

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 814**

51 Int. Cl.:

**G03F 7/12** (2006.01)

**B41C 1/14** (2006.01)

**H01L 31/0224** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2008 PCT/US2008/075622**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2009 WO09038992**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2008 E 08831807 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2191330**

54 Título: **Plantillas electroformadas para metalización de parte delantera de una célula solar**

30 Prioridad:

**20.09.2007 US 973957 P**  
**29.08.2008 US 201654**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.12.2016**

73 Titular/es:

**ALPHA METALS, INC. (100.0%)**  
**109 Corporate Boulevard**  
**South Plainfield, NJ 07080, US**

72 Inventor/es:

**MEEUS, THOMAS;**  
**KORSSE, HANS y**  
**BHATKAL, RAVINDRA, M.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 593 814 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

Plantillas electroformadas para metalización de parte delantera de una célula solar

5 Solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el derecho de prioridad a tenor de 35 U.S.C. § 119(e) para el documento de Solicitud Provisional de Estados Unidos con número de serie 60/973.957, titulado "PLANTILLAS ELECTROFORMADAS PARA METALIZACIÓN DE PARTE DELANTERA DE CÉLULA SOLAR", presentado el 20 de septiembre de 2007.

10

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

15 La presente divulgación se refiere a un aparato y a métodos para imprimir elementos sobre sustratos, tales como elementos conductores sobre sustratos semiconductores, y más específicamente, para la impresión de líneas de contacto de metalización sobre las superficies de dispositivos fotovoltaicos, así como a métodos para formar plantillas para preformar procesos de metalización de semiconductores.

20 2. Discusión de la técnica relacionada

En las células solares, la metalización de la parte delantera permite que la acumulación de carga sobre una superficie delantera de la célula solar durante su uso se transporte fuera de la célula y se use para proporcionar energía eléctrica. Esta metalización de la parte delantera se deposita sobre la superficie de la célula solar como parte de la fabricación de la célula solar. Una metodología para la deposición de la metalización de la parte delantera puede emplear técnicas de impresión serigráfica para depositar tinta de metalización conductora sobre la superficie de la célula solar. Específicamente, en ciertos métodos, se puede depositar una tinta de metalización conductora sobre un sustrato a través de una malla que tiene un patrón definido mediante aberturas provistas en la malla. La malla utilizada para esta aplicación puede consistir, por ejemplo, en un vehículo de poliéster o acero inoxidable de malla 400 con una imagen de emulsión para impresión.

Existen diversas dificultades bien conocidas asociadas a la impresión de tinta de metalización conductora con una impresora serigráfica sobre un sustrato electrónico o célula solar. Por ejemplo, el flujo de tinta de metalización se puede obstruir por la malla portadora. Otra dificultad puede ser la pérdida de definición de línea y los bordes desiguales resultantes causada por la malla, que se deteriora a lo largo del tiempo debido al desgaste de la malla con emulsión. Otra dificultad más es la incapacidad de la impresora serigráfica de imprimir anchos de línea pequeños debido al sangrado de la tinta de metalización en la interfase de contacto entre la malla y el sustrato. Otra dificultad es la incapacidad de la impresora serigráfica de imprimir elementos de alta relación de aspecto debido al sangrado de la tinta de metalización en la interfase de contacto entre la malla y el sustrato o debido al desprendimiento de la tinta, que conduce a líneas ensanchadas y coronadas.

Una posible solución a la mayoría de estas dificultades podría ser aumentar la viscosidad de la tinta de metalización. Sin embargo, el cambio de la reología de la tinta de metalización a un tipo más viscoso no soluciona de forma adecuada estos problemas ya que la malla se puede obstruir con mucha facilidad cuando se usa una tinta más viscosa.

Las plantillas se usan en la industria de montaje de equipos electrónicos para imprimir pasta de soldadura en circuitos impresos electrónicos (también conocidos como circuitos impresos (*printed circuit boards* (PCB) o *printed wiring boards* (PWB)) con el fin de facilitar la unión de los componentes electrónicos a través de un proceso conocido como tecnología de montaje superficial (véase, por ejemplo, el documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.988.652, "IMPRESIÓN DE SOLDADURA USANDO UNA PLANTILLA QUE TIENE UNA RENDIJA DE ESTRECHAMIENTO INVERSO" de Fleck *et al.*, que describe una plantilla usada para imprimir pasta de soldadura sobre una almohadilla de contacto de un circuito impreso). Sin embargo, la mayoría de las plantillas, tales como las que se usan en la industria de montaje de equipos electrónicos, exhiben por lo general un sangrado considerable y los posteriores ensanchamiento e irregularidad de línea cuando se usan para depositar tinta de metalización, u otros materiales menos viscosos, sobre sustratos semiconductores, haciéndolas generalmente inadecuadas para tal aplicación.

La producción de partes metálicas planas o tridimensionales, tales como plantillas, por electroformación sobre mandriles, se conoce en la industria. Para numerosas partes bidimensionales, se puede usar tecnología de fotorresistencia para preparar el mandril, que consiste por lo general en una placa base conductora con una imagen formada mediante fotorresistencia adherida al mismo. En los métodos conocidos de formación de imágenes, una máscara, tal como una máscara de película de plata trazada, se pondría en contacto íntimo con la placa fotosensible para asegurar una reproducción 1:1 de la imagen. Cuando se forman imágenes con capas de fotorresistencia espesas, por ejemplo, 100 micrómetros, a través de una máscara mediante una fuente de luz colimada, tal como un sistema de exposición colimada Tamarack 161, la estructura de resistencia muestra por lo general una forma

estrechada con un ángulo de aproximadamente 6 grados, siendo la parte superior de la imagen más pequeña que la inferior, limitando de ese modo la resolución de líneas estrechas.

5 Usando técnicas especiales y algo complicadas, se puede conseguir cierto modelado de una forma de una rendija que se puede formar mediante tecnología de fotorresistencia. Por ejemplo, en el documento de solicitud de Patente DE 2828625 de Siemens, se discute la siguiente técnica: rotar una fuente luminosa, montada con un ángulo, aproximadamente un eje perpendicular al plano cubierto de fotorresistencia. Esta rotación produce un ángulo de conicidad controlable, circular, simétrico en la fotorresistencia expuesta.

10 Se desvelan métodos para proporcionar metalización sobre un sustrato semiconductor y para formar una plantilla para metalización de semiconductor. Los métodos de acuerdo con la presente divulgación comprenden proporcionar un sustrato semiconductor que tiene una superficie adecuada para impresión, colocar una plantilla que tiene un lado de contacto, un lado de llenado, y al menos una rendija que se prolonga desde el lado de contacto al lado de llenado sobre el sustrato semiconductor con el lado de contacto de la plantilla en contacto con el sustrato semiconductor, siendo el lado de contacto de la plantilla básicamente plano y formando un borde afilado con una pared de la al menos una rendija, teniendo una sección transversal de la al menos una rendija en el lado de contacto un ancho predeterminado, y estrechándose la al menos una rendija de un modo tal que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de llenado es mayor que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de contacto, e imprimir tinta conductora a través de la al menos una rendija e imprimiéndose sobre el sustrato semiconductor la tinta conductora en contacto directo con el sustrato semiconductor en los que la tinta conductora tiene una viscosidad de Malcom de menos de aproximadamente Mx 15, que corresponde a una viscosidad de aproximadamente 150 Pa·s sometida a ensayo a 10 rpm a 25 °C en un viscosímetro de Malcom. Algunos métodos pueden comprender además alinear la plantilla con el sustrato semiconductor.

25 El sustrato semiconductor puede comprender silicio y la superficie del sustrato semiconductor puede comprender una superficie de un dispositivo fotovoltaico. También se pueden emplear otros materiales adecuados para uso como dispositivos fotovoltaicos. En cierta realización, la tinta conductora puede comprender una tinta basada en plata. En algunos métodos, la tinta conductora puede tener una viscosidad de Malcom de aproximadamente Mx 05 a aproximadamente Mx 10, que corresponde a una viscosidad de aproximadamente 50 a aproximadamente 100 Pa·s sometida a ensayo a 10 rpm a 25 °C en un viscosímetro de Malcom, respectivamente.

