



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 679**

51 Int. Cl.:
H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08856838 .1**

96 Fecha de presentación : **02.12.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2215663**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.08.2010**

54 Título: **Células fotovoltaicas que tienen envoltura metálica pasante y pasivación mejorada.**

30 Prioridad: **03.12.2007 EP 07122152**
04.12.2007 US 992298 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.10.2011

73 Titular/es: **IMEC**
Kapeldreef 75
3001 Leuven, BE
PHOTOVOLTECH

72 Inventor/es: **Dross, Frédéric;**
Allebé, Christophe;
Szlufcik, Jozef y
Beaucarne, Guy

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 365 679 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).

DESCRIPCION

Células fotovoltaicas que tienen envoltura metálica pasante y pasivación mejorada

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a dispositivos fotovoltaicos tales como células solares. Más particularmente, se refiere a células solares de envoltura metálica pasante, mejoradas por esquema de pasivación específico, y a un método de coste conveniente para fabricarlas.

Tecnología básica

La mayoría de las células solares descritas en la técnica anterior pueden ser subdivididas en varias categorías de acuerdo con su estructura general.

- 10 Una de estas categorías es el grupo de las denominadas células solares de contacto trasero, lo que significa que ambos contactos óhmicos a las regiones adulteradas opuestamente de las células solares están situados en la superficie trasera o no iluminada de la célula solar. Este concepto evita o reduce las pérdidas por sombreado, causadas por la rejilla delantera de contacto de metal en células solares estándar.

- 15 El modo más directo de fabricar células solares de contacto trasero consiste en colocar la unión colectora de corriente portadora entre regiones semiconductoras de adulteración o dopaje opuesto próximo a la superficie trasera de la célula (célula de "unión trasera"). El documento "1127.5-Percent Silicon Concentrator Solar Cells" (R. A. Sinton, Y. Kwark, J. Y. Gan, R. M. Swanson, IEEE Electron Device Letters, Vol. ED-7. No. 10, octubre de 1986) describe un tal dispositivo.

- 20 Puesto que la mayoría de los fotones son siempre absorbidos cerca de la superficie delantera de la célula, las corrientes portadoras generadas en estas regiones tienen que difundirse a través de toda la región de base de la célula hacia la unión colectora de corriente portadora próxima a la superficie trasera. Para este concepto, es necesario material de elevada calidad con longitudes minoritarias de difusión de corriente portadora mayores que el espesor de la célula, lo que hace esta solución no aplicable para la mayor parte de los materiales de calidad solar que tienen generalmente cortas longitudes de difusión. Adicionalmente, se requiere una perfecta pasivación o neutralización de la superficie delantera para células que tienen la unión colectora de corriente próxima a la superficie trasera.

- 25 El grupo más grande de células solares tiene la unión colectora de corriente próxima a su superficie delantera. La corriente procedente de estas células solares es recogida por un contacto de metal para la región adulterada en la superficie delantera y por un segundo contacto para la región adulterada opuestamente en la superficie trasera. Aunque esta estructura de rejilla delantera se puede hacer óptima de manera relativamente fácil con el fin de obtener elevadas eficacias de recogida, el compromiso entre pérdidas de resistencia y pérdidas por sombreado necesita una cobertura de la superficie delantera del 6-12% del área total.

- 30 Otro grupo de células solares combina las dos soluciones. Tales células solares tienen ambos contactos externos a las regiones opuestamente adulteradas en la superficie trasera y la unión colectora próxima a la superficie delantera. La corriente recogida desde la superficie delantera es conducida a través de aberturas que se extienden a través de la totalidad de la plaqueta hasta la superficie trasera. Usando esta estructura, se reducen considerablemente las pérdidas por sombreado procedentes normalmente de la rejilla de metalización delantera.

El documento WO 1998/054763 (EP 0 985 233 B1) describe una tal estructura, en lo que sigue denominada Envoltura de Metal Pasante (MWT: Metal Wrap Through).

- 40 A pesar de su área de sombra disminuida, las células solares de MWT son todavía de eficacia generalmente limitada debido a la excesiva recombinación como derivación que sucede en la vía y bajo las barras bus de emisor trasero (como se describe, por ejemplo, en los documentos: "Tratamiento y amplia caracterización de células Solares de Envoltura de Metal Pasante (MWT) de MC-Si", Clement et al., Actuaciones de la 22 Conferencia Europea de Energía Solar Fotovoltaica, Milán Italia (2007), p1400-1402; "Estudios de tiempo útil en vías perforadas por láser para aplicación en Células Solares de Envoltura Pasante de emisor", Mingirulli et al., Actuaciones de la 22 Conferencia Europea de Energía Solar Fotovoltaica, Milán, Italia (2007), p1415-1418).

- 45 La solicitud de patente de Estados Unidos US2007186971 y la patente Estados Unidos US3903427 dan a conocer células solares de "Envoltura de Metal Pasante", en las que la capa dieléctrica que cubre la superficie interior de la vía para aislar la trayectoria conductora de la capa semiconductor está dispuesta en la superficie trasera de la capa semiconductor y el contacto trasero se extiende a través de la capa dieléctrica hasta el semiconductor.

50 La solicitud de patente alemana DE 19650111, la solicitud de patente Europea EP528311 y la solicitud PCT WO8905521 describen células solares de "Envoltura de Metal Pasante", en las que el contacto trasero no está hecho a través de la capa dieléctrica y no tienen contacto delantero para recoger corriente sobre la superficie delantera.

Finalidad de la Invención

Es un objeto de esta invención proporcionar células fotovoltaicas y un método para producir una célula fotovoltaica, que alivia o evita algunos problemas de la técnica anterior.

Sumario de la Invención

5 En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo fotovoltaico como, por ejemplo, una célula solar, teniendo el dispositivo fotovoltaico una capa semiconductor que tiene una superficie delantera para recibir luz incidente, por ejemplo luz solar, y una superficie trasera opuesta a la superficie delantera, un contacto delantero, así mismo denominado contacto de emisor, para recoger corriente sobre la superficie delantera, una barra bus o general trasera, denominada también barra bus de emisor, en la parte trasera del dispositivo, por ejemplo en la superficie trasera para extraer corriente del lado delantero, una vía a través de la capa semiconductor, teniendo la vía una trayectoria conductora para acoplar el contacto delantero a la barra bus trasera, una capa dieléctrica en la superficie trasera del sustrato, es decir, en la superficie trasera de la capa semiconductor, que se extiende a través de la capa dieléctrica hasta la capa semiconductor, en el que la capa dieléctrica cubre también una superficie interior de la vía para aislar la trayectoria conductora de la capa semiconductor.

15 En comparación con los diseños existentes que tienen vías, disponiendo el mismo dieléctrico dentro de la vía, en lugar de tener algún otro aislamiento específico en la vía, no es necesario prever pasos para alineación y enmascaramiento, para mantener el dieléctrico apartado de la vía. Por lo tanto, la fabricación puede ser más barata o más rápida. Además, el dieléctrico en la vía ayuda a reducir la necesidad de tener una región de unión próxima a la vía y en la superficie trasera, de manera que existe menos daño de taladrar la vía presente en o cerca de la región de unión. Esto ayuda a reducir corrientes de recombinación no deseadas, mejorando así la eficacia. De ese modo el dieléctrico puede cumplir múltiples fines, tales como pasivación de superficie y masa, protección contra daño térmico causado por incendio, reflexión de superficie trasera para mejorar la eficacia y aislamiento del metal con respecto al semiconductor en la vía.

20 Células solares de contacto por atrás experimentan usualmente más efecto de arco que las células solares convencionales, ya que no hay una barra bus en el frente para compensar la elevada tensión inducida por pasta de Al en la parte trasera. Aquí, gracias a la pila dieléctrica, las células solares producidas muestran en mucho menor grado el problema del efecto perjudicial de arco.

25 Otro aspecto de la invención proporciona un método de fabricar un dispositivo fotovoltaico que tiene una capa semiconductor que tiene una superficie delantera para recibir luz incidente, por ejemplo luz solar, y una superficie trasera opuesta a la superficie delantera, teniendo el método los pasos de:

30 formar una vía a través de la capa semiconductor,

formar una capa dieléctrica en la superficie trasera del sustrato, es decir, en la superficie trasera de la capa semiconductor, de tal manera que la capa dieléctrica cubre también una superficie interior de la vía,

35 formar una trayectoria conductora a través de la vía, para recoger corriente procedente de la superficie delantera, y aislada de la capa semiconductor por medio de la capa dieléctrica,

formar una barra bus trasera en la parte trasera del dispositivo, por ejemplo en la superficie trasera del mismo para acoplar la trayectoria conductora a través de la vía, y un contacto trasero para la superficie trasera de la capa semiconductor, que se extiende a través de la capa dieléctrica hasta la capa semiconductor.

40 Aspectos particulares y preferidos de la invención son expuestos en las reivindicaciones independientes y dependientes que se acompañan. Realizaciones de cualquier aspecto de la invención pueden tener cualesquiera características adicionales, y algunas de tales características son expuestas en las reivindicaciones dependientes, y algunas son expuestas en los ejemplos en la descripción detallada. Características de las reivindicaciones dependientes pueden ser combinadas con características de las reivindicaciones independientes y con características de otras reivindicaciones como apropiadas y no meramente como explícitamente expuestas en las reivindicaciones.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra un ejemplo de etapas, en un dispositivo fotovoltaico como, por ejemplo, una célula solar, de un procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización de la presente invención.

50 La figura 2 muestra una ilustración de etapas en otros procedimientos de fabricación de acuerdo con otras realizaciones de la presente invención.

La figura 3 muestra una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4 muestra una vista en sección transversal similar de acuerdo con otra realización.

