n. En la capa de difusión 101 de tipo n, se forma una película de antirreflejo 102 tal como una película SiNx. En la superficie trasera del sustrato semiconductor 100 de tipo p, una pasta de aluminio se reviste sustancialmente por toda la superficie y se enciende para formar una capa 103 de campo de superficie trasera (BSF) y un electrodo de aluminio 104. Además, en la superficie trasera, se forma un electrodo amplio 106, conocido como electrodo de barra colectora, para la recogida de corriente revistiendo una pasta conductora que contiene plata o similar y encendiéndola. En el lado de superficie que recibe la luz, unos electrodos de dedo 107 para la recogida de corriente y unos electrodos amplios 105, conocidos como electrodos de barra colectora, para recoger corriente desde los electrodos de dedo, están dispuestos en un patrón con forma de peine para cruzarse en ángulos sustancialmente rectos.

En la fabricación de paneles solares de este tipo, los electrodos pueden formarse mediante diversos métodos incluyendo evaporación, composición, impresión y similares. Los electrodos de dedo delanteros 107 se forman generalmente mediante el método de impresión/encendido que se describirá a continuación debido a la facilidad de formación y el bajo coste. Específicamente, una pasta conductora obtenida mezclando polvo de plata, frita de vidrio, un vehículo orgánico y disolvente orgánico como ingredientes principales se usa generalmente como el material del electrodo delantero. La pasta conductora se reviste mediante un proceso de impresión serigráfica o similar, y se enciende a una alta temperatura en un horno de encendido para formar el electrodo delantero.

35 El proceso de impresión serigráfica se describe a continuación.

El proceso de impresión serigráfica usa una placa serigráfica que se prepara proporcionando un tejido de malla 110 de filamentos de urdimbre y trama octogonalmente tejidos, revistiendo el tejido con una emulsión fotosensitiva 111, exposición, y eliminando partes de la emulsión para definir un orificio de patrón sustancialmente rectangular (FIG.4). La placa serigráfica se coloca sobre el trabajo que se va a imprimir. Una pasta de impresión (tinta) descansa en la placa serigráfica y se extiende sobre el patrón. Una cuchilla flexible conocida como escobilla de impresión 112 se atraviesa con una dureza adecuada de escobilla (60 a 80 grados), ángulo de escobilla (60 a 80 grados), presión o presión aplicada (0,2 a 0,5 MPa), y velocidad de impresión (20 a 100 mm/s) para transferir por tanto la pasta de impresión al trabajo que se va a imprimir a través del orificio de patrón. La pasta de impresión aplicada al trabajo que se va a imprimir se seca después para formar un patrón impreso.

Inmediatamente después de que la pasta de impresión caiga a través de las mallas en el orificio de patrón donde no hay filamentos y se una al trabajo que se va a imprimir, la pasta de impresión permanece sin unirse a las porciones correspondientes a los filamentos de urdimbre y trama en el orificio de patrón. Más tarde, la pasta de impresión unida a las porciones correspondientes con las mallas comienza a fluir, teniendo como resultado un patrón impreso continuo de espesor uniforme.

55 Tal como se ha descrito anteriormente, el proceso de impresión serigráfica es tal que la pasta de impresión con la que se rellena el orificio de patrón en la placa serigráfica se transfiere al trabajo que se va a imprimir mediante un movimiento transversal de la escobilla de impresión (o cuchilla) por donde se forma el mismo patrón que el orificio de patrón definido en la placa serigráfica en el trabajo a imprimir.

60 La resistencia de contacto entre el electrodo de dedo frontal 107 formado mediante el anterior proceso y el sustrato de silicio 100 y la resistencia de interconexión del electrodo afectan en gran medida a la eficacia de conversión de un panel solar. Para ganar una alta eficacia (baja resistencia de la serie de paneles, alto factor de forma (FF)), la resistencia de contacto y la resistencia de interconexión del electrodo de dedo delantero 107 deben tener valores totalmente bajos.

65 Además, el área del electrodo debe ser pequeña para que la superficie que recibe la luz pueda absorber tanta luz como sea posible. Para mejorar la corriente de cortocircuito ( $J_{sc}$ ) mientras que se mantiene el FF, el electrodo de

dedo debe formarse de manera que pueda tener una anchura reducida (delgada) y un área incrementada en sección transversal, es decir, una alta proporción.

Aunque se usan diversos métodos para formar electrodos de panel solar, los métodos conocidos para formar líneas ultra finas que tienen una proporción alta incluyen un método de formación de hendiduras en un panel y rellenar las hendiduras con pasta (documento JP-A 2006-54374) y un método de impresión basado en impresión de chorro de tinta. Sin embargo, el primer método no es aconsejable, ya que la etapa de formar hendiduras en un sustrato puede provocar daños al sustrato. Ya que el último método de impresión de chorro de tinta está diseñado para aplicar presión al líquido para inyectar gotitas a través de una fina tobera, es aconsejable formar líneas finas, pero es difícil ganar una altura.

Por otro lado, el método de serigrafía es un método de bajo coste y alta productividad ya que la formación de un patrón impreso es fácil, los daños al sustrato se minimizan ajustando la presión aplicada, y el ritmo de trabajo por panel es alto. Si se usa una pasta conductora con una alta tixotropía, puede formarse un electrodo que retenga la forma a medida que se transfiere y que tenga una alta proporción.

Tal como se ha analizado anteriormente, el método de serigrafía es más adecuado para formar electrodos de gran proporción a bajo coste, a diferencia de otros métodos de impresión.

Sin embargo, cuando se imprimen finas líneas usando el método anterior, surge el problema de que la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se vuelve muy fina y, lo que es peor, puede romperse. Si el electrodo de dedo en el lado que recibe la luz adelgaza localmente o incluso se rompe, esa porción se convierte en un factor de control de resistencia, lo que tiene como resultado una caída en el factor de forma.