35 En algunos métodos, la tinta conductora puede tener una viscosidad entre aproximadamente 110 y aproximadamente 140 Pa·s según se mide en un viscosímetro de cono/placa de Brookfield modelo HBT sometida a ensayo a 9,6 segundos recíprocos usando un cono de 1,565" (39,75 mm) a 25 °C. En otros métodos, la tinta conductora puede tener una viscosidad entre aproximadamente 70 y aproximadamente 140 Pa·s según se mide en un viscosímetro de cono/placa de Brookfield modelo HBT sometida a ensayo a 9,6 segundos recíprocos usando un cono de 1,565" (39,75 mm) a 25 °C. En algunos métodos, la tinta conductora puede tener una viscosidad entre aproximadamente 70 y aproximadamente 110 Pa·s según se mide en un viscosímetro de cono/placa de Brookfield modelo HBT sometida a ensayo a 9,6 segundos recíprocos usando un cono de 1,565" (39,75 mm) a 25 °C, y en algunos métodos una viscosidad entre aproximadamente 90 y aproximadamente 130 Pa·s según se mide en un viscosímetro de cono/placa de Brookfield modelo HBT sometida a ensayo a 9,6 segundos recíprocos usando un cono de 1.565" a 80 °C.

45 En otros métodos, la tinta conductora puede tener una viscosidad entre aproximadamente 160 y aproximadamente 260 Pa·s según se mide mediante un viscosímetro HBT de Brookfield (utilidad de copa y eje) sometida a ensayo a 10 rpm a 25 °C.

50 En algunos métodos de acuerdo con la presente divulgación, la tinta conductora puede tener una resistividad de menos de aproximadamente  $15 \times 10^{-6}$  ohm·cm a temperatura ambiente. En algunos métodos, la tinta conductora puede tener una resistividad de aproximadamente  $1,6 \times 10^{-6}$  a aproximadamente  $10 \times 10^{-6}$  ohm·cm a temperatura ambiente. En algunos métodos, la tinta conductora puede tener una resistividad en el intervalo de aproximadamente  $2 \times 10^{-6}$  a aproximadamente  $8 \times 10^{-6}$  ohm·cm a temperatura ambiente.

55 Uno o más métodos de acuerdo con la presente divulgación pueden comprender además retirar la plantilla, mientras se deja la tinta conductora básicamente adherida al sustrato semiconductor. La tinta conductora se puede adherir al sustrato semiconductor sin sangrado considerable, de un modo tal que al menos una línea de la tinta conductora depositada sobre el sustrato semiconductor tenga bordes básicamente rectos.

60 El método desvelado puede comprender además calentar al menos una línea de la tinta conductora antes de la impresión, en el que se forma un acoplamiento mecánico y eléctrico firme entre al menos una línea de la tinta conductora y el sustrato semiconductor.

65 El método desvelado puede implicar la formación de elementos de un modo tal que la relación de aspecto de altura con respecto a anchura de al menos una línea de la tinta conductora es mayor de aproximadamente 1:10 después de calentamiento y enfriado.

De acuerdo con algunos métodos, la tinta conductora está a aproximadamente la temperatura ambiente cuando se hace pasar a través de la plantilla y, en algunos métodos, la tinta conductora está a aproximadamente la temperatura ambiente cuando se retira la plantilla.

5 El método desvelado puede incluir proporcionar o utilizar una plantilla que incluya al menos una rendija en la que la al menos una rendija se estreche gradualmente desde el lado de llenado al lado de contacto de la plantilla.

El método desvelado puede comprender forzar la tinta conductora a través de la al menos una rendija y sobre el sustrato semiconductor con una escobilla y/o un cabezal dispensador de material.

10 Algunos métodos pueden incluir proporcionar o utilizar una plantilla que tiene un espesor en el intervalo de aproximadamente 0,005 mm a aproximadamente 0,2 mm de espesor. La plantilla puede tener al menos una rendija que tiene un ancho entre aproximadamente 0,005 mm y aproximadamente 0,15 mm en el lado de contacto de la plantilla.

15 El método desvelado puede comprender además aplicar una segunda plantilla al menos a una parte del lado de llenado de la plantilla.

20 En algunos métodos, se pueden depositar un dedo conductor y una barra colectora conductora sobre el sustrato semiconductor en una etapa de impresión, siendo la dimensión de longitud de la barra colectora conductora no paralela a la dimensión de longitud del dedo conductor, teniendo la barra colectora conductora al menos un espesor mayor y una altura mayor que el dedo conductor.

25 En el presente documento se desvela además un método de formación de una plantilla para metalización de semiconductor que comprende proporcionar una placa fotosensible que incluye una placa base y una capa de fotorresistencia, teniendo la capa de fotorresistencia entre aproximadamente 50 micrómetros y 150 micrómetros de espesor, aplicar un separador óptico sobre la placa fotosensible, siendo el separador óptico transparente a la luz ultravioleta y teniendo un espesor entre diez micrómetros y un milímetro, aplicar una máscara de fotolitografía sobre el separador óptico, hacer pasar luz ultravioleta a través de la máscara de fotolitografía y el separador óptico y sobre la placa fotosensible, mediante lo cual se forma una imagen caracterizada por un estrechamiento en la capa de fotorresistencia por reticulación de la fotorresistencia expuesta a la luz ultravioleta a través de la máscara de fotolitografía y el separador óptico, retirar la fotorresistencia no expuesta de la placa fotosensible, formar una plantilla sobre la placa base por electroformación, y retirar la plantilla de la placa base. La plantilla formada exhibe superficies inferiores excepcionalmente planas y bordes excepcionalmente afilados en una esquina de la parte inferior de una pared de una rendija formada en la plantilla de un modo tal que la plantilla es capaz de imprimir tinta conductora sobre un sustrato semiconductor sin sangrado significativo.

40 Otro método de formación de una plantilla para metalización de semiconductor puede comprender corte con láser de al menos una rendija en un sustrato de plantilla. En una realización, la al menos una rendija se prolonga desde un lado de contacto hasta un lado de llenado del sustrato de plantilla, y se estrecha de un modo tal que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de llenado es mayor que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de contacto. La plantilla se forma para exhibir superficies inferiores excepcionalmente planas y bordes excepcionalmente afilados en una esquina de la parte inferior de una pared de la al menos una rendija formada en la plantilla de un modo tal que la plantilla es capaz de imprimir tinta conductora sobre un sustrato semiconductor sin sangrado significativo.

50 El método puede comprender además formar una plantilla de doble capa por unión de al menos una parte de un lado de contacto de un segundo sustrato de plantilla que comprende al menos una rendija cortada con láser a al menos una parte del lado de llenado de un primer sustrato de plantilla. El método puede comprender además alinear una abertura de al menos una rendija cortada con láser del segundo sustrato de plantilla al menos parcialmente con una abertura de la al menos una rendija del primer sustrato de plantilla.

#### Breve descripción de las figuras

55 No se pretende que las figuras acompañantes estén representadas a escala. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en las diversas figuras está representado por un numeral similar. Con fines de claridad, no todos los componentes pueden estar indicados en cada figura. En las figuras:

60 la Figura 1 es una sección transversal de una parte de una célula solar de acuerdo con una realización que se desvela en el presente documento;

la Figura 2 es una vista en planta de una parte de una célula solar de acuerdo con una realización que se desvela el presente documento;

la Figura 3 es la sección transversal de una parte de una plantilla de acuerdo con una realización de la presente divulgación mostrada con una escobilla que deposita una tinta conductora sobre un sustrato;

65 la Figura 4 es una sección transversal de una parte de una plantilla de doble capa de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

la Figura 5 es una sección transversal de una parte de una plantilla de doble capa de acuerdo con una realización de la presente divulgación mostrada con una escobilla que deposita una tinta conductora sobre un sustrato;

la Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

- la Figura 7A ilustra un método de formación de una plantilla para su uso en la metalización de un sustrato;

la Figura 7B ilustra una etapa adicional en el método mostrado en la Figura 7A;

la Figura 8 es una microfotografía de una línea de metalización formada utilizando una plantilla de estrechamiento normal con rejillas de 80 micrómetros de ancho;

la Figura 9 es una microfotografía de una línea de metalización serigrafiada convencional; y

la Figura 10 es una microfotografía de una línea de metalización formada utilizando una plantilla de estrechamiento inverso con rejillas de 80 micrómetros de ancho.

#### Descripción detallada

La presente invención no se limita en su aplicación a los detalles de la construcción y disposición de componentes que se exponen en la siguiente descripción o se ilustran en las figuras. La invención es capaz de otras realizaciones y de ponerse en práctica o llevarse a cabo de diversas formas. Además, la fraseología y terminología que se usa en el presente documento es con el fin de descripción y no se debería considerar como limitante. El uso de "incluir", "comprender", o "tener", "contener", "implicar", y las variaciones de los mismos en el presente documento, se pretende que incluya los términos indicados después de los mismos y equivalentes de los mismos así como artículos adicionales.