La figura 5 muestra una vista en sección transversal de un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 6 muestra pasos de un método de fabricación de acuerdo con otra realización.

Descripción de realizaciones ilustrativas

5 Se describirá cómo puede ser puesta en práctica la presente invención con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, aunque la invención no está limitada a ellos. Los dibujos descritos son sólo esquemáticos y no son limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y no dibujado a escala para fines ilustrativos.

10 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico. Se ha de entender que los términos así utilizados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descrita en esta memoria son capaces de funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas aquí.

15 Aún más, los términos superior, inferior, encima, debajo y similares en la descripción y en las reivindicaciones se usan para fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Se ha de entender que los términos así utilizados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en esta memoria son capaces de funcionar en otras orientaciones que las descritas e ilustradas aquí.

20 Las realizaciones descritas muestran una estructura nueva y mejorada que tiene algunas de las características de la estructura de MWT conocida, mencionada anteriormente, y de la denominada estructura *i*-perc descrita en el documento WO 2006/097303 A1. La nueva estructura (denominada *i*-perc-BC) se beneficia de la pila de pasivación estable de la *i*-perc depositada no sólo en el lado trasero sino también en la vía. Una diferencia importante de al menos algunas realizaciones en comparación con la estructura de MWY conocida es la ausencia de difusión en la vía y en el lado trasero. Una consecuencia de esto es la reducción o evitación de defectos generados durante la formación de la vía, que están presentes en el emisor y/o en la región de adulteración. Tales defectos causan recombinaciones que reducen el rendimiento. Además de sus propiedades de pasivación beneficiosas, la pila servirá también como una barrera entre la pasta de metal conectada eléctricamente al emisor y que cubre la vía y una parte de la superficie trasera y la región de base desnuda subyacente.

25 En la estructura *i*-perc la pila se extiende sobre la totalidad de la región de base y esta abierta sólo localmente para la formación de contactos, lo que proporciona excelente pasivación de la superficie en el lado de base. Análogamente, en la nueva estructura, la pila proporciona pasivación en las regiones cubiertas por el electrodo de base y también en regiones similares a la base situadas entre el emisor y el electrodo de base en el lado trasero.

30 Desde un punto de vista del procedimiento, la nueva estructura presenta también una ventaja en comparación con la estructura de MWT inicial que se ha de encontrar en una simplificación del proceso solar debido a la ausencia de la necesidad de aislamiento de unión tanto en el lado trasero como en el delantero, como una consecuencia de la ausencia de regiones de emisor en el lado trasero.

Figuras 3 a 6, realizaciones de la invención:

35 La figura 3 muestra un dispositivo de acuerdo con una realización de la presente invención. Aquel muestra una capa semiconductor en la forma de Silicio tipo-P 29 con una vía en la forma de un orificio 25 a través de la plaqueta. El lado delantero tiene una región difundida 20, cubierta por una capa de pasivación 27 de SiNx, con contactos 23, así mismo denominados contactos de emisor, que se extienden a través de esta capa de pasivación. No se muestra cómo los contactos estarían acoplados conjuntamente a la trayectoria conductora en la vía para pasar la corriente del lado delantero a las barras bus, denominadas también barras bus de emisor, en el lado trasero. En el lado trasero se muestra una estructura del tipo *i*-perc, en la forma de una pila dieléctrica formada por una capa de óxido 39, cubierta por una capa de SiNx 28. Esto puede ser ejecutado en la práctica usando los ejemplos mostrados en el documento WO2006 097303. Los contactos de atrás, también llamados contactos traseros o contactos de base, Al-BSF 36, están mostrados alcanzados por Al (31) que se extiende a través de orificios en la pila dieléctrica para acoplar los contactos de base conjuntamente. La pila dieléctrica se extiende hasta dentro de la vía. El óxido depositado se extiende en todo el camino a través de la vía, y el SiNx se extiende al menos en parte a través del camino. La trayectoria conductora en la vía es impresa directamente sobre el óxido o el SiNx, en parte desde el lado delantero y en parte desde el lado trasero. También puede ser impresa en un paso, ya sea desde el lado trasero o desde el lado delantero, usando condiciones de vacío específicas para aspirar la pasta dentro la vía si es necesario.

40 En otras palabras, esta realización de un dispositivo fotovoltaico tiene un sustrato semiconductor que tiene al menos una superficie delantera de recepción de radiación y una superficie trasera, comprendiendo el citado sustrato una primera región de un tipo de conductividad (29) (puede ser una región de base) y una segunda región con el tipo de conductividad opuesto (20) (puede ser una región de emisor) adyacente a la superficie delantera, y cubierta por una capa de anti-reflexión (27). La superficie trasera está cubierta por una capa dieléctrica (39) tal como una capa de óxido depositada o pila dieléctrica que comprende capa de óxido y capa de nitruro de silicio (28),

5 cubriendo también la citada capa dieléctrica o pila dieléctrica una superficie interior de la vía. La superficie delantera tiene contactos conductores (23) de recogida de corriente hacia la segunda región (20) y una capa conductora que se extiende hacia dentro de la vía (25), teniendo la superficie trasera contactos conductores (31) de recogida de corriente que se extienden a través dicho dieléctrico hasta la citada primera región (29) y un electrodo de terminación conductor trasero (barra bus) (33). Este se extiende dentro de la vía y junto con la capa conductora delantera 23 forma una trayectoria conductora para corriente fotogenerada desde la superficie delantera hasta un electrodo de terminación (33) en la parte trasera. Al tener el dieléctrico todo encima, no es necesaria alineación o enmascaramiento, y el mismo dieléctrico sirve para aislar, proporcionar protección térmica para el semiconductor y ayudar en la pasivación de superficie y masa. También evita la necesidad de una región de unión cerca de la vía, reduciendo así el daño a la región de unión cerca de la vía por parte de un procedimiento de fabricación de la vía y reduciendo por tanto corrientes de recombinación no deseadas.

15 La figura 4 muestra otra realización en la que se usan números de referencia correspondientes a los utilizados en la figura 3. En comparación con la figura 3, el SiNx se extiende en la vía todo el camino a través de la plaqueta hasta la superficie delantera. En algunos casos aquel puede ser depositado en todo el camino pasante y todavía en posteriores pasos de fabricación el SiNx puede ser eliminado localmente en la vía cerca de la superficie delantera, para dejar una capa de SiNx como se muestra en la figura 3. Esta eliminación local puede tener lugar, por ejemplo, mediante la aplicación de las pastas de metal delanteras y el paso de cocción subsiguiente. El Ejemplo mostrado en la figura 4 muestra también la barra bus trasera en la forma de la Ag impresa con retícula 33 que es impresa antes de que sea impresa la rejilla delantera (en la forma de contactos 23 de Ag impresos con retícula).

20 La figura 5 muestra una realización similar, con los mismos números de referencia, pero con la capa de SiNx sobre la cara trasera sin extenderse hasta dentro de la vía.

25 La figura 6 muestra pasos del método de acuerdo con una realización. En el paso 54 se cortan vías a través de la plaqueta por medio de láser o de cualquier otro método de ataque químico o de mecanización de silicio. En el paso 52, se crea una capa de difusión de N+ sobre el lado delantero del Si de tipo-P. El SiNx y otras capas del lado delantero, si existen, se forman a continuación. En principio, este paso podría ser realizado antes de que sean cortadas las vías. En cualquier caso, es posible evitar crear la capa de difusión cerca de las vías de manera que no se extienda más profundamente junto a las vías. En el paso 57, la capa dieléctrica está formada en toda la superficie trasera sin alineación o formación de patrón o modelo, de manera que se extenderá hacia dentro de las vías. Otras capas de la pila dieléctrica se forman sobre la capa dieléctrica, extendiéndose opcionalmente hacia dentro de la vía en el paso 59. En el paso 64, la pila dieléctrica es abierta localmente. En los pasos 62 y 68, se forma la metalización de emisor. Las barras bus de emisor son formadas en la parte trasera para conectar conjuntamente múltiples vías y para recoger toda la corriente del lado delantero, como se muestra en el paso 68. A continuación se forma la rejilla de contacto de emisor en la parte delantera. Las mismas se conectan entre sí a través de la vía. El electrodo de emisor que se extiende hacia dentro de la vía y sobre la capa dieléctrica, es aislado de la base del semiconductor por la capa dieléctrica. La formación de tales trayectorias conductoras en las vías puede ser ejecutada en la práctica de varios modos diferentes, como será bien conocido por los expertos en la técnica. En el paso 66 se deposita metal para llenar los orificios de contacto traseros a través de la capa dieléctrica hasta alcanzar al semiconductor. Estos accesos a la base del semiconductor se conectan conjuntamente. En el paso 72 es cocido el dispositivo, para realizar el tratamiento térmico de los contactos traseros y delanteros.

40 **Características adicionales:**

45 Las realizaciones descritas muestran una capa semiconductor en la forma de un sustrato de silicio, pero la invención no está limitada al mismo. Se pueden utilizar también otros sustratos apropiados. La capa dieléctrica puede ser realizada en la práctica mediante una capa semiconductor de amplia banda de exclusión que actúa como un dieléctrico. Puede haber muchas vías poco separadas en un diseño o patrón regular de manera que se reducen al mínimo las pérdidas y se minimiza la cantidad de sombreado por el metal situado sobre el lado delantero. Una separación típica podría ser de 2 mm, aunque se pueden utilizar otros valores. Los contactos del lado delantero pueden estar dispuestos en diseño en estrella radiando hacia fuera desde cada vía, o se pueden usar otros diseños siguiendo la práctica conocida. La capa semiconductor puede tener una región de difusión, formada por difusión desde la superficie delantera y formada de manera que la región de difusión no se extienda más profundamente dentro de la capa semiconductor en la proximidad de la vía. Se puede disponer una capa de pasivación que comprenda SiN hidrogenado en la pila dieléctrica sobre la parte superior de la citada capa dieléctrica. La capa de pasivación puede extenderse hasta dentro de la vía.