La causa de la rotura es una diferencia en el espesor de la película en la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo. En serigrafía, el aumento de pasta está en proporción con el tamaño de una abertura. Principalmente, se proporciona un gran aumento de pasta para el electrodo de barra colectora en correspondencia con una gran abertura mientras que un pequeño aumento de pasta se proporciona para el electrodo de dedo en correspondencia con una pequeña abertura. De esta manera, surge una diferencia en el espesor de la película entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo. Si los electrodos se encienden en este estado, ocurre la rotura en el límite entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo por que el electrodo de barra colectora con un aumento mayor sufre una mayor contracción. Si la diferencia es pequeña, surge un fenómeno por el que la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se vuelve muy fina.

Además, en el proceso de impresión serigráfica, la dirección de impresión (dirección transversal de una escobilla de impresión) también se convierte en un factor que promueve la rotura. Para evitar la rotura de un electrodo de dedo, la placa serigráfica 1 se modela generalmente de manera que la dirección de impresión y la abertura del electrodo de dedo 2 sean sustancialmente paralelas, y la dirección de impresión y la abertura del electrodo de barra colectora 3 sean sustancialmente perpendiculares (FIG. 8). Con este diseño, los electrodos recién impresos se configuran de manera que la anchura de la conexión entre el electrodo de barra colectora 13 y el electrodo de dedo 12 colocados en el lado de impresión corriente arriba con respecto al electrodo de dedo 12 sea muy estrecha (FIG. 9). Tal estrechamiento es increíble particularmente cuando se imprimen líneas finas. Esto se debe a que en la conexión entre la abertura del electrodo de dedo 2 y la abertura del electrodo de barra colectora 3, la escobilla de impresión cae en la abertura del electrodo de barra colectora 3, teniendo como resultado un menor aumento de pasta en esta conexión. En comparación, la anchura de la conexión entre el electrodo de barra colectora 13 y el electrodo de dedo 12 ubicados en el lado de impresión corriente abajo tiende a ser ancha debido a un aumento mayor de pasta (FIG. 9). De manera notable, la placa incluye zonas bloqueadas o cubiertas 5.

Además, es probable que ocurra un fenómeno de silla ya que la abertura del electrodo de barra colectora 3 es considerablemente más ancha que la abertura del electrodo de dedo 2, y la escobilla 112 atraviesa por la placa en perpendicular a la abertura del electrodo de barra colectora 3 como se ha mencionado antes. El fenómeno de silla consiste en que cuando se imprime una porción abierta y ancha como la barra colectora, la porción abierta recibe presión por parte de la escobilla 112 (FIG. 5), y una porción central 113 se abolla en más profundidad que los bordes de la pasta en la dirección de anchura del electrodo de barra colectora (FIG. 6). Al ocurrir el fenómeno de silla ocurre una diferencia entre la altura del electrodo de barra colectora en su borde en su dirección de anchura y la altura del electrodo de dedo. Ya que el borde del electrodo de barra colectora con un aumento mayor tiene un factor de contracción mayor durante el encendido del electrodo, la conexión entre el electrodo de barra colectora 13 y el electrodo de dedo 12 puede romperse 114 (FIG. 10). Debe apreciarse que en la Figura 10, la línea discontinua denota la conexión entre el electrodo de barra colectora 13 y el electrodo de dedo 12.

Incluso cuando un electrodo de dedo y un electrodo de barra colectora se imprimen por separado, ocurre un fenómeno de silla en el electrodo de barra colectora, no pudiendo evitar la rotura en la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo.

Para solucionar el anterior problema, el documento JP-A 2009-272405 divulga ensanchar la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo. Durante el uso de este método, sin embargo, se forman grumos

o borrosidades porque la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo es extremadamente gruesa. Esto hace que surjan problemas como una pérdida de sombra incrementada y propiedades deterioradas. Ya que el panel solar es, de hecho, un dispositivo que se usa bajo la luz solar, existen muchas opciones de que esté a la vista del público, a diferencia de otros dispositivos semiconductores. Por consiguiente, no solo el rendimiento, sino también la apariencia es muy importante para el panel solar. El método de la anterior patente tiene el problema de que ya que la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo es gruesa, el electrodo de dedo se vuelve discontinuo en anchura, restándole valor a la apariencia estética.

También se conoce que se evita que la escobilla se caiga en la abertura de la barra colectora realizando la serigrafía con la posición de instalación de la placa serigráfica rotada en un ángulo diferente a múltiplos de 90° en relación con la dirección de recorrido de la escobilla (FIG. 7). Este método, sin embargo, tiene el problema de que ya que la dirección de recorrido de la escobilla no es paralela a la abertura del dedo, el electrodo de dedo se desenfoca, no pudiendo realizar una impresión precisa.

El documento JP-A-2005/116 559 enseña una placa serigráfica para la impresión de pasta conductora para formar electrodos de panel solar.

## Sumario de la invención

### Problema técnico

Aunque la invención se realiza para superar los anteriores problemas, su objetivo es proporcionar una placa serigráfica para su uso con paneles solares y un método de impresión de electrodos de panel solar a través de la placa serigráfica, por el que se forman electrodos que tienen una proporción alta y una baja resistencia para permitir una fabricación de bajo coste de paneles solares con una alta eficacia de conversión.

### Solución al problema

La presente invención pretende solucionar los anteriores problemas y pertenece a un método de fabricación de un panel solar mediante la impresión de una pasta conductora para formar simultáneamente un electrodo de barra colectora y un electrodo de dedo. Con respecto a la formación del electrodo mediante la serigrafía a través de una placa serigráfica que incluye una abertura de electrodo de barra colectora, se ha encontrado que si la abertura del electrodo de barra colectora se proporciona parcialmente con una zona bloqueada, se reduce la presión aplicada por la escobilla a la pasta con la que se ha rellenado la abertura. Por tanto, se inhibe la rotura del electrodo. La invención afirma este descubrimiento.