Una célula solar está formada, por lo general, por un material semiconductor tal como silicio. En operación, cuando se expone a la luz, se acumula carga en las superficies de la célula solar y se recoge con el fin de proporcionar energía eléctrica útil. Se puede aplicar una capa de metalización a la parte posterior de la célula solar para recoger la carga desde el lado posterior. Esta metalización de la parte posterior puede cubrir la superficie posterior total de la célula. En ciertas realizaciones, la metalización aplicada a la parte delantera puede cubrir una pequeña parte de la superficie delantera de la célula para permitir que una cantidad significativa de luz entre en el volumen de la célula y produzca carga eléctrica.

La metalización se puede aplicar en forma de una tinta conductora, tal como una tinta que contiene partículas conductoras de plata. La tinta se imprime sobre un sustrato semiconductor en áreas predeterminadas usando una plantilla para formar líneas de metalización. La plantilla contiene una o más rendijas que definen la forma de las líneas de metalización que se imprimen en el sustrato. La plantilla se coloca en contacto y alineada con el sustrato. La tinta conductora se imprime a través de al menos una rejilla en la plantilla y sobre el sustrato forzando la tinta conductora a través de la rejilla usando una escobilla, una cuchilla o cuchillas metálicas, un cabezal dispensador, u otro dispositivo similar. Después de la impresión, la tinta conductora se adhiere al sustrato y se puede retirar la plantilla, dejando las líneas de metalización sobre el sustrato. El sustrato se puede tratar además, por ejemplo, por calentamiento o por revestimiento del sustrato con un sellador, para fijar o asegurar de otro modo las líneas de metalización en su lugar.

Las expresiones tinta conductora, tinta de metalización, y pasta conductora se usan de forma intercambiable en la presente memoria descriptiva. La tinta conductora o tinta de metalización puede comprender diversos materiales diferentes incluyendo tintas conductoras basadas en plata tales como Solamet(TM), disponible en DuPont Microelectronic Materials, de 14 T. W. Alexander Dr., Research Triangle Park, North Carolina, Solus 6400, disponible en Cermet Materials, Inc., de 6 Meco Drive, Wilmington, Delaware, y cualquiera de las diversas tintas conductoras disponibles en W. C. Heraeus GmbH de Heraeusstr 12 - 14, 63450 Hanau, Alemania o Ferro Corp. de 1000 Lakeside Avenue, Cleveland, Ohio. Otras sustancias que se pueden utilizar como tinta conductora de acuerdo con una o más realizaciones de la presente divulgación incluyen polímeros conductores, tintas o pastas basadas en carbono, tintas basadas en metales que no son plata, o cualquier otra tinta o pasta conductora conocida por los expertos en la materia.

Estas tintas conductoras tendrán viscosidades menores que la de las pastas de soldadura convencionales. Las tintas conductoras que se pueden utilizar con las plantillas desveladas para formar líneas de metalización tienen viscosidades de Malcom de menos de aproximadamente Mx 15 o pueden tener viscosidades en un intervalo de aproximadamente Mx 05 a aproximadamente Mx 10. Algunas tintas conductores adicionales que se pueden utilizar con las plantillas desveladas para formar líneas de metalización pueden tener viscosidades de menos de aproximadamente 140 Pa·s o viscosidades en el intervalo entre aproximadamente 70 Pa·s y aproximadamente 110 Pa·s según se mide en un viscosímetro de cono/placa de Brookfield modelo HBT sometida a ensayo a 9,6 segundos recíprocos usando un cono de 1,565" (39,75 mm) a 25 °C.

La formación de líneas de metalización delgadas y bien definidas se puede facilitar mediante el uso de plantillas con rendijas de estrechamiento inverso y superficies de contacto planas. El uso de tales plantillas puede permitir la formación superior de líneas por reducción del sangrado de la tinta conductora en la interfase de contacto entre la plantilla y el sustrato y además por reducción del desprendimiento de tinta.

Se pueden obtener líneas de metalización con relaciones de aspecto de alto con respecto a ancho superiores mediante el uso de las plantillas que se desvelan en el presente documento.

Los métodos que se describen en el presente documento incluyen la utilización de una plantilla que tiene al menos una rendija que se prolonga desde un lado de llenado a un lado de contacto de la plantilla y caracterizada por que el estrechamiento de la rendija es inverso al del estrechamiento agudo convencional. Específicamente, la rendija tiene un área más pequeña en el lado de contacto que en el lado de llenado. Tal plantilla se coloca en contacto con un sustrato semiconductor. A continuación se imprime la tinta conductora, a través de la rendija, desde el lado de llenado de la plantilla hasta el lado de contacto de la plantilla, sobre el sustrato. La tinta conductora se adhiere al sustrato, y se puede retirar la plantilla. La plantilla se caracteriza particularmente por que contiene al menos una rendija que se estrecha inversamente de un modo tal que al menos una dimensión de sección transversal de la rendija se reduce desde el lado de llenado hasta el lado de contacto.

La rendija puede estar hecha de metal u otro material formado mediante corte con láser, fotograbado al agua fuerte, electroformación, combinaciones de los mismos, o cualquier otro método similar. El método de producción de fabricación de la plantilla puede tener la capacidad de formar rendijas estrechadas con bordes afilados, siendo básicamente plano el lado de la plantilla con el lado más pequeño de la rendija (lado de contacto). En la mayoría de las realizaciones, es el lado de la rendija con la abertura que tiene el área de sección transversal más pequeña el que entra en contacto con el sustrato durante la impresión.

Estos métodos pueden proporcionar alta resolución y altas relaciones de aspecto en un patrón de tinta conductora o pasta para metalización que se puede depositar sobre un sustrato semiconductor, así como proporcionar la capacidad de imprimir líneas muy estrechas.

Volviendo ahora a las figuras representadas, la Figura 1 ilustra una sección transversal de una parte de una célula solar que se puede formar mediante los métodos de las realizaciones de la presente divulgación. La célula solar puede comprender un sustrato 100 con regiones de silicio dopado negativamente 102 y silicio dopado positivamente 104, aunque el material o materiales de los que está formado el sustrato 100 no se limitan a silicio, y pueden ser cualquiera de los diversos materiales conocidos en la técnica para la formación de células fotovoltaicas. Los métodos para proporcionar sustratos semiconductores con niveles de dopado apropiados para diversas aplicaciones, tales como células solares, se conocen bien en la técnica. En algunas realizaciones, el dopado puede ser inverso del que se muestra en la Figura 1. La metalización 106, 108 se puede aplicar a las partes posterior y delantera de la célula, respectivamente. La luz entrante, representada por las flechas 110, puede pasar a través de la parte delantera de la célula solar sobre la que se han formado las líneas 108 de metalización. La luz entrante 100 entra en el sustrato 100 de la célula solar donde se produce generación de carga. En algunas aplicaciones, puede ser deseable proporcionar un ancho W de línea pequeño y un gran espaciado de línea de metalización con el fin de reducir el efecto de sombreado de la metalización 108 de la parte delantera, mientras aún se permite suficiente cobertura para retirar de forma adecuada la carga generada de la superficie de la célula solar. También puede ser deseable proporcionar líneas 108 de metalización con suficiente área de sección transversal para retirar de forma adecuada la carga generada por la célula. De ese modo, en algunos casos, puede ser deseable proporcionar una pequeña anchura W de línea de metalización mientras se proporciona una gran altura H de línea de metalización, con respecto a los métodos y aplicaciones conocidos anteriormente.

El sustrato semiconductor 100 se puede tratar previamente o acondicionar antes de la aplicación de la tinta conductora usada para formar las líneas 108 de metalización. Algunos ejemplos de tratamiento previo o acondicionamiento incluyen hacer la superficie más susceptible a la adhesión de la tinta conductora, limpiar la superficie, aplicar un revestimiento antirreflectante, aplicar una capa dieléctrica, alterar la conductividad de la superficie del sustrato, o llevar a cabo cualquier otra forma de tratamiento previo o acondicionamiento conocido por el experto en la materia.

La Figura 2 ilustra una vista en planta de una parte de la célula solar que se puede formar mediante una realización de la presente divulgación para ilustrar una posible distribución para una metalización de la parte delantera. La metalización de la parte delantera puede comprender líneas 208 de dedo más delgado y líneas 210 colectoras algo más gruesas para recoger la carga de las líneas 208 de dedo. Como se muestra en la Figura 2, las líneas 208, 210 se configuran como una rejilla o matriz en la que las líneas 208 de dedo más delgadas intersectan las líneas 210 colectoras más gruesas. Aunque en la Figura 2 se ilustra una formación de tipo rejilla de líneas de metalización, se debería entender que las realizaciones alternativas, incluyendo las formadas por plantillas configuradas y dispuestas para formar diferentes patrones con o sin líneas de diferentes dimensiones, están dentro del alcance de la presente divulgación.