50 La barra bus del contacto de emisor formado en el lado trasero puede ser formada después de la cocción de la rejilla delantera y del contacto trasero, usando, por ejemplo, una pasta de baja temperatura.

55 La barra bus de emisor puede ser impresa antes de la rejilla delantera de manera que el material de la barra bus esté en contacto directo con la capa dieléctrica aislante. Este material proporciona una protección adicional contra la penetración de la pasta utilizada para la rejilla delantera, la cual puede ser más agresiva debido a que necesita penetrar durante la cocción a través del SiNx depositado como capa de ARC sobre la parte delantera. La capa trasera de SiN o SiN:H puede tener un espesor mayor que 100 nm, preferiblemente mayor que 120 nm, todavía más preferido mayor que 150 nm, mayor que 180 nm o mayor que 200 nm.

En caso de células solares bifaciales o de dos caras, tanto la superficie principal delantera como la superficie trasera están adaptadas para recibir luz incidente. En ese caso, la superficie principal delantera es aquella superficie adaptada a recibir la mayor fracción de la luz incidente.

5 La capa de SiN hidrogenado funciona como una capa de pasivación por el hecho de que libera hidrógeno (durante un paso subsiguiente a temperatura elevada) e induce las cargas que permiten una buena pasivación de superficie de la interfaz dieléctrico/substrato.

10 La capa dieléctrica sobre la superficie trasera puede comprender depositar un óxido de baja calidad. El óxido de baja calidad puede consistir en óxido amorfo de baja calidad, por ejemplo, óxido de silicio amorfo, lo que puede reducir los costes de producción cuando se compara con la producción de óxido de alta calidad. El óxido amorfo de baja calidad puede ser cualquier óxido pirolítico de APCVD, óxido centrifugado (spin-on), óxido rociado (spray-on) u óxido de inmersión (dip). En realizaciones de la presente invención, la capa dieléctrica puede ser una capa dieléctrica depositada. Las capas dieléctricas depositadas son normalmente de inferior calidad que las capas dieléctricas desarrolladas.

15 Una capa dieléctrica de baja calidad, por ejemplo óxido amorfo, puede ser, por ejemplo un óxido Spin-on o de APCVD (Atmospheric pressure chemical vapour deposition: Deposición al vapor químico a presión atmosférica), óxido pirolítico (pyrox), óxido spin-on, spray-on o dip. Puede ser, por ejemplo, un óxido de silicio, TiO_2 (por ejemplo depositado por solgel), o aleaciones pseudo binarias (PBAs) de Al_2O_3/TiO_2 ...

20 La deposición de la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión a ciertas temperaturas puede llevar consigo ciertos efectos ventajosos, algunos de los cuales se describen en lo que sigue. En realizaciones de la presente invención, la temperatura de deposición puede ser inferior a $600^\circ C$, permitiendo con ello el tratamiento sin envenenamiento térmico de substratos. En realizaciones de la presente invención, el dieléctrico puede ser depositado, por ejemplo, por PECVD a una temperatura inferior a $500^\circ C$. En realizaciones de la presente invención, la temperatura de deposición puede ser inferior a $410^\circ C$, que se puede conseguir utilizando, por ejemplo, pyrox (que tiene una temperatura de deposición de $404^\circ C$). En realizaciones de la presente invención, el dieléctrico o
25 capa semiconductor de amplia banda de exclusión puede ser depositado por PECVD a baja temperatura ($< 300^\circ C$). En otras realizaciones de la presente invención, la deposición se puede hacer a la Temperatura Ambiente, por ejemplo por spin-on, spray-on, dip o cualquiera otra forma de deposición a partir de líquido, sol, solgel. La capa dieléctrica resultante o capa semiconductoras de amplia banda de exclusión puede necesitar curado adicional a mayores temperaturas, lo que puede suceder durante tratamiento adicional de células.

30 En algunas realizaciones de la presente invención, si se utiliza un substrato de silicio, se puede usar cualquier tipo de substrato de silicio. Algunos ejemplos de substratos de silicio son plaquetas de Si Czochralski (cz-Si), plaquetas de Si Float-Zone (fz-Si), plaquetas de Si multicristalino (mc-Si) y plaquetas de Si Ribbon. Algunos ejemplos de capas son capas de silicio policristalino que puede ser puesto sobre capas de Si de vidrio o vidrio-cerámico, o monocristalino, obtenidas por un proceso de levantamiento.

35 En algunas de las realizaciones de la presente invención, el espesor de la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión puede ser de entre 100 nm y 5000 nm, preferiblemente de entre 100 nm y 4000 nm, más preferiblemente de entre 100 nm y 3000 nm, todavía más preferiblemente de entre 100 nm y 2000 nm, aún más preferiblemente de entre 100 nm y 1500 nm, todavía más preferiblemente de entre 150 nm y 1200 nm, más preferiblemente de entre 200 nm y 1200 nm, todavía más preferiblemente de entre 600 nm y 120° nm o entre 800
40 nm y 1200 nm. Alternativamente, el espesor de la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión o pila de capas dieléctricas, puede ser de entre 400 nm y 800 nm. En algunas realizaciones de la presente invención, el espesor mínimo de la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión o pila de capas dieléctricas depende del material que es empleado y está determinado por la cantidad de material que es necesaria para actuar simultáneamente como una máscara de difusión durante la difusión de emisor, mientras que
45 todavía está en uso para pasivación de superficie y formación de contactos. Parra Oxido de Silicio pyrox este es típicamente de unos 300 nm, para aleaciones pseudo binarias de Al_2O_3/TiO_2 (PBAs) depositadas por solgel este es de unos 150 nm. Aquellos valores de espesor son sólo indicativos y es posible una desviación de 10%, 20% o más de los valores dados. Así mismo son posibles una combinación, o pila de capas, de diferentes materiales y conducirían a un espesor de umbral predeterminado para la máscara de difusión combinada, pasivación de
50 superficie y proceso de formación de contactos.

Es una de las funciones de las capas dieléctricas o capas semiconductoras de amplia banda de exclusión, aplicadas a la superficie trasera de un dispositivo fotovoltaico, por ejemplo una célula solar, de acuerdo con la presente invención, aumentar la distancia entre el material de contactos traseros y la superficie del substrato. Se ha visto, sorprendentemente, que, para una distancia de entre 100 nm y 5000 nm, cuanto mayor es la distancia entre la capa
55 de contacto en la superficie trasera del dispositivo fotovoltaico, por ejemplo célula solar, y la superficie trasera del substrato, mejor resulta la pasivación obtenida, incluso con materiales dieléctricos de baja calidad o capas semiconductoras de amplia banda de exclusión que están siendo aplicadas. Es una desventaja de algunas realizaciones de la presente invención que se pueden conseguir suficientes resultados de pasivación mientras se utilizan dieléctricos de baja calidad. Además, se espera que un óxido más grueso depositado en las vías cree un mejor aislamiento entre el electrodo emisor y la base de la capa semiconductor en la vía y en la región de barra bus
60

en la parte trasera. La deposición de tales capas dieléctricas de baja calidad puede ser realizada mediante técnicas de deposición de bajo coste que pueden ser rápidas.

5 En algunas realizaciones de la presente invención, la formación de contactos traseros puede comprender formar orificios en la citada capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión y la citada capa de privación o en dicha pila de capas dieléctricas posiblemente provista de una capa de pasivación, y deposición de una capa de material de contacto sobre la citada capa de pasivación o sobre la citada pila de capas dieléctricas, llenando con ello dichos orificios.

La formación de orificios puede ser realizada aplicando una pasta de ataque químico, mediante rayado mecánico o por ablación por láser, por ejemplo.

10 En algunas realizaciones de la presente invención, la deposición de una capa de material de contacto puede ser realizada por evaporación, por bombardeo electrónico o impresión por retícula, impresión con chorro de tinta, impresión con retícula. Se pueden usar metales como materiales de contacto, aunque se puede utilizar ventajosamente Aluminio. Algunas realizaciones implican el uso de pasta de Aluminio, que permite la formación de contactos locales de BSF (Back Surface Field: Campo de Superficie Trasera). Alternativamente, después de depositar la capa de pasivación y de cocerla, se puede depositar, en lugar de un metal, un semiconductor (como a-Si) p+ (o n+ en sustratos de tipo-n) mediante, por ejemplo, PECVD y después depositar un metal sobre la misma.

15 En algunas realizaciones de la presente invención, la capa de material de contactos puede ser discontinua. Durante la operación de deposición de la capa de material de contactos, dicho material de contactos puede ser depositado esencialmente en dichos orificios. Existen diferentes modos de depositar una capa discontinua de material de contactos, y son conocidos por una persona de conocimientos ordinarios.

20 En algunas realizaciones, la capa de material de contactos puede ser inicialmente discontinua. Esto significa que se pueden cubrir zonas diferentes con material de contactos, por lo que esas diferentes zonas no están conectadas eléctricamente entre sí. Estas zonas pueden ser conectadas eléctricamente más tarde con el fin de permitir un flujo de corriente óptimo a través del dispositivo y/o una carga externa.

25 En algunas realizaciones de la presente invención, la capa de material de contactos puede ser depositada de tal modo que la luz puede entrar también en el dispositivo desde la cara trasera, permitiendo con ello la producción de células solares bifaciales.