Por consiguiente, la invención proporciona una placa serigráfica para su uso con paneles solares y un método de impresión de electrodos de panel solar tal como se define en las reivindicaciones.

Debe apreciarse que las roturas ocurren en rara ocasión con una abertura de dedo usada normalmente que tiene una anchura de 80 a 100 µm. La invención es eficaz para líneas finas correspondientes a una abertura de dedo con una anchura menor de 80 µm.

Para beneficiarse completamente de la invención cuando se imprimen electrodos de panel solar usando la placa serigráfica que tiene las características antes descritas, es aconsejable que la dirección de impresión sea sustancialmente perpendicular a la dirección longitudinal del electrodo de barra colectora.

### Efectos ventajosos de la invención

El uso de la placa serigráfica inventiva hace que sea posible reducir el coste de fabricación de paneles solares, para evitar que la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se rompa sin incrementar la pérdida de sombra o comprometer la apariencia estética de los paneles solares, y para fabricar paneles solares fiables con una alta productividad.

### Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista en sección transversal de electrodos de un panel solar típico.

La FIG. 2 es una vista en planta que muestra la configuración de superficie delantera de un panel solar típico.

La FIG. 3 es una vista en planta que muestra la configuración de superficie trasera de un panel solar típico.

La FIG. 4 ilustra esquemáticamente una etapa de impresión usando una placa serigráfica convencional.

La FIG. 5 ilustra esquemáticamente un fenómeno de silla durante la etapa de impresión usando una placa serigráfica convencional.

La FIG. 6 es una vista en sección transversal que muestra el perfil de un electrodo recién impreso usando la placa serigráfica convencional.

La FIG. 7 ilustra esquemáticamente un método ejemplar para evitar la rotura usando una placa serigráfica convencional.

La FIG. 8 es una vista ampliada de aberturas en una placa serigráfica convencional.

La FIG. 9 es una vista ampliada de electrodos impresos usando la placa serigráfica convencional.

La FIG. 10 es una vista en sección transversal de las conexiones entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo tomada a lo largo de la línea A-A en la FIG. 9.

La FIG. 11 es una vista ampliada que muestra aberturas en una placa serigráfica en una realización de la invención.

La FIG. 12 es una vista ampliada de electrodos impresos usando la placa serigráfica en una realización de la invención.

La FIG. 13 es una vista en sección transversal de las conexiones entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo tomada a lo largo de la línea B-B en la FIG. 12.

### Descripción de realizaciones

Una realización de la invención se describe en detalle a continuación. La placa serigráfica para su uso en la fabricación de paneles solares incluye una porción que proporciona un electrodo de barra colectora que incluye una zona bloqueada. En una realización preferente, la zona bloqueada representa hasta el 60 %, más preferentemente hasta el 55 % de un área de abertura calculada a partir del contorno del electrodo de barra colectora. La invención ejerce su efecto más cuando la zona bloqueada representa al menos el 30 %, más preferentemente al menos el 45 % del área de abertura. La placa serigráfica también incluye una abertura de electrodo de dedo que tiene una anchura de menos de 80  $\mu\text{m}$ , preferentemente 40  $\mu\text{m}$  a menos de 80  $\mu\text{m}$ , más preferentemente 40  $\mu\text{m}$  a 75  $\mu\text{m}$ , incluso más preferentemente 45  $\mu\text{m}$  a 70  $\mu\text{m}$ , y más preferentemente 50  $\mu\text{m}$  a 60  $\mu\text{m}$ .

La FIG. 11 ilustra una placa serigráfica ejemplar de la invención. En la FIG. 11, la placa serigráfica 1 incluye una pluralidad de aberturas del electrodo de dedo 2 que se extienden en paralelo a la dirección de impresión (mostrada por las flechas) y una abertura del electrodo de barra colectora 3 de una anchura amplia ( $W_b$ ) que se extiende en perpendicular a la dirección de impresión. La anchura  $W_b$  es preferentemente 0,5 a 3 mm, más preferentemente 1 a 2 mm. En la placa serigráfica 1 de acuerdo con la invención, la abertura del electrodo de barra colectora 3 incluye una pluralidad de zonas bloqueadas 4 dispuestas en su interior. Esas zonas bloqueadas 4 se forman en posiciones alineadas con la dirección longitudinal de las aberturas del electrodo de dedo 2. La zona bloqueada 4 dentro de la abertura del electrodo de barra colectora 3 está preferentemente separada a una distancia ( $W_c$ ) de 50 a 700  $\mu\text{m}$ , más preferentemente 100 a 300  $\mu\text{m}$  del límite entre la abertura del electrodo de dedo 2 y la abertura del electrodo de barra colectora 3. Si la distancia es menor de 50  $\mu\text{m}$ , entonces la cantidad de pasta descargada puede reducirse, invitando a la rotura. Si la distancia supera 700  $\mu\text{m}$ , entonces el empuje de la pasta al presionar la escobilla se vuelve increíble para que ocurra un fenómeno de silla, dejando el riesgo de una rotura debido a la contracción diferencial tras el encendido. La separación entre las zonas bloqueadas 4 va preferentemente de 100 a 2 000  $\mu\text{m}$ , más preferentemente 300 a 1 000  $\mu\text{m}$ .

El área total de zonas bloqueadas 4 es de hasta el 60 % del área total de la abertura del electrodo de barra colectora 3 y las zonas bloqueadas 4 (es decir, el área de barra colectora calculada a partir del contorno de la abertura 3 de electrodo de barra colectora de la placa serigráfica). La anchura  $W_f$  de la abertura del electrodo de dedo 2 es menor de 80  $\mu\text{m}$ .

El uso de la placa serigráfica configurada como se ha dicho anteriormente es eficaz para evitar la rotura de los electrodos de dedo, la caída de las escobillas en la abertura del electrodo de barra colectora durante la impresión, y un espesamiento del electrodo de dedo en la transición desde el electrodo de barra colectora al electrodo de dedo, tal como se muestra mejor en las FIG. 12 y 13.