La Figura 3 ilustra una parte de una plantilla 300 de acuerdo con una realización de la presente divulgación mostrada con una escobilla (o cuchilla) 310 que deposita una tinta conductora 312 sobre un sustrato 100. En algunas realizaciones, la escobilla 310 puede incluir una escobilla de caucho o plástico, y en algunas otras realizaciones, la escobilla 310 puede incluir una cuchilla de metal o una pluralidad de cuchillas de caucho, plástico, o metal dispuestas perpendiculares o en ángulo con respecto a la superficie de la plantilla. En la realización que se ilustra en la Figura 3, la plantilla 300 tiene una rendija 306 con un área de sección transversal en la interfase 308

5 plantilla/sustrato en el lado 304 de contacto más pequeña que en el lado 302 de llenado de la plantilla. En esta vista en sección transversal bidimensional, las anchuras F y C correlacionan con las áreas bidimensionales de la rendija en los lados de llenado y contacto de la plantilla, respectivamente, siendo la anchura F mayor que la anchura C. Debido a la excepcional llanura del lado 304 de contacto de la plantilla 300, y lo afilado del borde formado por las paredes de la rejilla 306 y el lado 304 de contacto de la plantilla 300, básicamente nada de la tinta conductora puede sangrar en la interfase 308 plantilla/sustrato.

10 Las rendijas 306 se pueden formar en la plantilla mediante métodos tales como corte con láser, grabado con cloruro férrico, electroformación, u otros métodos conocidos por los expertos en la materia. Las rendijas se pueden formar por electroformación en mandriles, donde los mandriles se crean usando un proceso fotolitográfico. Las rendijas se pueden tratar posteriormente de forma opcional después de la fabricación mediante métodos de tratamiento posteriores a la fabricación, tales como electropulido, electrodeposición, y/o revestimiento con polímeros de baja energía. Posteriormente se discutirá con mayor detalle una técnica para fabricar la plantilla.

15 Las rendijas se pueden estrechar con una pendiente constante desde el lado de llenado hasta el lado de contacto de la plantilla, o se pueden estrechar con una pendiente variable, o nada en absoluto. Las rendijas pueden estar en forma de líneas rectas cortadas a través del material de plantilla o pueden estar curvadas o tener cualquier forma apropiada para una aplicación particular.

20 La Figura 4 ilustra una plantilla de doble capa de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La capa 350 de plantilla, que puede incluir la superficie superior 352, la superficie inferior 354, y al menos una rendija 356 contacta con al menos una parte de la superficie del lado 302 de llenado (superficie superior) de la plantilla 300. La rendija 356 se puede formar mediante procesos que incluyen electroformación, corte con láser, o grabado químico. La capa 350 de plantilla se puede unir a la plantilla 300 (denominada capa 300 de plantilla con respecto a la capa 25 350 de plantilla) a lo largo de una interfase entre la superficie del lado 302 de llenado y la superficie 354 mediante técnicas, tales como laminación por medio de un adhesivo, por ejemplo epoxi, mediante unión anódica, o mediante otras técnicas de unión conocidas en la técnica. Alternativamente, la capa 350 de plantilla se puede electroformar sobre al menos una parte de la capa 300 de plantilla.

30 La capa 350 de plantilla puede tener el mismo espesor vertical que la capa 300 de plantilla, o puede ser más gruesa o más delgada que la capa 300 de plantilla. La capa 350 de plantilla puede estar formada por el mismo material o materiales que la capa 300 de plantilla, o puede estar formada por un material o materiales diferentes. La capa 350 de plantilla puede incluir el mismo revestimiento de rendija que la capa 300 de plantilla si tal revestimiento está presente en la capa 300 de plantilla, o puede incluir un revestimiento de rendija diferente, un revestimiento no 35 presente en la capa 300 de plantilla, o ningún revestimiento.

40 La abertura de la rendija 356 en la superficie inferior 354 de la capa 350 de plantilla puede estar al menos parcialmente alineada con la abertura de la rendija 306 en el lado 302 de llenado (superficie superior) de la capa 300 de plantilla. El tamaño y la forma de la abertura de la rendija 356 en la superficie inferior 354 de la capa 350 de plantilla pueden ser básicamente similares al tamaño y la forma de la abertura de la rendija 306 en el lado 302 de llenado de la capa 300 de plantilla, aunque en algunas realizaciones estas aberturas pueden ser de diferentes tamaños y/o formas. La anchura L de la rendija 356 en la superficie 354 puede ser mayor o menor que la anchura F' de la rendija 306 en el lado 302 de llenado. Cuando están presentes múltiples en rendijas 356, pueden tener diferentes formas y tamaños.

45 La rendija 356 se puede configurar para tener paredes laterales verticales, que pueden ser perpendiculares a las superficies 352 y/o 354 como se ilustra en la Figura 4, o pueden tener paredes laterales que se estrechan. El grado de estrechamiento de las paredes laterales de la rendija 356 puede ser igual o diferente al grado de estrechamiento de una pared lateral de una o más de las rendijas 306. El grado de estrechamiento de una pared lateral de 50 cualquiera de las rendijas 356 puede ser diferente de otra pared lateral de la misma rendija 356 o de una pared lateral de otra rendija 356.

55 Como se muestra, la capa 350 de plantilla se puede configurar de modo que la capa 300 de plantilla se prolongue más allá de la periferia de la capa 350 de plantilla. De ese modo, las rendijas 306 que están presentes en algunas áreas de la capa 300 de plantilla pueden estar expuestas más allá del borde de la capa 350 de plantilla, y pueden tener diferentes dimensiones, tales como anchuras F y C, de las dimensiones, tales como las anchuras F' y C', de las rendijas 306, que están cubiertas por la capa 350 de plantilla. En algunas realizaciones, el volumen global de las rendijas 306 de la capa 300 de plantilla en las áreas unidas a la capa 350 de plantilla puede ser mayor que el de las rendijas 306 de la capa 300 de plantilla en las áreas no unidas a la capa 350 de plantilla. Esto puede facilitar la 60 impresión de líneas de tinta conductora de diferentes alturas y/o anchuras, tales como, por ejemplo, líneas 208 de dedo y líneas colectoras 210 de una célula solar 100, durante una operación de impresión individual.

Aunque se ilustran dos capas de plantilla en la plantilla de doble capa de la Figura 4, otras realizaciones pueden incluir plantillas de múltiples capas con más de dos capas de plantilla.

65

La Figura 5 es una vista que es similar a la Figura 3 e ilustra la forma en la que la tinta conductora 312 se puede imprimir a través de una parte de una plantilla de doble capa que consiste en una capa 300 de plantilla y una capa 350 de plantilla. Una escobilla (o cuchilla) 310 puede depositar una tinta conductora 312 a través de una rendija 356 de la capa 350 de plantilla y una rendija 306 de la capa 300 de plantilla sobre un sustrato 100. La plantilla de doble capa que consiste en la capa 300 de plantilla y la capa 350 de plantilla se puede separar del sustrato 100, dejando un patrón de tinta conductora. En algunas realizaciones, la capa 350 de plantilla puede estar unida a la capa 300 de plantilla sin ninguna separación en la interfase entre las capas 350 y 300 de plantilla para que sangre la tinta conductora en su interior.

La Figura 6 ilustra un diagrama 400 de flujo simplificado de un método para proporcionar metalización sobre un sustrato semiconductor de acuerdo con la presente divulgación. En la etapa opcional 402, el sustrato sobre el que se van a imprimir las líneas de metalización se puede tratar previamente usando cualquiera de diversos métodos de tratamiento previo conocidos en la técnica, por ejemplo, limpiar la superficie del sustrato o aplicar un revestimiento para mejorar la adhesión de la tinta conductora. En la etapa 404, una plantilla que contiene una o más rendijas se pone en contacto y se alinea con el sustrato de un modo tal que las una o más rendijas se alinean con un área o áreas del sustrato donde se desea depositar la tinta conductora para formar las líneas de metalización. La plantilla se puede mantener en su lugar frente al sustrato mediante cualquiera de los marcos o dispositivos de posicionamiento de plantilla conocidos en la técnica o mediante versiones modificadas de los mismos. En la etapa 406, la tinta conductora se puede imprimir a través de las rendijas de la plantilla aplicando la tinta conductora a la superficie del lado de llenado de la plantilla y empujando la tinta conductora a través de las rendijas usando una escobilla, una cuchilla o cuchillas, un cabezal dispensador de material, u otro dispositivo conocido por los expertos en la técnica de impresión con plantilla. Se puede emplear una plantilla de capa individual o de múltiples capas.