30 En algunas realizaciones de la presente invención, se puede aplicar un paso de elevada temperatura a la capa de material de contactos, es decir, un paso a una temperatura comprendida entre 600 y 1000 grados Celsius, tal como, por ejemplo, cociendo los contactos delanteros y traseros en un rápido proceso térmico (decenas de segundos). En general, no es esencial que el método de la presente invención sea utilizado con el paso de elevada temperatura, pero la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión puede ser resistente a tal paso de elevada temperatura, lo que es típico en todas las células solares industriales. Además, durante el paso a elevada temperatura, por ejemplo en una realización particular cuando se usa una pila de SiNx:H/dieléctrico, puede ser mejorada la pasivación de superficie de la interfaz dieléctrico/silicio. El paso de alta temperatura puede ser, por ejemplo, un paso de cocción de contactos que puede ser realizado a una temperatura superior a 730 grados Celsius y por debajo de 960 grados Celsius, durante un máximo de unas pocas decenas de segundos. Este paso de cocción puede ser "cocción conjunta" cuando los contactos del lado delantero y trasero son creados al mismo tiempo. Cuando este se desacoplan, el lado trasero puede ser cocido por encima de 800 grados Celsius, y a continuación el contacto delantero puede ser cocido a unos 750 grados Celsius (y posiblemente seguido por un recocido por gas de formación -FGA-). Las cifras del último párrafo son indicativas y son posibles ciertas variaciones (por ejemplo de aproximadamente 25%).

35 40 En algunas realizaciones de la presente invención, la formación de contactos traseros puede ser realizada aplicando una capa continua de material de contactos, por ejemplo metal, y aplicando cocción local de la capa de material de contactos, es decir, calentamiento local, por ejemplo por medio de láser. En este caso, la capa continua de material de contactos puede servir también como un espejo trasero.

45 En otras realizaciones de la presente invención, la formación de contactos traseros puede ser realizada aplicando una capa de metal modelada en la superficie trasera pasivada del dispositivo fotovoltaico, por ejemplo célula solar, y aplicando un paso de calentamiento general.

50 Algunas realizaciones de métodos pueden comprender además un paso de difusión y supresión de emisor en la superficie que se ha de pasivar (es decir, superficie trasera) antes de depositar la citada capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión o dicha pila de capas dieléctricas. Sin embargo si la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión o dicha pila de capas dieléctricas es apropiada para ser utilizada como a máscara de difusión, estas capas pueden ser aplicadas antes de que tenga lugar la formación del emisor.

55 En este caso, no entrarán sustancias adulterantes en el sustrato en la superficie trasera del dispositivo, y de ese modo es ventajoso que, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se evite la supresión de emisor en la superficie a pasivar.

En un método de acuerdo con realizaciones de la presente invención, por ejemplo de acuerdo con la primera realización del primer aspecto de la presente invención, se puede aplicar un paso de difusión después del paso de depositar una capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión y antes del paso de depositar una capa de pasivación.

- 5 En la misma realización, la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión puede ser utilizada como una máscara de difusión. En realizaciones ventajosas de la presente invención, la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión (capa semiconductor de amplia banda de exclusión) puede ser usada simultáneamente con una máscara de difusión y para la finalidad de pasivación de superficie, simplificando con ello la secuencia del tratamiento de células. La capa dieléctrica o una capa semiconductor de amplia banda de exclusión puede ser usada como una máscara de difusión, ya sea modelada o no. Normalmente no será modelada, y es precisamente una máscara en toda la superficie trasera. Sin embargo, puede ser modelada, por ejemplo para células solares interdigitadas o contactadas por detrás. A continuación, la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión, ya sea modelada o no, puede ser suprimida localmente, eliminada por ablación o ataque químico o modelada con el fin de crear aberturas para contactos locales a la superficie del sustrato.
- 10
- 15 En algunas realizaciones de la presente invención, cuando no es posible usar la capa de pasivación como una máscara de difusión, un paso adicional puede consistir en difusión con otra máscara que se ha de eliminar por ataque químico, o difusión sin máscara con subsiguiente supresión de emisor parásito del lado trasero antes de la deposición de la capa dieléctrica o capa semiconductor de amplia banda de exclusión.

20 En algunas realizaciones de la presente invención, dicha superficie delantera puede haber sufrido un tratamiento típico de superficie delantera de célula solar. Un tratamiento típico de superficie delantera de célula solar puede comprender texturización de la superficie delantera, difusión de átomos fosforosos en el lado delantero, ataque químico del vidrio fosforoso y la deposición de una capa de nitruro de silicio sobre la cara delantera. Alternativamente, los pasos del método según se ha explicado anteriormente para la superficie trasera se pueden aplicar también a la superficie principal delantera de la célula solar.

25 En algunas realizaciones de la presente invención, el sustrato, por ejemplo sustrato de silicio, puede ser un sustrato ultra-delgado, que es normalmente más delgado que 250 micrómetros, preferiblemente más delgado que 200 micrómetros, o más preferiblemente más delgado que 150 micrómetros. Reduciendo el espesor del sustrato se permite un uso más eficaz de la materia prima y por tanto un menor coste. Algunas realizaciones de la presente invención pueden mejorar la resistencia contra el efecto de arco de tales sustratos ultra-delgados, reduciendo por lo tanto al menos algunas de las dificultades del uso de sustratos ultra-delgados para la fabricación de dispositivos fotovoltaicos, por ejemplo células solares.

30

35 En una realización de la presente invención, se deposita una capa delgada de SiN sobre una superficie trasera de un sustrato de silicio. La capa de SiN tiene un espesor mayor que 100 nm, preferiblemente un espesor de al menos 180 nm. Cuando se forma dentro de una célula solar, tal estructura muestra eficacias de célula incrementadas para mayores espesores de dieléctrico. Además, se ha visto que las eficacias de células para capas dieléctricas más gruesas que 100 nm son mejores que las eficacias de células de la técnica anterior con espesores menores de dieléctrico.

Figuras 1, 2

40 La figura 1 muestra etapas en un procedimiento de fabricación de acuerdo con una realización, sin mostrar la vía. Por ejemplo, más de 100 nm, 200 nm, 800 nm de dieléctrico 1, por ejemplo óxido, son depositados sobre la superficie 4 del sustrato, por ejemplo superficie de silicio. Sobre el dieléctrico 1 se deposita una capa de SiNx:H optimizado para liberación de hidrógeno. La pasivación de la superficie del sustrato se mejora por medio de hidrogenación.

45 La pila 1, 3 de capas de dieléctrico así formadas es abierta entonces formando orificios 6 en la pila, para formar zonas de contacto local. Una capa de material 5 de formación de contactos se aplica sobre dicha pila de capas 1, 3 de dieléctrico, llenando con ello los orificios. Esto se puede hacer mediante impresión con retícula, por ejemplo imprimiendo con retícula simultánea o consecutivamente lados delantero y trasero. A continuación se aplica un paso de alta temperatura tal como cocción conjunta con el fin de establecer contacto con el sustrato. El material de contactos 5 puede ser aplicado como una capa continua o como una capa discontinua como en la figura 2. Esto significa que diferentes zonas pueden ser cubiertas con material de contactos 5, por lo que aquellas diferentes zonas no están conectadas eléctricamente entre sí. Estas zonas pueden ser conectadas eléctricamente más tarde por medios 8 de conexión eléctrica con el fin de permitir un flujo de corriente óptimo a través del dispositivo y/o una carga externa.

50

55 De ese modo ha sido desarrollada una capa de pasivación del lado trasero que (a) mantiene o mejora sus calidades de pasivación de superficie durante el paso de cocción, que (b) no puede ser cocida de manera pasante por medio de pasta de Aluminio comercial impresa con retícula, mientras existe una técnica rápida, de menor daño, para suprimir localmente dicha capa antes de la metalización, y que (c) no interactúa con la capa de metal de cubrición durante el proceso de cocción o cuando se forman de otro modo contactos locales a través de la misma.

Debido a sus características, este procedimiento

- proporciona una eficiente pasivación de superficie, en la que
- es posible hacer contactos locales (BSF), y
- el procedimiento elimina los problemas de efecto de arco cuando se usan plaquetas o substratos ultra-delgados (por ejemplo, cuando se combinan con pasta de Al impresa con retícula sobre plaquetas ultra-delgadas).

Se depositó un óxido amorfo genérico de baja calidad (por ejemplo, SiO_2 , SiO_x , SOG, TiO_2 , Al_2O_3 ... o sus pseudo aleaciones, SiON_x) sobre la superficie de silicio del lado trasero de la célula solar (por ejemplo, por APCVD, o revestimiento por centrifugación). Las propiedades de pasivación de superficie de la capa dieléctrica fueron mejoradas depositando una capa dieléctrica hidrogenada optimizada (a saber: $\text{SiN}_x\text{:H}$). Tales pilas retienen las propiedades de pasivación durante cortos tratamientos a elevada temperatura. Las propiedades de pasivación son incluso mejoradas durante este tratamiento. Esta característica es importante, ya que hace posible el uso del proceso de cocción conjunta de contactos que tiene lugar en la mayoría de la secuencia del procedimiento de células solares de silicio industrial. Además, dado que a) es resistente a la cocción; es decir, no pierde sus características relevantes, b) no puede ser de cocción pasante, pero c) es posible crear aberturas u orificios locales en la misma mediante técnicas tales como, por ejemplo, pasta de ataque químico o ablación por láser, esta invención hace posible un modo fácil de crear contactos de Campo Local de Superficie Trasera (LBSF) mediante aleación selectiva, durante el propio proceso de cocción. Este proceso de formación de aleación recupera parcialmente cualquier daño de superficie en que se haya podido incurrir durante la apertura de la capa, simplificando con ello adicionalmente el procedimiento. Durante la formación de aleación, parte de la superficie de Si y la superficie subyacente forman una aleación con el metal. La terminación de superficie no es por lo tanto crucial, como sería por ejemplo cuando se deposita otro semiconductor o dieléctrico. Se forma un campo de superficie trasera y se reducirá el efecto de daño de superficie subyacente residual, en un cierto grado.