Ahora, se describirá un método ejemplar de fabricación de un panel solar usando la placa serigráfica de acuerdo con la invención. La invención no se limita al panel solar fabricado mediante este método.

Un sustrato de silicio de tipo p {100} monocristalino recién cortado en el que se dopa silicio de alta pureza con un elemento de Grupo III tal como boro o galio para dar una resistividad de 0,1 a 5  $\Omega\text{ cm}$  se graba con una solución alcalina concentrada de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio que tiene una concentración del 5 al 60 % por peso o ácido mezclado de ácido hidrofluórico y ácido nítrico para retirar la capa de superficie dañada del trabajo. El sustrato de silicio monocristalino puede haberse preparado mediante el método CZ o FZ.

Posteriormente, la superficie del sustrato se provee de asperezas microscópicas conocidas como textura. La textura es un medio eficaz para reducir la reflectividad de los paneles solares. La textura puede proporcionarse fácilmente sumergiendo el sustrato en una solución alcalina caliente de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio, carbonato de sodio o bicarbonato de sodio (concentración de 1 a 10 % en peso) a una temperatura de 60 a 100  $^{\circ}\text{C}$  durante aproximadamente 10 a aproximadamente 30 minutos. A menudo, una cantidad apropiada de 2-propanol se disuelve en la solución alcalina para promover la reacción.

El proceso de textura va seguido del lavado con una solución ácida y acuosa tal como ácido hidroclicórico, ácido sulfúrico, ácido nítrico o ácido hidrofluórico o una mezcla de los mismos. El lavado con ácido hidroclicórico es preferible desde los puntos de vista del coste y la eficacia. Para mejorar la limpieza, puede llevarse a cabo el lavado

mezclando de 0,5 a 5 % en peso de peróxido de hidrógeno acuoso con ácido hidroclopórico acuoso y calentándolo entre 60 a 90 °C.

En el sustrato, se forma una capa emisora mediante difusión de fase de vapor usando cloruro de fosforilo. En los paneles solares comunes de silicio, debe formarse una confluencia p-n solo en la superficie que recibe la luz. Para este fin deben adoptarse medidas adecuadas para evitar cualquier confluencia p-n en la superficie trasera, por ejemplo, llevando a cabo la difusión mientras que dos sustratos coinciden, o formando una película de SiO<sub>2</sub> o SiNx en la superficie trasera como máscara de difusión antes de la difusión. En el final de la difusión, el vidrio formado en la superficie se retira usando ácido hidrofúorico o similar.

A continuación, se forma una película de antirreflejos en la superficie que recibe la luz. Usando un sistema de deposición química de vapor (CVD) mejorado con plasma para la formación de la película, se deposita una película de SiNx para un espesor de aproximadamente 100 nm. A menudo, se usa una mezcla de monosilano (SiH<sub>4</sub>) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) como el gas reactivo, aunque puede usarse nitrógeno en lugar de NH<sub>3</sub>. También puede mezclarse hidrógeno con el gas reactivo para ajustar la presión del proceso, para diluir el gas reactivo, o para mejorar el efecto de pasivación de masa cuando el sustrato usado es de silicio policristalino.

A continuación, se forma un electrodo trasero mediante el método de serigrafía. En la superficie trasera del sustrato, una pasta obtenida mezclando polvo de plata y frita de vidrio con un aglutinante orgánico se imprime mediante serigrafía en un patrón de barra colectora, tras lo cual una pasta obtenida mezclando polvo de aluminio con un aglutinante orgánico se imprime mediante serigrafía en la región que excluye la barra colectora. Tras la impresión, las pastas se encienden a una temperatura de 700 a 800 °C durante 5 a 30 minutos para formar un electrodo trasero. El electrodo trasero se forma preferentemente mediante el método de impresión, aunque puede formarse por evaporación, bombardeo o similar.

A continuación, se forma un electrodo delantero mediante el método de serigrafía usando la placa serigráfica de acuerdo con la invención.

Específicamente, una pasta obtenida mezclando polvo de plata y frita de vidrio con un aglutinante orgánico se imprime sobre la superficie delantera del sustrato usando una placa serigráfica que tiene un patrón de impresión con forma de peine diseñada para un electrodo de dedo con una anchura de 30 a 80 µm y una separación de electrodo de dedo de 0,5 a 4,0 mm.

La placa serigráfica de la invención puede obtenerse simplemente proporcionando la abertura del electrodo de barra colectora con zonas bloqueadas tal como se muestra en la FIG. 11, si la necesidad de cambiar el patrón convencional del panel solar como se ha mencionado anteriormente.

Las placas de serigrafía usadas comúnmente incluyen aberturas de dedo que tienen una anchura de 80 a 100 µm. En este caso, la rotura, tal como se ha mencionado antes, ocurre en rara ocasión ya que los electrodos de dedo son totalmente amplios y pueden imprimirse gruesos. Sin embargo, ya que las líneas se estrechan para una abertura de dedo con una anchura menor de 80 µm, la diferencia en el espesor de la película entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se vuelve mayor. Por tanto, puede ocurrir la rotura debido a la contracción térmica diferencial (FIG. 9).

En comparación, cuando se fabrica un panel solar imprimiendo un electrodo de barra colectora y un electrodo de dedo simultáneamente, el riesgo de rotura puede evitarse mediante la etapa de impresión usando una placa serigráfica que incluye una abertura de electrodo de barra colectora que incluye zonas bloqueadas que representan hasta el 60 % del área de abertura calculada a partir del contorno del electrodo de barra colectora (FIG. 13).

Para obtener todas las ventajas de la invención cuando se fabrican paneles solares mediante electrodos de impresión a través de la placa serigráfica que tiene las características antes descritas, es aconsejable que la dirección de impresión sea sustancialmente perpendicular al electrodo de barra colectora.