En ciertas realizaciones, la tinta conductora se puede imprimir a temperatura ambiente o a temperaturas elevadas o reducidas de acuerdo con los requisitos de la aplicación particular. En algunas realizaciones, la tinta conductora entra en contacto con el sustrato y se puede adherir al sustrato. La plantilla se puede retirar, dejando la tinta conductora sobre el sustrato en un patrón definido por la rendija o rendijas. Se puede usar calentamiento posterior para curar las líneas, solidificar la tinta, o estimular la adhesión al sustrato en la etapa 410 opcional de tratamiento posterior. Tal calentamiento se puede producir antes de la retirada de la plantilla en algunas aplicaciones. La etapa 410 de tratamiento posterior también puede incluir cualquier número de otras operaciones de tratamiento posterior conocidas por los expertos en la materia, tales como, por ejemplo, revestir el sustrato con un revestimiento protector o antirreflectante. Se debería entender que el diagrama 400 de flujo es simplificado y la práctica real del método descrito puede contener etapas adicionales o las etapas descritas se pueden llevar a cabo en una secuencia diferente.

Las Figuras 7A y 7B ilustran un método de formación de rendijas en una plantilla para su uso en la formación de líneas de metalización sobre un sustrato. En un método de acuerdo con la presente divulgación, ilustrado en la Figura 7A, se introduce un separador óptico 502 entre una máscara 504 de fotolitografía y una placa fotosensible 506 que consiste en una placa base 508 y una capa 510 de fotorresistencia. La máscara 504 de fotolitografía tiene un área 514 que es transparente a la luz ultravioleta (UV). En algunas realizaciones, la capa 510 de fotorresistencia puede estar compuesta por fotorresistencia positiva y, en otras, puede estar compuesta por fotorresistencia negativa. El separador 502 puede ser una placa delgada y plana, y puede estar hecho de vidrio, aire, poliéster, o cualquier otro material transparente a la luz UV, y puede tener un espesor en algún lugar entre diez micrómetros y un milímetro. Los haces de luz UV, ilustrados por las flechas 512, se usan para la formación de imagen del área 514, y pueden estar colimados o sin colimar. La exposición a capas 510 de fotorresistencia gruesas (del orden de 100 micrómetros de espesor, preferentemente entre 50 y 150 micrómetros de espesor) de acuerdo con este método da como resultado una imagen caracterizada por un estrechamiento prominente. En la parte superior de la capa 510 de fotorresistencia, el área de la fotorresistencia expuesta es mayor que en la parte inferior de la capa 510 de fotorresistencia. La anchura del área de la fotorresistencia expuesta se estrecha desde la superficie superior hasta la superficie inferior. Este efecto de estrechamiento está causado por la refracción de la parte no perpendicular de la luz en el separador óptico.

Después del revelado, la fotorresistencia no reticulada se retira por lavado de la placa base 508, y después de revestimiento de una capa metálica alrededor de la fotorresistencia 522 reticulada remanente, se produce una plantilla metálica 520 con una rendija de forma trapezoidal inversa como se muestra en la Figura 7B. Para acabar la plantilla, se puede eliminar la fotorresistencia 522 de las rendijas, y separar la plantilla 520 de la placa base 508.

Las plantillas formadas de la forma descrita pueden tener superficies inferiores excepcionalmente planas y bordes excepcionalmente afilados entre las paredes de la rendija y las superficies de la plantilla en las esquinas de la parte inferior de las rendijas y la parte inferior de la plantilla. Estas plantillas se pueden usar para imprimir tintas conductoras sobre sustratos semiconductores sin sangrado significativo.

El ángulo de las paredes de las rendijas formado depende de diversos factores que incluyen el tipo de fotorresistencia, el grado de colimación de la luz, el espesor del separador óptico, y su índice de refracción. La variación de estos parámetros hace posible producir una diversidad de ángulos, y de ese modo se puede optimizar en diseño de la rendija para una aplicación particular.

## Ejemplos

### Ensayos de línea base:

5 Se llevaron a cabo ensayos en plantillas de acero inoxidable cortadas con láser con diversas dimensiones, incluyendo aberturas de 70 y 90 micrómetros de ancho en láminas de 70 micrómetros de espesor. Se sometieron al ensayo dos distribuciones, una con y una sin una barra colectora incluida. La barra colectora estaba en forma de una abertura de dos mm de ancho que conecta todos los dedos. Ambas distribuciones tenían, en total, 52 líneas paralelas.

10 El corte con láser de las rendijas varió en anchura, con áreas más anchas y más estrechas. Algunas aberturas fueron en ocasiones tan estrechas como 35 micrómetros, en las que la impresión fue factible. El corte con láser fue relativamente irregular, causando con la mayor probabilidad puntos más oscuros observados en la impresión debido a dificultades en la liberación de la pasta. El diseño que incorpora la barra colectora fue imposible de imprimir debido a la pérdida de la pasta. Las líneas en los extremos de la célula fueron mucho más anchas que las cercanas al centro. El espesor de línea fue aceptable; aproximadamente 60 micrómetros de alto cuando se secó.

15 El ensayo también se llevó a cabo en plantillas de níquel electroformadas. Se usaron mallas más grandes (mallas de 15 pulgadas (38,1 cm)) en lugar de mallas más pequeñas (mallas de 12 pulgadas (30,5 mm)) para permitir mayor separación de impresión. El ensayo de impresión se llevó a cabo con aberturas de 80 micrómetros de ancho formadas en una lámina de 60 micrómetros de espesor. Para solucionar las limitaciones con la impresión en los extremos, se incluyeron líneas adicionales fuera del área de impresión.

20 La liberación de pasta fue aceptable, pero el sangrado fue inmenso (se observaron dedos de 130-150 micrómetros de ancho). Se descubrió que esto está relacionado con la fabricación de la plantilla. Se usó una técnica de crecimiento excesivo que dio como resultado bordes muy poco afilados. El problema de los extremos se resolvió, especialmente con valores de separación mayores. La resistividad de las líneas fue aceptable, pero el número de dedos fue demasiado pequeño.

### 30 Ensayos usando las plantillas desveladas

Se suministraron cuatro plantillas de níquel (níquel duro) electroformadas de 60 micrómetros de espesor por Fry's Metals, Inc., de Jersey City, New Jersey, también conocido como Cookson Electronic Assembly Materials. Se proporcionaron dos plantillas con estrechamiento normal. Se proporcionaron dos plantillas con estrechamiento inverso. Se proporcionaron dos plantillas, una con estrechamiento normal y otra con estrechamiento inverso, con aberturas de 80 micrómetros de ancho y se proporcionaron dos plantillas, una con estrechamiento normal y una con estrechamiento inverso, con aberturas de 60 micrómetros de ancho. Se utilizó tinta de metalización de producción sin modificar para todos los ensayos. Se sometieron a ensayo una escobilla tanto roja (caucho blando) como metálica de níquel.

40 Se sometieron a ensayo tres de las plantillas: las versiones de estrechamiento tanto normal como inverso de las plantillas de 80 micrómetros y la versión de estrechamiento normal de las plantillas de 60 micrómetros.

45 Para la plantilla de estrechamiento normal de 80 micrómetros, la liberación de pasta fue aceptable con una separación de dos mm. Las líneas en los extremos de la célula fueron algo más anchas que las del centro de la célula. La anchura de línea global estuvo entre 120 y 130 micrómetros. Se observaron problemas con el sangrado, aumentando con la presión de la escobilla. Se midió que el espesor de la línea fue aproximadamente 28 micrómetros cuando se curó. Se tomaron las microfotografías ilustradas en la Figura 8.

50 Con fines comparativos: en la Figura 9 se ilustra una línea de metalización serigrafiada convencional (130 micrómetros de ancho, 14-16 micrómetros de alto). Se usó una malla de emulsión convencional para imprimir la línea ilustrada en esta figura.

55 Para la plantilla de estrechamiento normal de 60 micrómetros, se observó un bloqueo constante de la plantilla.

60 Para la plantilla de estrechamiento inverso de 80 micrómetros, la liberación de pasta fue aceptable con una separación de 2,2 mm. Se descubrió que la escobilla metálica era ineficaz cuando se trabajaba con separación. La escobilla de caucho rojo dio los mejores resultados. Las líneas en los extremos de la célula fueron algo más anchas que las del centro de la célula. Se observó que la anchura de línea global era aproximadamente 100 micrómetros. No hubo ningún problema de sangrado (incluso con presiones de escobilla elevada). El espesor de línea fue aproximadamente 16 micrómetros cuando se curó. Se ilustra una microfotografía de una línea de metalización observada en la Figura 10. Las condiciones de impresión fueron las siguientes: escobilla roja, separación de 2,2 mm, presión de escobilla de 50 N, velocidad de impresión de 150 mm/s.