En un ejemplo, ilustrado en la figura 1, el óxido de silicio 1 fue depositado por deposición al vapor químico a presión atmosférica (APCVD) sobre un sustrato de silicio 2. Como oposición a óxidos térmicos convencionales, u óxidos húmedos, que son conocidos como excelentes para pasivación de superficie de silicio, el óxido de APCVD tiene pobres propiedades de pasivación y encuentra su aplicación en elementos microelectrónicos como una máscara de difusión barata y conveniente, o fuente de adulterante. De hecho, puede ser depositado aproximadamente a 400°C , lo que significa que incluso material de silicio de baja calidad puede resistir el proceso de deposición sin riesgo de envenenamiento térmico.

El recocido térmico puede, en alguna extensión, mejorar la calidad de pasivación de superficie de óxido de APCVD. Sin embargo, los tratamientos prolongados conducen a una degradación de la muestra.

Además, se ha observado que puede haber una degradación de las calidades de pasivación de superficie con la exposición al aire.

Puede ser usado nitruro de silicio hidrogenado ($\text{SiN}_x\text{:H}$) 3 para mejorar de manera estable la calidad de la interfaz óxido/silicio 4. Se sabe que el nitruro de silicio puede conducir a excelentes propiedades de pasivación de superficie y masa en silicio, razón por la cual se usa ampliamente en tecnología de células solares. Sin embargo, su aplicación para pasivación del lado trasero de una célula solar industrial no es directa. Existe una interacción entre el nitruro de silicio y la capa de cubrición de metal (es decir, el contacto de la superficie trasera de la célula solar), que conduce a una disminuida de la pasivación de superficie y de eficacia de la célula (se cree que esta interacción es más que un efecto de "derivación" como se describe, por ejemplo, en Dauwe S. Mittelstädt L., Metz A., Hezel R. "Evidencia experimental de derivación parásita en células solares pasivadas en la superficie trasera con nitruro de silicio", Prog. Photovolt. Res. Appl., 10 (4), 271-278, (2002). Así mismo, las recetas de nitruro, que se sabe que son las mejores en pasivación de superficie, no pueden resistir tratamientos de altas temperaturas, tales como el que tiene lugar durante el cocción conjunta de los contactos. Por otra parte, se sabe que el nitruro de silicio hidrogenado puede liberar hidrógeno durante tratamientos de recocido a elevadas temperaturas.

Se cree que el nitruro de silicio es utilizado como una fuente de hidrógeno para la baja calidad del óxido, mejorando con ello significativamente sus propiedades de pasivación de superficie. La capa de óxido en un experimento era de 800 nm de espesor, excluyendo cualquier efecto de pasivación inducida por el campo procedente del silicio superpuesto, que se creía en la técnica anterior que era la razón de la buena calidad de pasivación.

Inmediatamente después de la deposición, la calidad de la pasivación de superficie del óxido es muy pequeña. Después de la deposición sobre la capa de óxido existe una mejora limitada (trayectoria A) y finalmente, cuando se cuecen las muestras, se consigue una excelente pasivación de superficie. Los ciclos térmicos, como por ejemplo los que tienen lugar con difusión de POCl_3 , conducen a una mejora limitada de pasivación de superficie, como la observada después de la deposición del nitruro, antes de la cocción. La deposición de nitruro sobre el óxido y cocción, una vez más, conduce a excelente pasivación de superficie (trayectoria B). La cocción con o sin capa de metal en la parte superior conduce a los mismos buenos resultados. Se ha mostrado que la cocción sola (sin el paso de deposición de capa de SiN primero) no es beneficiosa. Si se aplica la cocción a la capa de óxido sola, existe una

degradación de sus propiedades de pasivación de superficie. No obstante, estas pueden ser recuperadas por subsiguiente deposición de nitruro y cocción (trayectoria C).

5 Una ventaja adicional de la técnica es que, puesto que se puede aplicar a óxidos de baja calidad, puede ser aplicada directamente también sobre óxidos de máscara de difusión, simplificando en gran medida el proceso de células solares.

10 Han sido depositadas pilas de capas dieléctricas con una capa dieléctrica de espesor comprendido entre 100 nm y 1500 nm. Cuando se ejecuta en células solares, ha sido medido el voltaje en circuito abierto como una función del espesor del dieléctrico de baja calidad. Los espesores de dieléctrico comprendidos entre 100 nm y 800 nm proporcionan voltajes mejorados en circuito abierto con respecto al voltaje en circuito abierto de una célula obtenida por un procedimiento estándar de la técnica anterior de aluminio BSF de cobertura total.

Otras pilas, además de la pila de silicio mencionada anteriormente (substrato)/óxido de baja calidad (capa dieléctrica)/nitruro de silicio (capa de pasivación) pueden ser, por ejemplo

- 15
- silicio (substrato)/dieléctrico o semiconductor de amplia banda de exclusión (>2eV, preferiblemente >3eV), tal como, por ejemplo, carburo de silicio (SiC), nitruro de aluminio (AlN), nitruro de galio (GaN) o nitruro de boro (BN)/nitruro de silicio,
 - silicio(substrato)/nitruro de silicio/óxido de baja calidad,
 - silicio (substrato)/nitruro de silicio/semiconductor de amplia banda de exclusión (>2eV, preferiblemente >3eV) o dieléctrico,
 - silicio (substrato)/Al₂O₃/óxido de baja calidad,

20

 - silicio (substrato)/Al₂O₃/semiconductor de amplia banda de excusión (>2eV, preferiblemente >3eV) o dieléctrico.

En cada una de las pilas anteriores, de acuerdo con la presente invención, la pila de capas de dieléctrico tiene un espesor superior a 100 nm.

Ejemplos de secuencias del Procedimiento

25 Una secuencia típica del procedimiento para pasivación de superficie que incluye el interior de las vías, comprende los pasos de

- Limpieza química,
- Deposición de óxido de baja calidad (100 a 1500 nm),

30

- Deposición de nitruro de silicio; por ejemplo SiNx Hidrogenado de PECVD directo de Baja Frecuencia (450 kHz), depositado a 400 grados a partir de precursores de SiH₄ y NH₃,
- Cocción en horno de cinta de tres zonas, a elevada velocidad de cinta (por ejemplo más de 2,54 m/min), temperatura de pico ajustada del horno hasta 960°C.

Este método para pasivación de superficies puede ser integrado en la secuencia del procedimiento de una célula solar, en diferentes situaciones:

- 35
- A) deposición después de difusión
 - Apertura de las vías, por ejemplo mediante perforación con láser,
 - Texturización del lado delantero,
 - Difusión, por ejemplo difusión Fosforosa, que da lugar, por ejemplo, a regiones adulteradas de tipo n alrededor de todo el sustrato, es decir tanto en la superficie delantera como en la superficie trasera,

40

 - Supresión de vidrio, por ejemplo supresión de vidrio Fosforoso,
 - Ataque químico de Si en la parte trasera (suficiente para suprimir la región adulterada de tipo n en la parte trasera y en las vías),
 - Limpieza química,
 - Deposición de óxido de baja calidad,

45

 - Deposición de nitruro de silicio (parte trasera y posiblemente delantera),

- Apertura de los contactos locales (por ejemplo por pasta de ataque químico, rayado o ablación por láser),
 - Formación de la barra bus de contacto trasero (electrodo terminal de la rejilla de contacto delantero conectado a la rejilla de contacto delantero a través de las vías),
 - Formación de la rejilla de contacto delantera,
- 5
- Formación de contactos de base (por ejemplo por deposición de Metal para contactos locales sobre la superficie trasera (por ejemplo, por evaporación, bombardeo electrónico, impresión con retícula)).
 - Cocción en un horno de cinta comercial
- B) Antes de la difusión
- Apertura de las vías, por ejemplo mediante perforación con láser,
- 10
- Limpieza química,
 - Deposición de óxido de baja calidad sobre la parte rasera y en las vías,
 - Difusión (tendrá lugar sólo en la superficie delantera para formar el emisor, cuando ha sido depositado en la superficie trasera el óxido de baja calidad y funciona como una máscara para la difusión),
 - Deposición de nitruro de silicio (lado trasero y posiblemente delantero),
- 15
- Apertura de los contactos locales (por ejemplo mediante pasta de ataque químico, rayado o ablación por láser,
 - Formación de la barra bus del contacto trasero (electrodo terminal de la rejilla de contacto delantera conectado a la rejilla de contacto delantera a través de las vías),
 - Formación de la rejilla de contacto delantera,
- 20
- Formación de contacto de base (por ejemplo por deposición de Metal para contactos locales sobre la superficie trasera (por ejemplo por evaporación, bombardeo electrónico, impresión con retícula).
 - Cocción en un horno de cinta comercial

Comparación con otras técnicas

- 25 Comparadas con una célula estándar de envoltura metálica pasante (MWT), al menos algunas de las realizaciones descritas muestran:
- La capa de Al-BSF y electrodo de Al es sustituida por pila dieléctrica de i-PERC y contacto trasero local,
 - se deposita una pila de pasivación sobre toda la parte trasera y dentro de las vías, y
 - no existe capa de difusión n+ en las vías.

30 Algunas ventajas específicas adicionales de algunas realizaciones comparadas con la célula de MWT son las siguientes:

35 La perforación de vías por láser origina daño estructural que se extiende en profundidad dentro de la masa. No todo el daño es eliminado durante el ataque químico que tiene lugar directamente después de la perforación por láser. Puesto que la capa n+ es difundida en la masa dañada en las vías, se observan con frecuencia elevadas corrientes de combinación. En realizaciones en las cuales las vías son cubiertas por la pila dieléctrica antes del paso de difusión, no existe capa n+ en el lado trasero. Puesto que la capa dañada por láser ya no está cerca de la región de unión, es mínima su contribución a la recombinación.