El uso de la placa serigráfica de acuerdo con la invención tiene el efecto adicional de evitar que el electrodo de dedo se espese ya que la presencia de zonas bloqueadas en la abertura del electrodo de barra colectora reduce la cantidad de pasta descargada en el último lado de impresión (FIG. 12).

Cuando una zona bloqueada se incluye parcialmente en la abertura de barra colectora, puede dejarse una zona sin imprimir tras la impresión. Sin embargo, esto no provoca problemas en la apariencia exterior ya que una tira de plomo de cobre revestida por soldadura se une al área tras la fabricación de un módulo. Siempre que el área del electrodo de barra colectora sea al menos el 40 % del área estándar del electrodo de barra colectora, la resistencia de unión de la tira de plomo con el electrodo de barra colectora se mantiene. Ya que se reduce la cantidad usada del electrodo de barra colectora, pueden fabricarse paneles solares con menor coste. La inclusión de zonas bloqueadas en la abertura del electrodo de barra colectora de la placa serigráfica evita cualquier rotura de la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo.

Una vez que se forman los electrodos mediante el método antes mencionado, estos se encienden calentándose en el aire a una temperatura de 700 a 800 °C durante 5 a 30 minutos. El encendido del electrodo trasero y del electrodo del lado que recibe la luz puede realizarse al mismo tiempo.

## 5 Ejemplos

Los ejemplos y ejemplos comparativos se aportan a continuación a modo de ilustración y no de limitación.

[Ejemplos y ejemplos comparativos]

Para demostrar los beneficios de la invención, se fabricaron paneles solares procesando treinta (30) sustratos semiconductores tal como sigue.

Se proporcionaron placas de serigrafía con un patrón A convencional que tiene una abertura del electrodo de dedo con una anchura (Wf) de 60  $\mu\text{m}$  (Ejemplo Comparativo, FIG. 8), un patrón B que incluye una abertura del electrodo de barra colectora que incluye zonas bloqueadas (FIG. 11), equivalente por lo demás al patrón A, y un patrón C que tiene una anchura de abertura del electrodo de dedo (Wf) de 100  $\mu\text{m}$  (Ejemplo Comparativo, FIG. 8) como el patrón de impresión. Todos los patrones tenían comúnmente una anchura (Wb) de abertura del electrodo de barra colectora de 1,5 mm.

Más en particular, en el patrón B, la abertura del electrodo de barra colectora se separó a una distancia Wc de 100  $\mu\text{m}$  del límite entre la abertura del electrodo de dedo y la abertura del electrodo de barra colectora, la separación entre las zonas bloqueadas fue de 1 000  $\mu\text{m}$ , y el área total de las zonas bloqueadas fue el 55 % del área de barra colectora calculada a partir del contorno de la abertura del electrodo de barra colectora.

Se proporcionó un sustrato 100 de silicio de tipo p {100} recién cortado dopado con boro de 15  $\text{cm}^2$  con un espesor de 250  $\mu\text{m}$  y una resistividad de 2,0  $\Omega\text{ cm}$ . El sustrato se sumergió en una solución acuosa de hidróxido de potasio concentrado para retirar la capa dañada del trabajo, se le dio textura, sufrió un tratamiento de calor a 850 °C en una atmósfera de cloruro de fosforilo para formar una capa emisora 101, y se grabó con ácido hidrofúrico para retirar el vidrio de fósforo, seguido de un lavado y secado. Después, se formó una película de SiNx 102 usando un sistema CVD mejorado con plasma. En la superficie trasera, una pasta de polvo de plata, frita de vidrio y un aglutinante orgánico se imprimió por serigrafía en un patrón de barra colectora 106, tras lo cual una pasta de polvo de aluminio y un aglutinante orgánico se imprimió por serigrafía en un patrón 104 excluyendo la barra colectora. El disolvente orgánico se evaporó, produciendo un sustrato semiconductor con un electrodo trasero formado en él.

A continuación, una pasta conductora basada en polvo de plata, frita de vidrio, un vehículo orgánico y disolvente orgánico y conteniendo además un óxido de metal como aditivo se aplicó sobre la película de antirreflejo en el sustrato semiconductor usando una placa serigráfica con un patrón de impresión seleccionado en una dureza de escobilla de 70 grados, un ángulo de escobilla de 70 grados, una presión aplicada de 0,3 MPa, y una velocidad de impresión de 50 mm/s. Tras la impresión, el sustrato se calentó en un horno limpio a 150 °C para su secado y se encendió en el aire a 800 °C.

Se observaron treinta (30) paneles solares fabricados de esta manera para electrodos bajo un microscopio óptico y se evaluaron mediante un simulador solar (atmósfera de 25 °C, intensidad de irradiación 1kW/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 Global). Además, bajo el microscopio óptico, se observaron la anchura de los electrodos de dedo tras la impresión y la anchura de la conexión para inspeccionar cualquier rotura. Los resultados promedios del Ejemplo y los Ejemplos Comparativos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

| Nivel                   | Abertura de dedo ( $\mu\text{m}$ ) | Abertura de barra colectora (mm) | Zonas bloqueadas | Rotura     | Corriente de cortocircuito (mA/cm <sup>2</sup> ) | Factor de forma (%) | Eficacia de conversión (%) |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------|--------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| A (Ejemplo Comparativo) | 60                                 | 1,5                              | ausente          | encontrada | 35,1                                             | 73,6                | 15,50                      |
| B (Ejemplo)             | 60                                 | 1,5                              | presente         | ninguna    | 35,1                                             | 75,1                | 15,82                      |
| C (Ejemplo Comparativo) | 100                                | 1,5                              | ausente          | ninguna    | 33,8                                             | 76,2                | 15,20                      |

La rotura en la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se observó bajo un nivel estándar A, pero no en el método de la invención y también bajo el nivel C usando una gran anchura de la abertura.