65 La plantilla de estrechamiento inverso de 60 micrómetros no se sometió a ensayo.

Tabla 1.1: parámetros de célula solar (promedios)

	Voc (mV)	Isc (A)	Rs (mOhm)	Rsh (Ohm)	FF (%)	Eff (%)
Estrechamiento inverso de 80 micrómetros	0,612	8,057	3,9	39,31	76,59	15,53
Estrechamiento normal de 80 micrómetros	0,610	7,978	3,5	44,40	77,12	15,43

Como se muestra en la Tabla 1.1, las características de célula solar parecen coincidir con las conclusiones de la evaluación de impresión. Debido a las bajas pérdidas por sombreado, se observaron altas corrientes para la plantilla de estrechamiento inverso (por ejemplo, mayor de 8 A). Las células solares fabricadas con la plantilla de estrechamiento inverso proporcionaron mayores valores de resistencia en serie (Rs) que las células solares fabricadas con la plantilla de estrechamiento normal. Este resultado se puede explicar a partir del mayor volumen de pasta depositada observado con la plantilla de estrechamiento normal (impresión más ancha y más alta).

- 5
- 10
- 15

Ejemplos de formación de plantillas

Se fabricó por electroformación una plantilla que tenía aberturas convencionales, caracterizada por una anchura de abertura en el lado de contacto de la plantilla mayor que en el lado de llenado de la plantilla. Se utilizaron un espesor de fotorresistencia de 75 micrómetros, y una energía de exposición de 150 mJ/cm<sup>2</sup>, dando como resultado una plantilla con un espesor de 60 micrómetros, con aberturas del lado de contacto de 80 micrómetros, y un ángulo de estrechamiento de aproximadamente 6 grados. La impresión de líneas de metalización sobre obleas de silicio se llevó a cabo con una separación de 2 mm, una velocidad de impresión de 150 mm/s, y tinta conductora convencional. La anchura de línea resultante después de la impresión fue 120-140 micrómetros, con bordes irregulares.

Se fabricó por electroformación una segunda plantilla que tenía rendijas de estrechamiento inverso (con forma de embudo). Se utilizaron un espesor de fotorresistencia de 75 micrómetros, y una energía de exposición de 150 mJ/cm<sup>2</sup>, dando como resultado un espesor de plantilla de 60 micrómetros, con aberturas del lado de contacto de 80 micrómetros, y un ángulo de estrechamiento de aproximadamente 6 grados. La impresión de las líneas de metalización sobre obleas de silicio se realizó en condiciones similares a las del ejemplo anterior. Después de la impresión, la anchura de línea fue 100 micrómetros, con bordes rectos.

Se fabricó por electroformación una tercera plantilla, que tenía rendijas de estrechamiento inverso (con forma de embudo). La formación de imágenes se realizó usando un separador óptico con un espesor de 175 micrómetros, y con una energía de exposición de 150 mJ/cm<sup>2</sup>. La plantilla resultante presentó rendijas con un ángulo de estrechamiento de aproximadamente 15 grados.

De ese modo, habiendo descrito varios aspectos de al menos una realización de la presente invención, se ha de entender que los expertos en la materia podrán encontrar fácilmente diversas alteraciones, modificaciones, y mejoras. Se pretende que tales alteraciones, modificaciones, y mejoras sean parte de la presente divulgación, y se pretende que estén dentro del alcance de la invención. Por lo tanto, la descripción y las figuras anteriores son únicamente a modo de ejemplo.

- 40
- 45

**REIVINDICACIONES**

1. Método para proporcionar metalización sobre un sustrato semiconductor, comprendiendo el método:

5 proporcionar un sustrato semiconductor que tiene una superficie adecuada para impresión;  
colocar una plantilla que tiene un lado de contacto, un lado de llenado, y al menos una rendija que se prolonga  
desde el lado de contacto hasta el lado de llenado sobre el sustrato semiconductor con el lado de contacto de la  
plantilla en contacto con el sustrato semiconductor, siendo básicamente plano el lado de contacto de la plantilla y  
10 formando un borde afilado con una pared de la al menos una rendija, teniendo la sección transversal de la al  
menos una rendija en el lado de contacto una anchura predeterminada, y estrechándose la al menos una rendija  
de un modo tal que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de llenado es mayor  
que el área de la sección transversal de la al menos una rendija en el lado de contacto; e  
imprimir tinta conductora a través de la al menos una rendija y sobre el sustrato semiconductor, imprimiéndose la  
tinta conductora en contacto directo con el sustrato semiconductor, en el que la tinta conductora tiene una  
15 viscosidad de Malcom de menos de aproximadamente Mx 15, que corresponde con una viscosidad de  
aproximadamente 150 Pa·s a 10 rpm a 25 °C en un viscosímetro de Malcom.

2. El método de la reivindicación 1, en el que el sustrato semiconductor comprende silicio.

20 3. El método de la reivindicación 1, en el que la superficie del sustrato semiconductor comprende una superficie de  
un dispositivo fotovoltaico.

4. El método de la reivindicación 1, en el que la tinta conductora comprende tinta basada en plata.

25 5. El método de la reivindicación 1, en el que la tinta conductora tiene una resistividad de menos de  
aproximadamente  $15 \times 10^{-6}$  ohm·cm a temperatura ambiente.

30 6. El método de la reivindicación 1, que comprende además retirar la plantilla, mientras se deja que la tinta  
conductor se adhiera sustancialmente al sustrato semiconductor, en el que la tinta conductora se adhiere al  
sustrato semiconductor sin sangrado significativo, de un modo tal que al menos una línea de la tinta conductora tiene  
bordes básicamente rectos.

35 7. El método de la reivindicación 6, que comprende además calentar la al menos una línea de tinta conductora  
después de la impresión, en el que se forma un acoplamiento mecánico y eléctrico firme entre la al menos una línea  
de tinta conductora y el sustrato semiconductor, y en el que la relación de aspecto de altura con respecto a anchura  
de la al menos una línea de tinta conductora es mayor de aproximadamente 1:10 después de calentamiento o  
enfriamiento.

40 8. El método de la reivindicación 1, en el que la al menos una rendija se estrecha gradualmente desde el lado de  
llenado hasta el lado de contacto de la plantilla.

9. El método de la reivindicación 1, en el que la tinta conductora se fuerza a través de la al menos una rendija y  
sobre el sustrato semiconductor con uno de una escobilla y un cabezal dispensador de material.

45 10. El método de la reivindicación 1, en el que la plantilla tiene un espesor en el intervalo de aproximadamente  
0,025 mm a aproximadamente 0,2 mm de espesor, y en el que la al menos una rendija tiene una anchura de  
aproximadamente 0,005 mm a aproximadamente 0,15 mm en el lado de contacto de la plantilla.

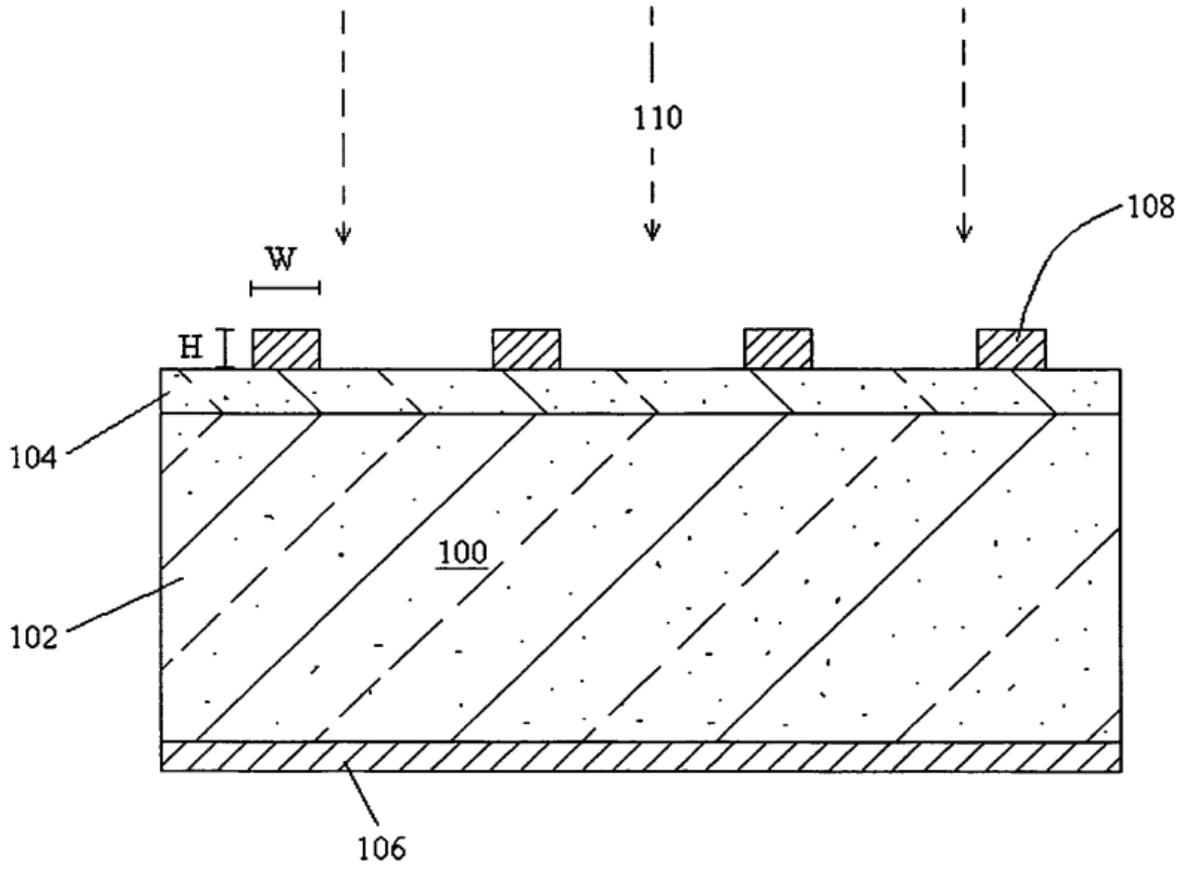
50 11. El método de la reivindicación 1, en el que la plantilla es una plantilla de múltiples capas, y en el que se  
depositan un dedo conductor y una barra colectora conductora sobre el sustrato semiconductor en una etapa de  
impresión, siendo la dimensión de longitud de la barra colectora conductora no paralela a la dimensión de longitud  
del dedo conductor, teniendo la barra colectora conductora un espesor mayor que el dedo conductor.