40 Otro problema de la célula de MWT conocida aparece de la metalización en las vías y sobre el lado trasero que está siendo impreso directamente sobre la capa n+ "no cubierta", en lugar de en la parte superior de la capa de revestimiento anti-reflexión de nitruro de silicio como sucede en el lado delantero. Es muy difícil encontrar el procedimiento correcto de cocción de contactos de manera que la metalización delantera tenga baja resistencia de contactos y la metalización en las vías no crea derivaciones. Esto reduce igualmente el rendimiento.

45 Finalmente, en la célula de MWT conocida, la capa n+ en la parte trasera está en contacto directo con la capa de Al-BSF que da lugar a derivación. El aislamiento de unión por láser se aplica a regiones n+ y p+ separadas. Cualquier imperfección en este paso de aislamiento de unión contribuye a derivaciones. En las realizaciones descritas, no existe capa n+ sobre la superficie trasera y ambos electrodos de polaridad son impresos sobre dieléctrico de manera que no existe necesidad de aislamiento adicional alguno. En las realizaciones descritas, las limitaciones de

alineación de los dos contactos de polaridad están también relajadas, ya que la impresión de metal por sí misma define el aislamiento de contactos, y no un paso de láser adicional, que tiene que ser alineado con el espacio de separación entre los 2 contactos en la estructura de MWT.

5 Una posible dificultad o fuente de debilitación ocurre donde la pasta de metal de contactos delanteros está muy próxima a la región de base del sustrato y separada del mismo por la capa de óxido depositada en las vías (particularmente en la intersección de la vía y la superficie delantera). Aquí existe cierta probabilidad de que el dieléctrico sea mucho más delgado que en la superficie trasera. En ensayos, la pasta de Ag del lado delantero pasó a través de la capa de SiNx durante la cocción, dañando así al Si. De ese modo había razones para predecir que
10 podría pasar a través de la capa de SiNx + una capa de óxido bastante delgada (pero de espesor extremadamente difícil de cuantificar) en el borde del lado delantero de la vía. De hecho, la pila de iPERC optimizada para pasivación de base demostró proporcionar una capa de protección inesperadamente eficaz contra la penetración de la pasta de Ag.

15 La nueva estructura demostró también ser mejor en términos de evitación de una pérdida en el factor de llenado (FF) que ocurre cuando la difusión se extiende a lo largo de las vías. Así mismo, es notable que el dieléctrico grueso necesario para proteger la región de barra bus si no difunde en las vía, puede ser usado también como el dieléctrico grueso necesario para el proceso de i-PERC para el lado trasero.

En comparación con células de MWT conocidas, existe texturización diferente y se pueden suprimir dos deposiciones adicionales, excepto pasos de aislamiento por láser. En comparación con células estándar de PERC, existe la adición de la perforación de las vías, y se usa un paso más de impresión de metalización.

20 Se pueden concebir otras variaciones dentro de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo fotovoltaico provisto de una capa semiconductor (29) que tiene una superficie delantera para recibir luz incidente, y una superficie trasera opuesta a la superficie delantera,
 - un contacto delantero (23) para recoger corriente sobre la superficie delantera,
 - 5 una barra bus trasera (33) en la parte trasera del dispositivo, para la corriente recogida en el lado delantero,
 - una vía (25) a través de la capa semiconductor, teniendo la vía una trayectoria conductora para acoplar el contacto delantero a la barra bus trasera,
 - una capa dieléctrica (39) sobre la superficie trasera de la capa semiconductor,
 - 10 un contacto trasero (31) para la superficie trasera de la capa semiconductor, que se extiende a través de la capa dieléctrica hasta la capa semiconductor,
 - en el que la capa dieléctrica cubre también una superficie interior de la vía para aislar la trayectoria conductora con respecto a la capa semiconductor.
- 15 2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa semiconductor tiene una región de difusión (20) formada por difusión desde la superficie delantera de manera que la región de difusión no se extiende más profundamente en la capa semiconductor en la proximidad de la vía.
3. El dispositivo de la reivindicación 1 o la 2, en el que la capa dieléctrica comprende una capa de óxido de baja calidad que comprende uno cualquiera de óxido de APCVD, óxido pirolítico, óxido centrifugado, óxido rociado, óxido inmerso, un óxido de silicio, TiO_2 , TiO_2 depositado por solgel, o aleaciones pseudo binarias (PBAs) de Al_2O_3/TiO_2 .
- 20 4. El dispositivo de la reivindicación 3, que tiene una capa de pasivación (28) del lado trasero, sobre la capa dieléctrica.
5. El dispositivo de la reivindicación 4, en el que la capa de pasivación del lado trasero se extiende al menos en parte en el camino hacia la vía.
- 25 6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que la capa de pasivación del lado trasero comprende SiN hidrogenado.
7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que la capa de SiN hidrogenado tiene un espesor mayor que 100 nm.
- 30 8. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en el que la capa dieléctrica se extiende sobre la superficie trasera alrededor de la vía sin que esté modelada y alineada con la vía.
9. Un método de fabricar un dispositivo fotovoltaico que tiene una capa semiconductor con una superficie delantera para recibir luz incidente, y una superficie trasera opuesta a la superficie delantera, comprendiendo el método los pasos de:
 - 35 formar una vía a través de la capa semiconductor,
 - formar una capa dieléctrica sobre la superficie trasera de la capa semiconductor, de tal manera que la capa dieléctrica cubre también una superficie interior de la vía,
 - formar una trayectoria conductora a través de la vía, para recoger corriente de la superficie delantera, y aislada de la capa semiconductor por la capa dieléctrica,
 - 40 formar una barra bus trasera en la parte trasera del dispositivo para acoplar la trayectoria conductora a través de la vía, y
 - formar un contacto trasero para la superficie trasera de la capa semiconductor, que se extiende a través de la capa dieléctrica hasta la capa semiconductor.
- 45 10. El método de la reivindicación 9, que comprende el paso de formar una región de difusión (20) en la capa semiconductor por difusión desde la superficie delantera de manera que la región de difusión no se extiende más profunda en la capa semiconductor en la proximidad de la vía.
11. El método de la reivindicación 9 o la 10, en el que el paso de formar el dieléctrico implica la deposición de una capa de óxido que comprende uno cualquiera de óxido de APCVD, óxido pirolítico, óxido centrifugado,

óxido rociado, óxido de inmersión, un óxido de silicio, TiO_2 , TiO_2 depositado por solgel, o aleaciones pseudo binarias (PBs) de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$.

12. El método de la reivindicación 11, que comprende el paso de formar una capa de pasivación (28) del lado trasero sobre la capa dieléctrica.
- 5 13. El método de la reivindicación 12, en el que la capa de pasivación del lado trasero se extiende al menos en parte del camino hacia la vía.
14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que la capa dieléctrica se forma para extenderse sobre la superficie trasera alrededor de la vía sin que sea modelada y alineada con la vía.
- 10 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que los contactos traseros se forman practicando orificios en la capa dieléctrica y la capa de pasivación, y llenando los orificios con material de contactos eléctricamente conductor.
16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, que comprende la operación de cocer el dispositivo para crear los contactos traseros.