La corriente de cortocircuito cayó bajo el nivel C usando una gran anchura del electrodo de dedo. Esta caída fue provocada por una pérdida de sombra debido a la anchura incrementada. El factor de forma bajo el nivel B libre de rotura fue del 75,1 %, lo que fue aproximadamente un 1,5 % mayor que bajo el nivel A que sufrió rotura.

- 5 En la técnica anterior, ocurrió una rotura en la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo. Al usar la placa serigráfica de la invención, los electrodos con una proporción alta pueden formarse sin riesgo de rotura sin incrementar el número de etapas.

- 10 Tal como se ha demostrado anteriormente, la invención asegura que el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo se formen sin riesgo de rotura en la conexión entre el electrodo de barra colectora y el electrodo de dedo. De esta manera, los paneles solares con una alta eficacia de conversión pueden fabricarse en grandes cantidades.

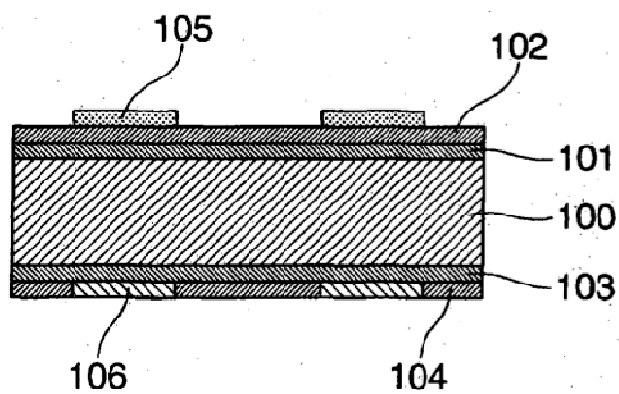
#### Lista de signos de referencia

- |    |     |                                                                |
|----|-----|----------------------------------------------------------------|
| 15 | 1   | placa serigráfica                                              |
|    | 2   | abertura del electrodo de dedo                                 |
|    | 3   | abertura del electrodo de barra colectora                      |
|    | 4   | zona bloqueada en la apertura del electrodo de barra colectora |
|    | 5   | zona bloqueada                                                 |
| 20 | 12  | electrodo de dedo                                              |
|    | 13  | electrodo de barra colectora delantero                         |
|    | 100 | sustrato semiconductor tipo p                                  |
|    | 101 | capa de difusión tipo n                                        |
|    | 102 | película antirreflejo (película SiNx)                          |
| 25 | 103 | capa BSF                                                       |
|    | 104 | electrodo de aluminio                                          |
|    | 105 | electrodo de barra colectora delantero                         |
|    | 106 | electrodo de barra colectora trasero                           |
|    | 107 | electrodo de dedo                                              |
| 30 | 110 | tejido de malla                                                |
|    | 111 | emulsión                                                       |
|    | 112 | escobilla                                                      |
|    | 113 | abolladura                                                     |
|    | 114 | rotura                                                         |
| 35 |     |                                                                |

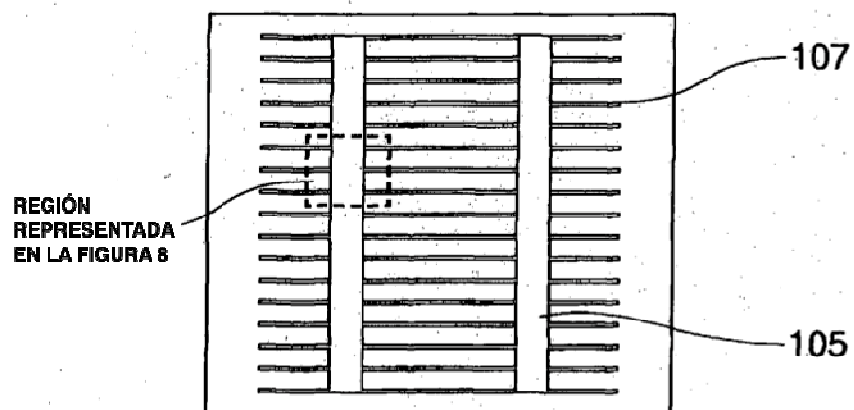
## REIVINDICACIONES

1. Una placa serigráfica (1) para su uso en la impresión de una pasta conductora para formar simultáneamente un electrodo de barra colectora y una pluralidad de electrodos de dedo en un panel solar, incluyendo la placa serigráfica (1) una abertura del electrodo de barra colectora (3) y una pluralidad de aberturas del electrodo de dedo (2), **caracterizada por que** las aberturas del electrodo de dedo (2) tienen una anchura de la abertura de menos de 80  $\mu\text{m}$ , y la placa serigráfica tiene una pluralidad de zonas bloqueadas (4) en la abertura del electrodo de barra colectora (3), en posiciones alineadas con las aberturas del electrodo de dedo (2).
2. La placa serigráfica de la reivindicación 1, en la que las zonas bloqueadas (4) representan hasta el 60 % de un área de barra colectora calculada a partir del contorno de la abertura del electrodo de barra colectora (3) de la placa serigráfica (1).
3. La placa serigráfica de las reivindicaciones 1 o 2 en la que la zona bloqueada (4) en la abertura del electrodo de barra colectora (3) está separada a una distancia de 50 a 700  $\mu\text{m}$  del límite entre la abertura del electrodo de dedo (2) y la abertura del electrodo de barra colectora (3).
4. La placa serigráfica de la reivindicación 3 en la que dicha distancia es de 100 a 300  $\mu\text{m}$ .
5. La placa serigráfica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en la que las zonas bloqueadas (4) están alineadas con la dirección longitudinal de las aberturas del electrodo de dedo (2).
6. La placa serigráfica en la que la separación entre las zonas bloqueadas (4) es de 100 a 2000  $\mu\text{m}$ .
7. La placa serigráfica de la reivindicación 6 en la que dicha separación entre las zonas bloqueadas (4) es de 300 a 1000  $\mu\text{m}$ .
8. La placa serigráfica de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en la que la anchura de la abertura del electrodo de barra colectora (3) es de 0,5 a 3 mm.
9. Un método de impresión de electrodos de panel solar en el que una pasta conductora se imprime para formar simultáneamente un electrodo de barra colectora (13) y una pluralidad de electrodos de dedo (12) en un panel solar, **caracterizado por** usar una placa serigráfica (1) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Un método de la reivindicación 9 en el que una escobilla se mueve en una dirección perpendicular a una dirección longitudinal del electrodo de barra colectora (13).