55 12. El método de la reivindicación 1, en el que se forma al menos una rendija en la plantilla mediante corte con láser,  
y en el que la plantilla es una plantilla de múltiples capas, incluyendo al menos una capa al menos una rendija  
formada mediante corte con láser.

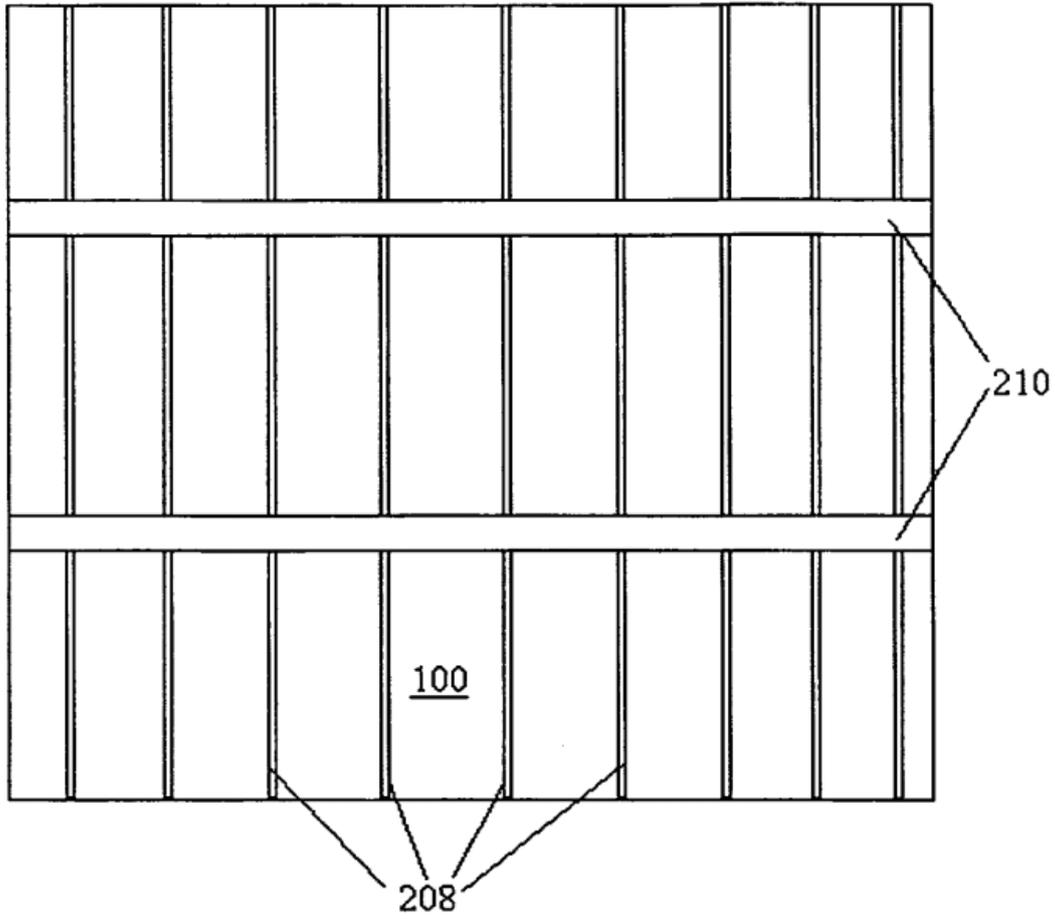
13. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

60 retirar la plantilla, en el que después de la retirada de la plantilla, la tinta conductora se adhiere al sustrato  
semiconductor sin sangrado significativo, de un modo tal que al menos una línea de tinta conductora tiene bordes  
básicamente rectos, y en el que la relación de aspecto de altura con respecto a anchura de la al menos una línea  
de tinta conductora es mayor de aproximadamente 1:10 después de calentamiento y enfriamiento.