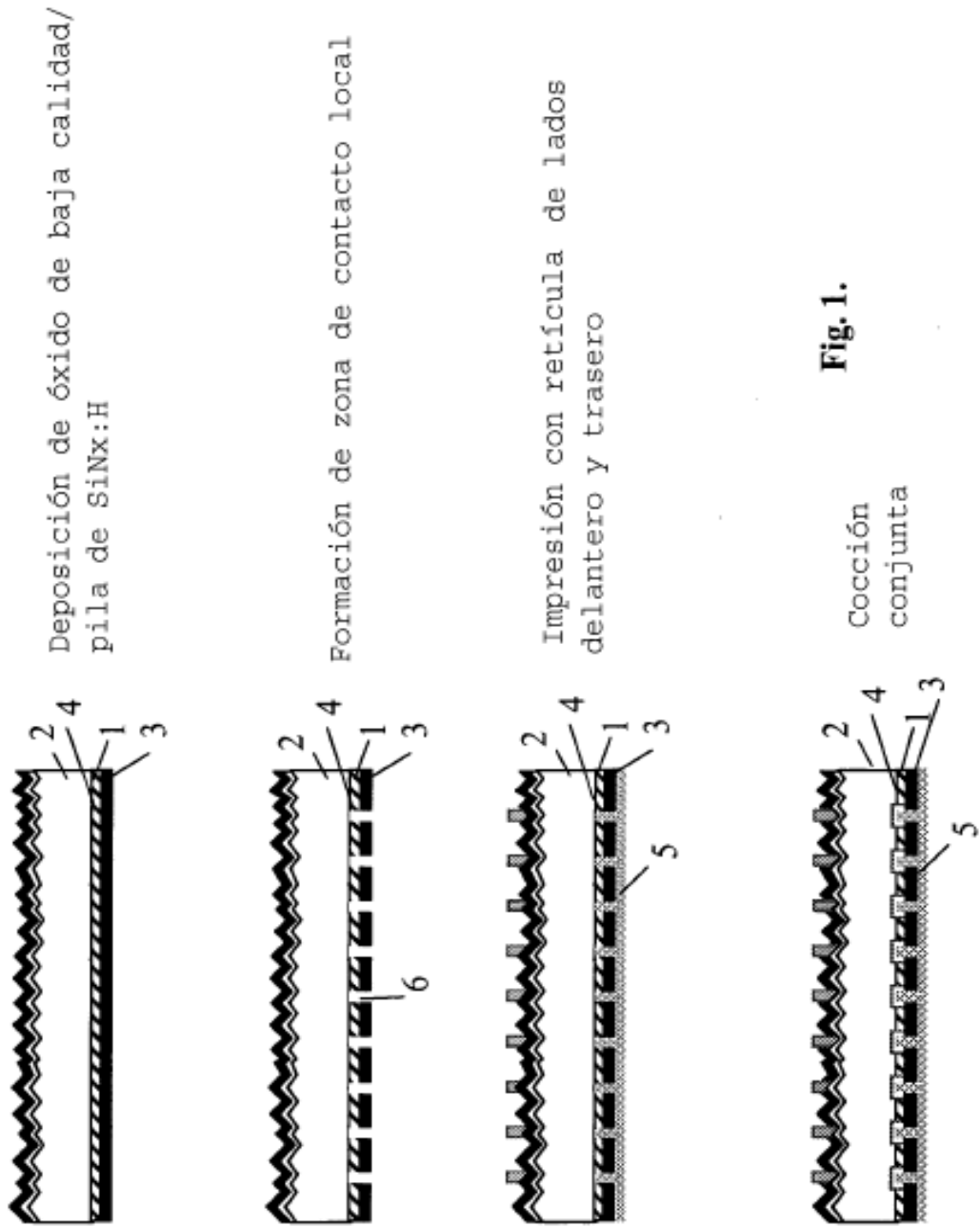
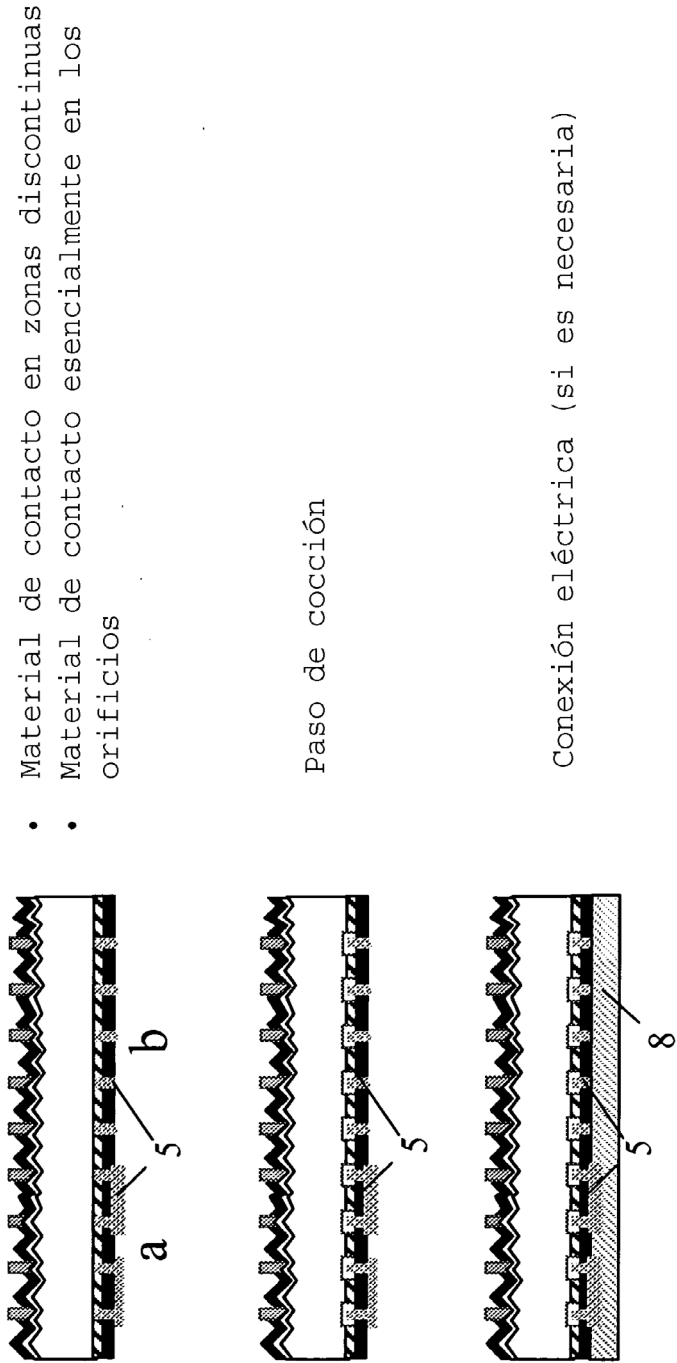


Fig. 1.