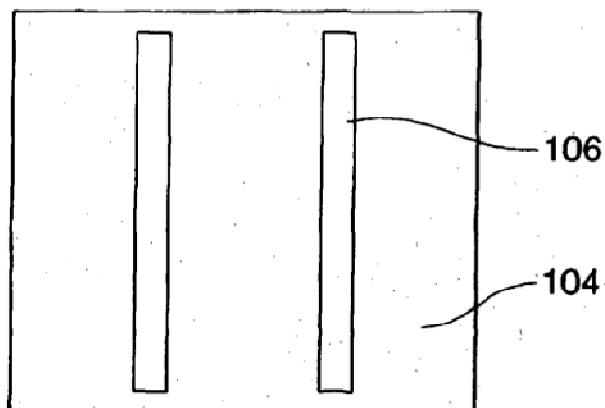
**FIG.1**



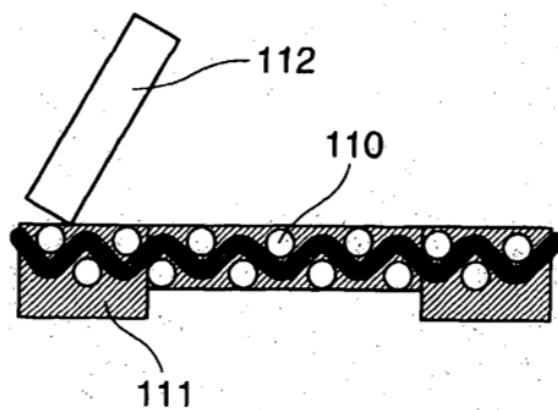
**FIG.2**



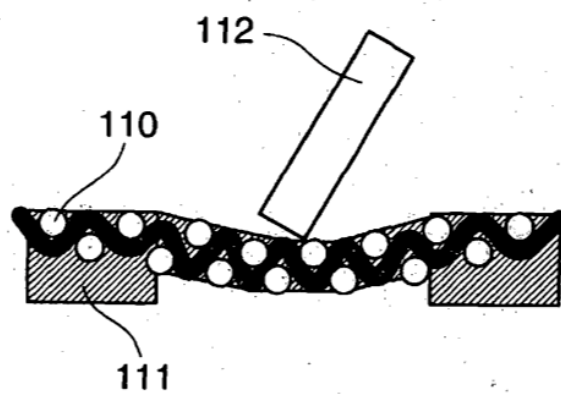
**FIG.3**



**FIG.4**



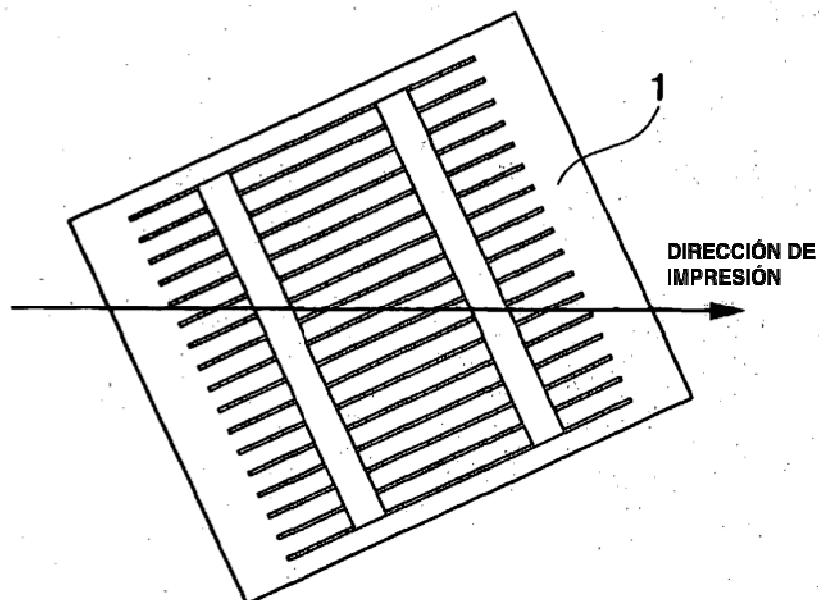
**FIG.5**



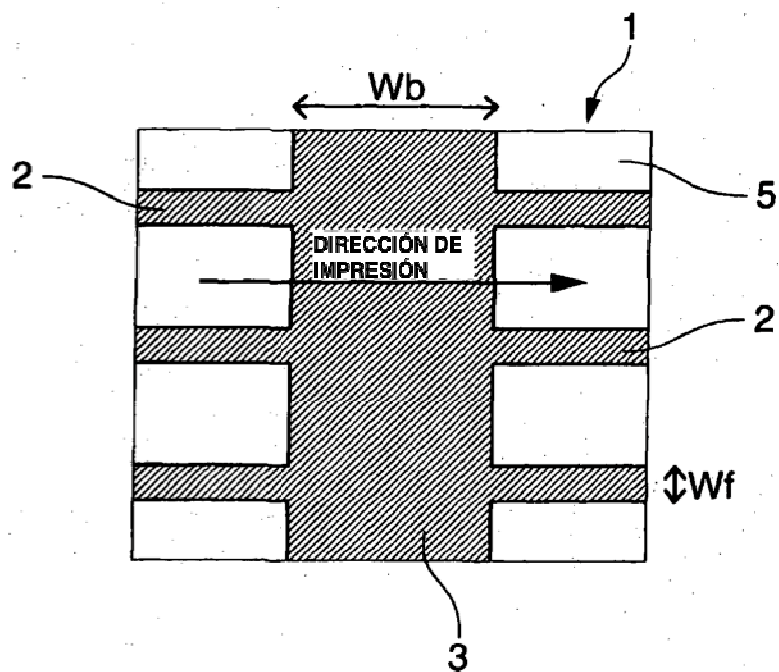