Cocción conjunta

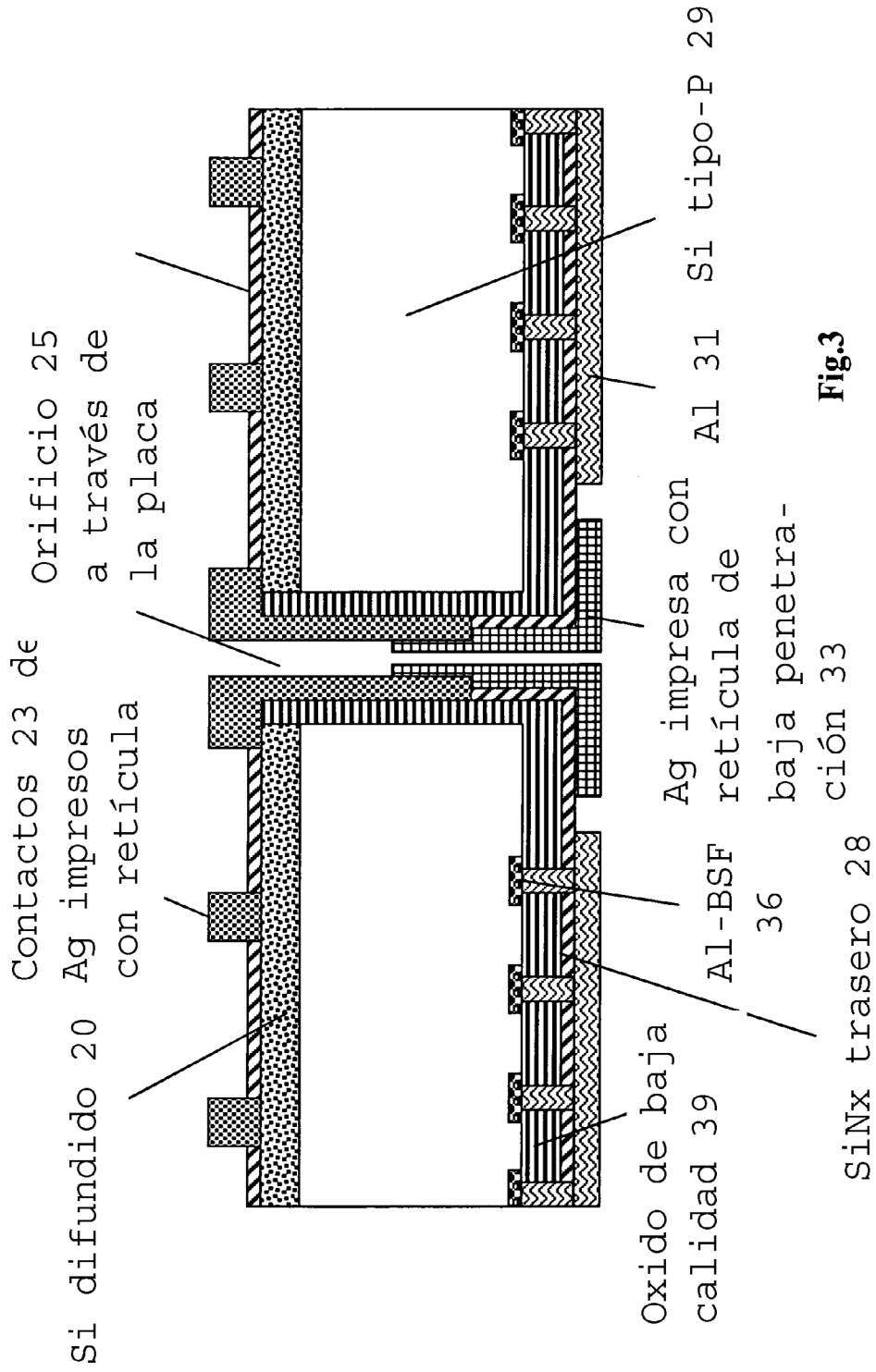


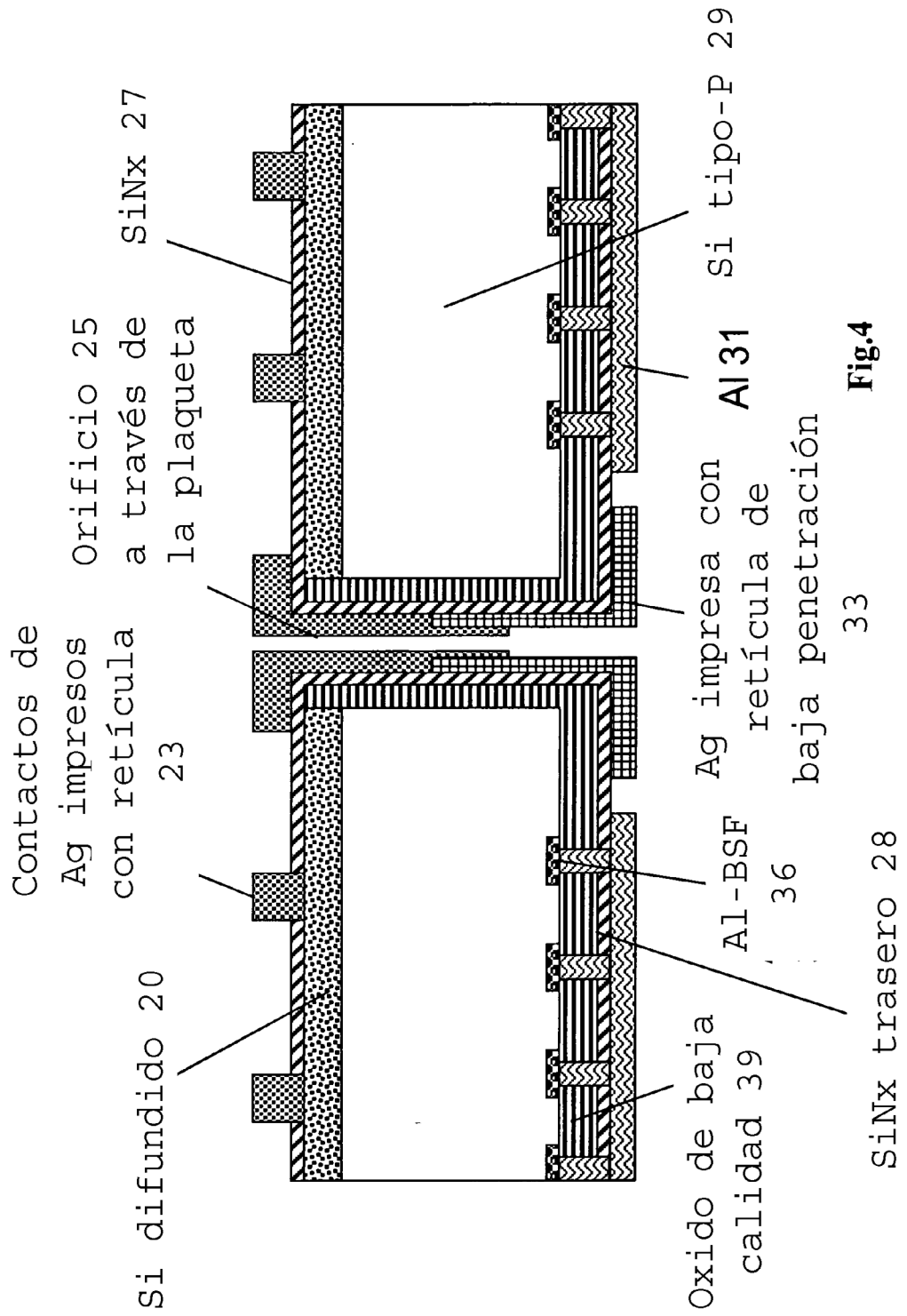
- Material de contacto en zonas discontinuas
- Material de contacto esencialmente en los orificios

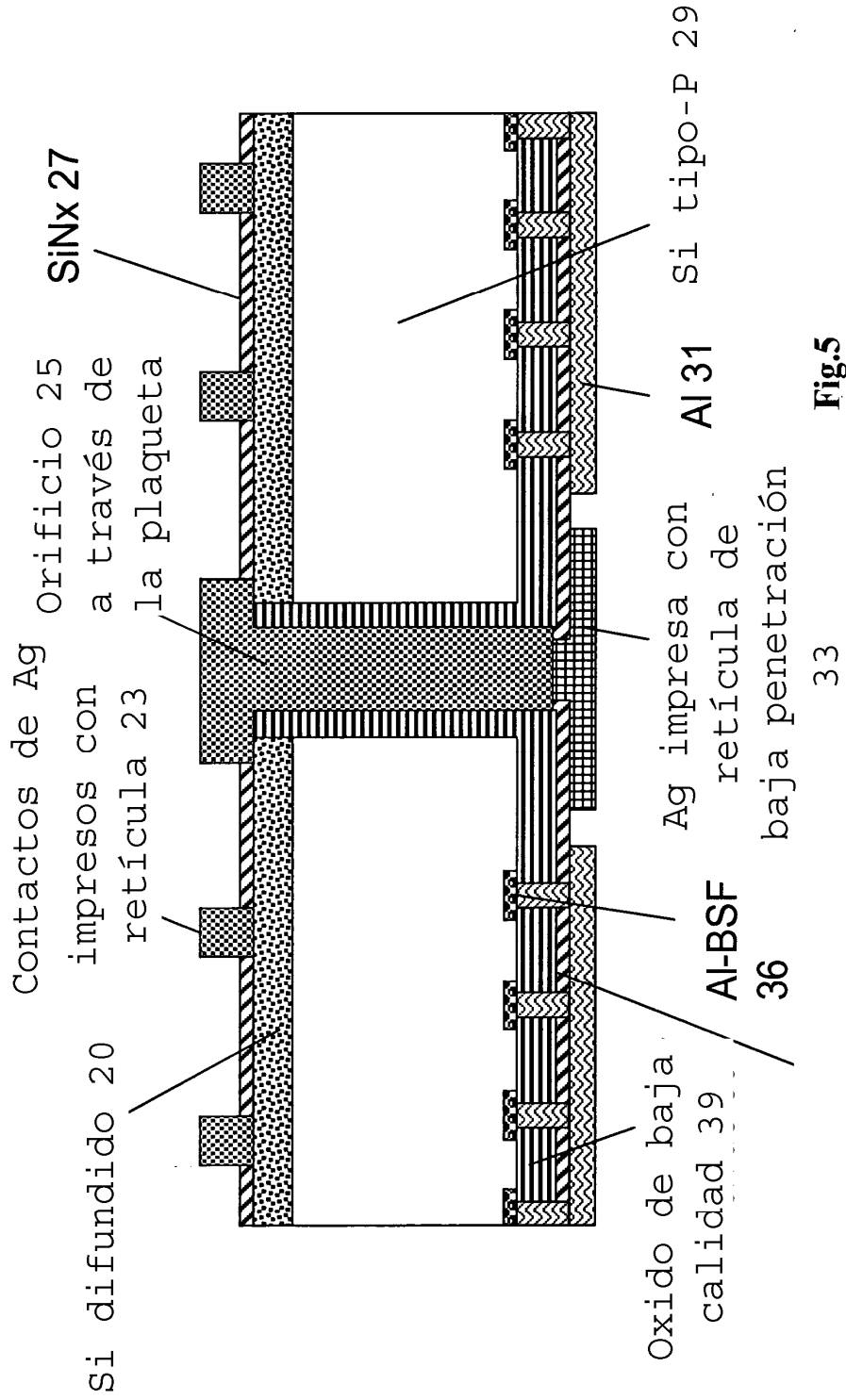
Paso de cocción

Conexión eléctrica (si es necesaria)

Fig.2.







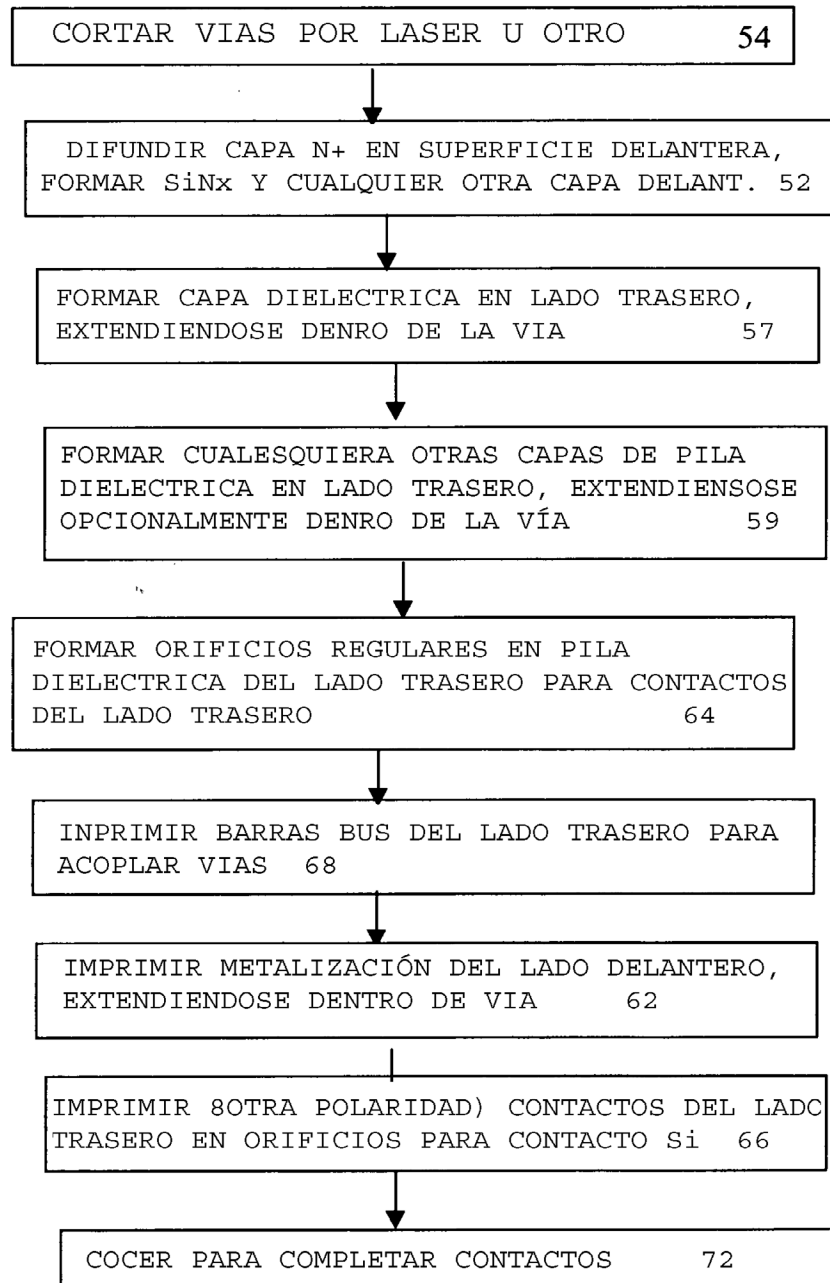


Fig.6