**FIG.6**



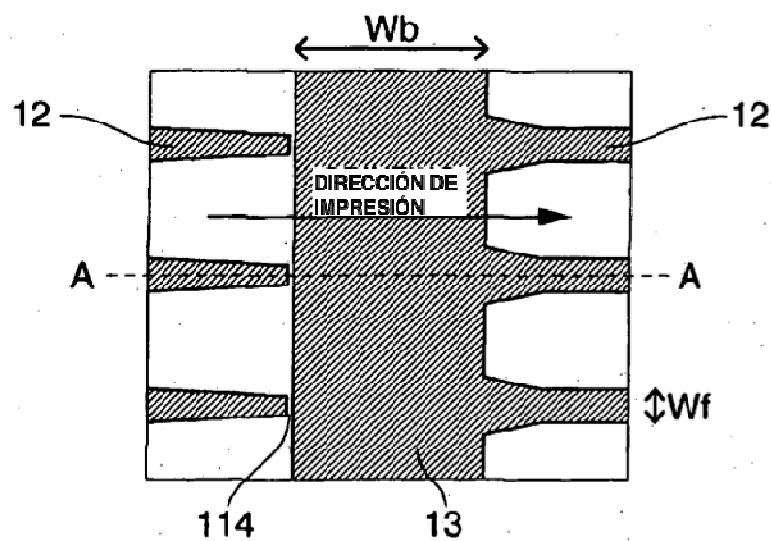
**FIG.7**



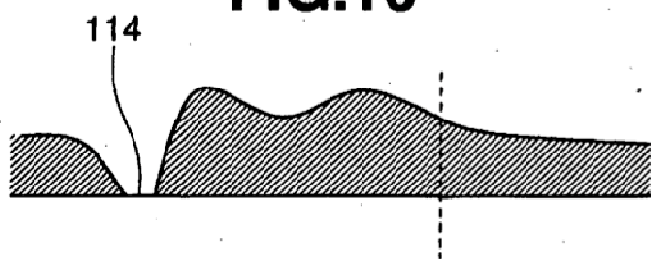
**FIG.8**



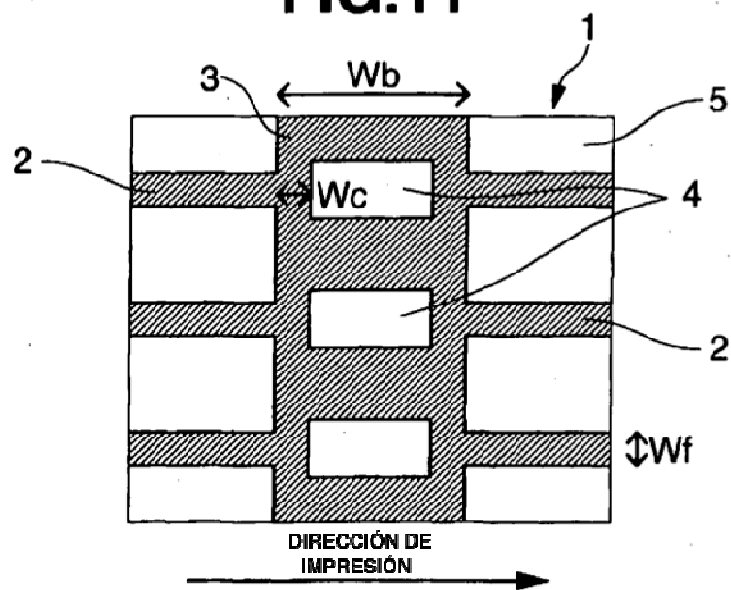
**FIG.9**



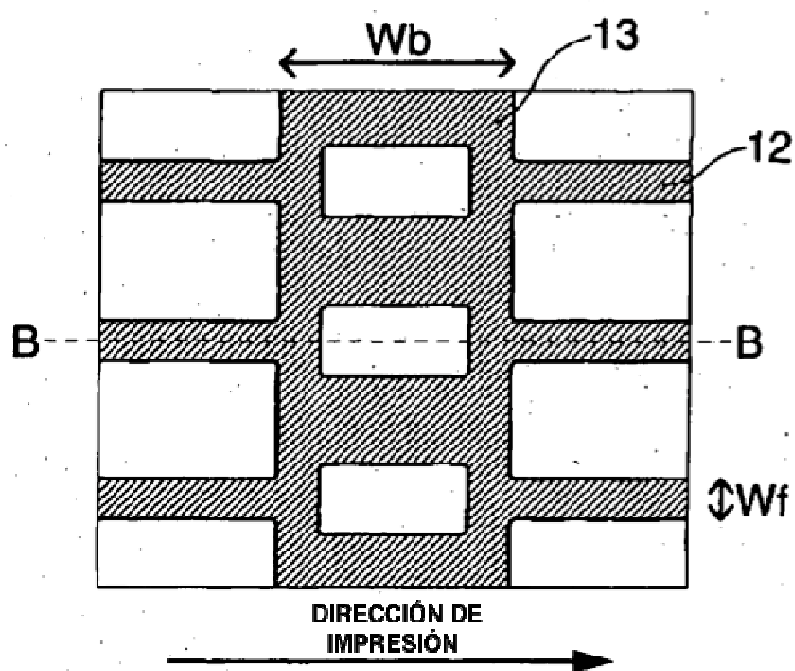
**FIG.10**



**FIG.11**



**FIG.12**



**FIG.13**