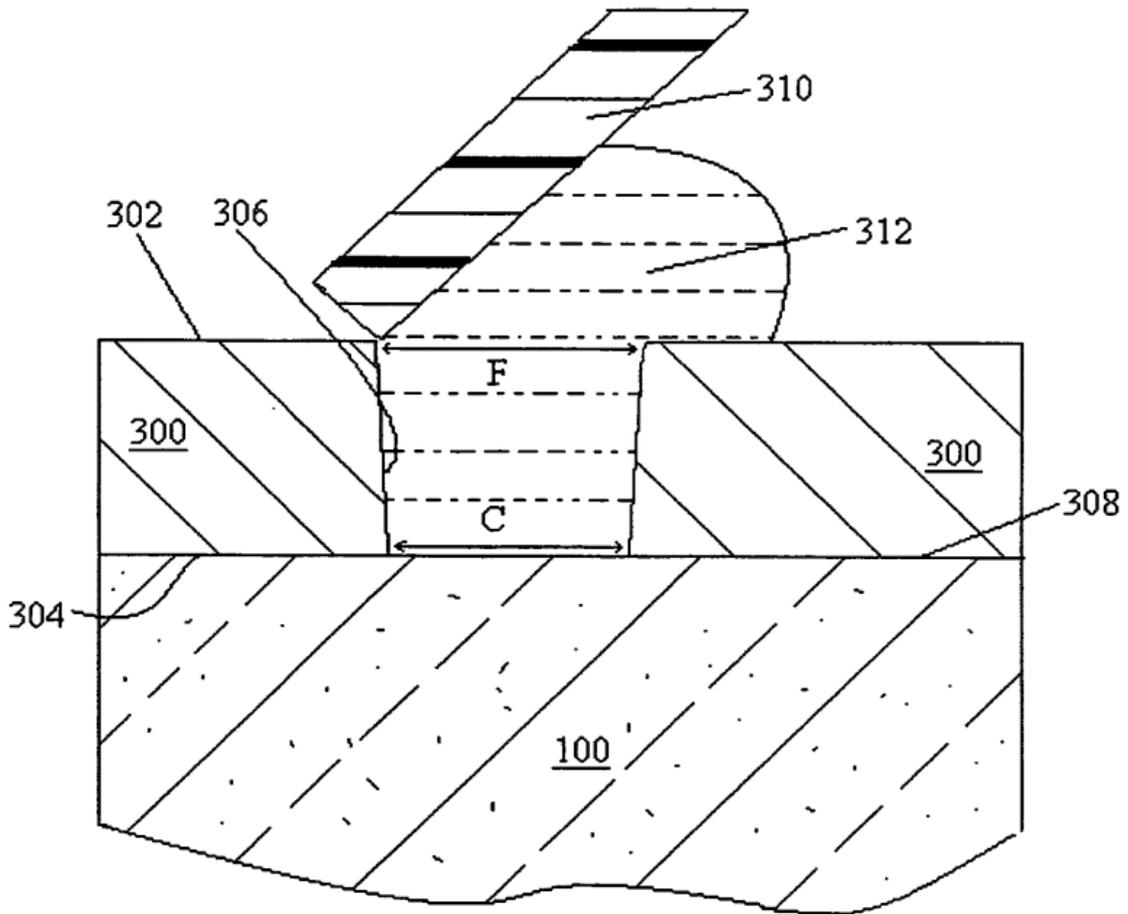
**FIG. 1**



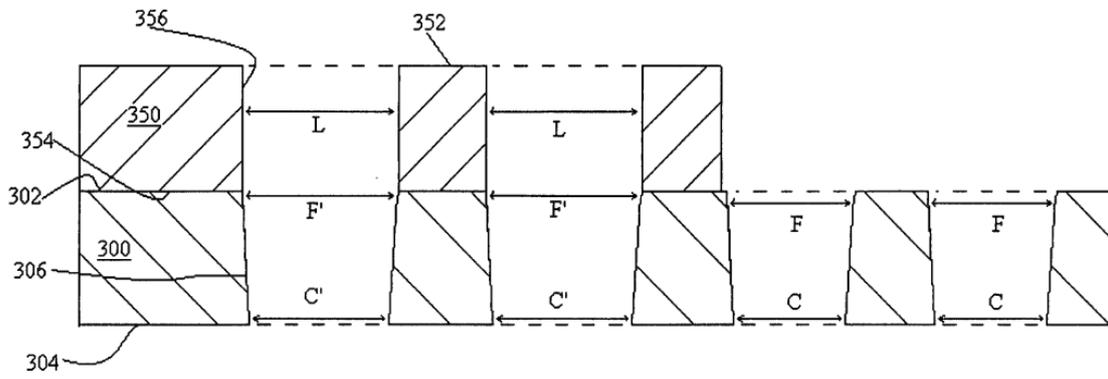
**FIG. 2**



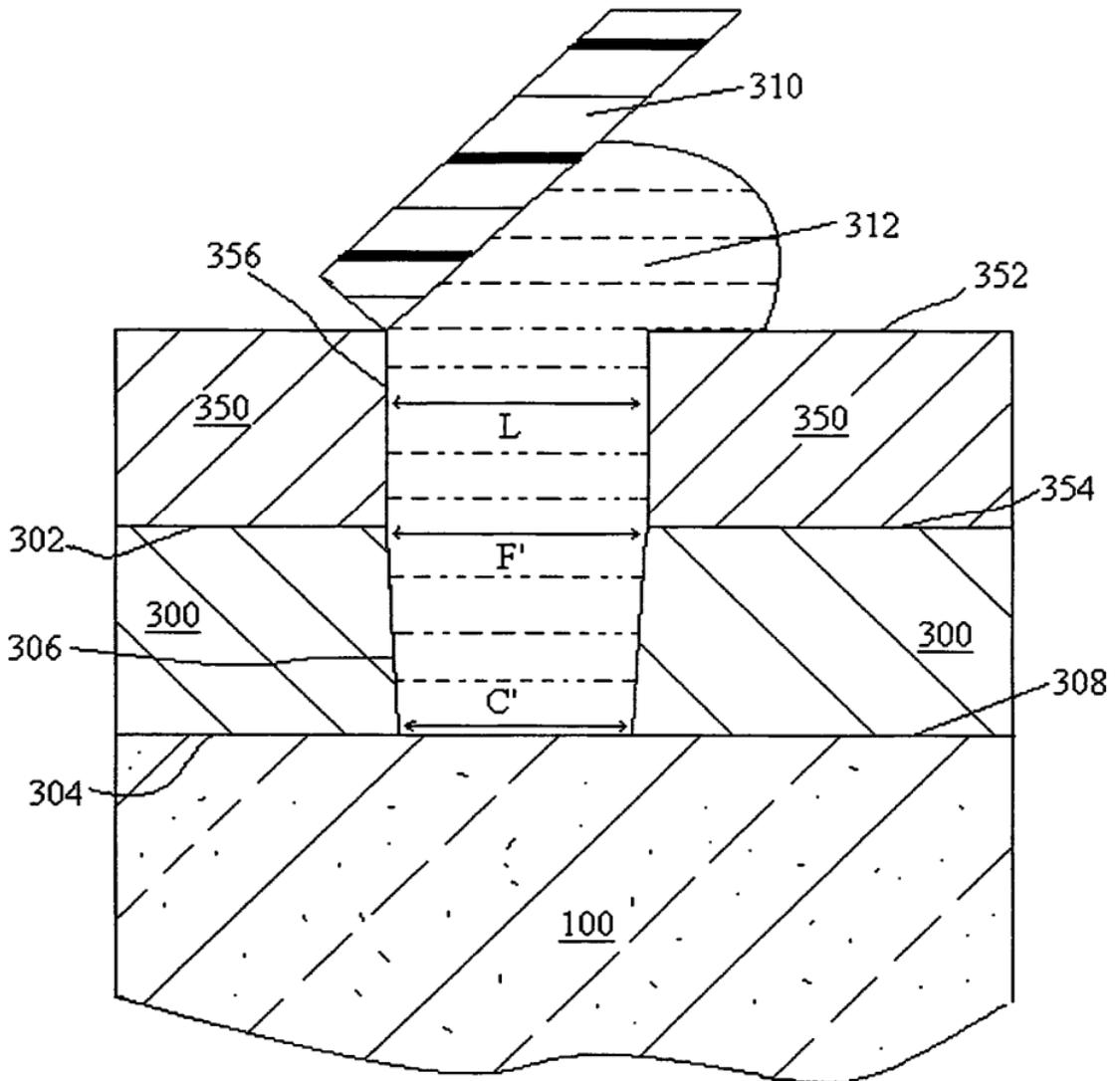
**FIG. 3**



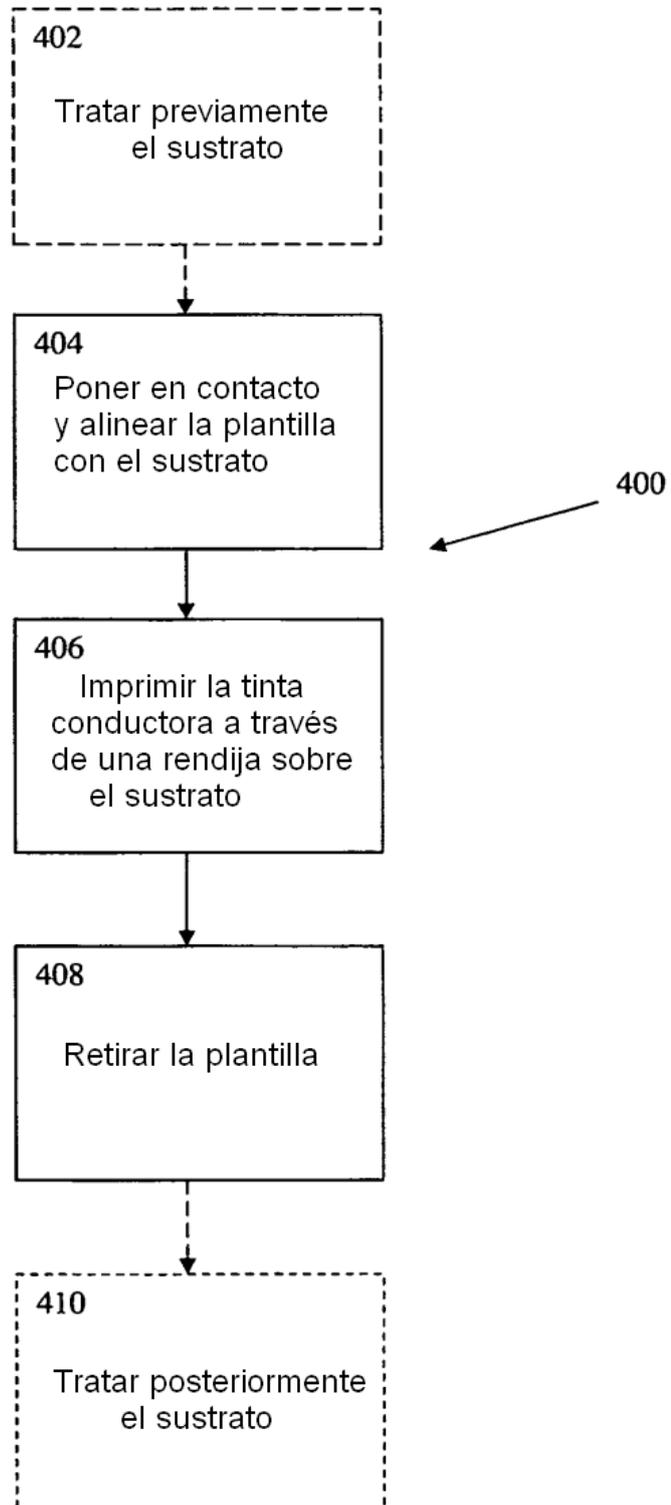
**Fig. 4**



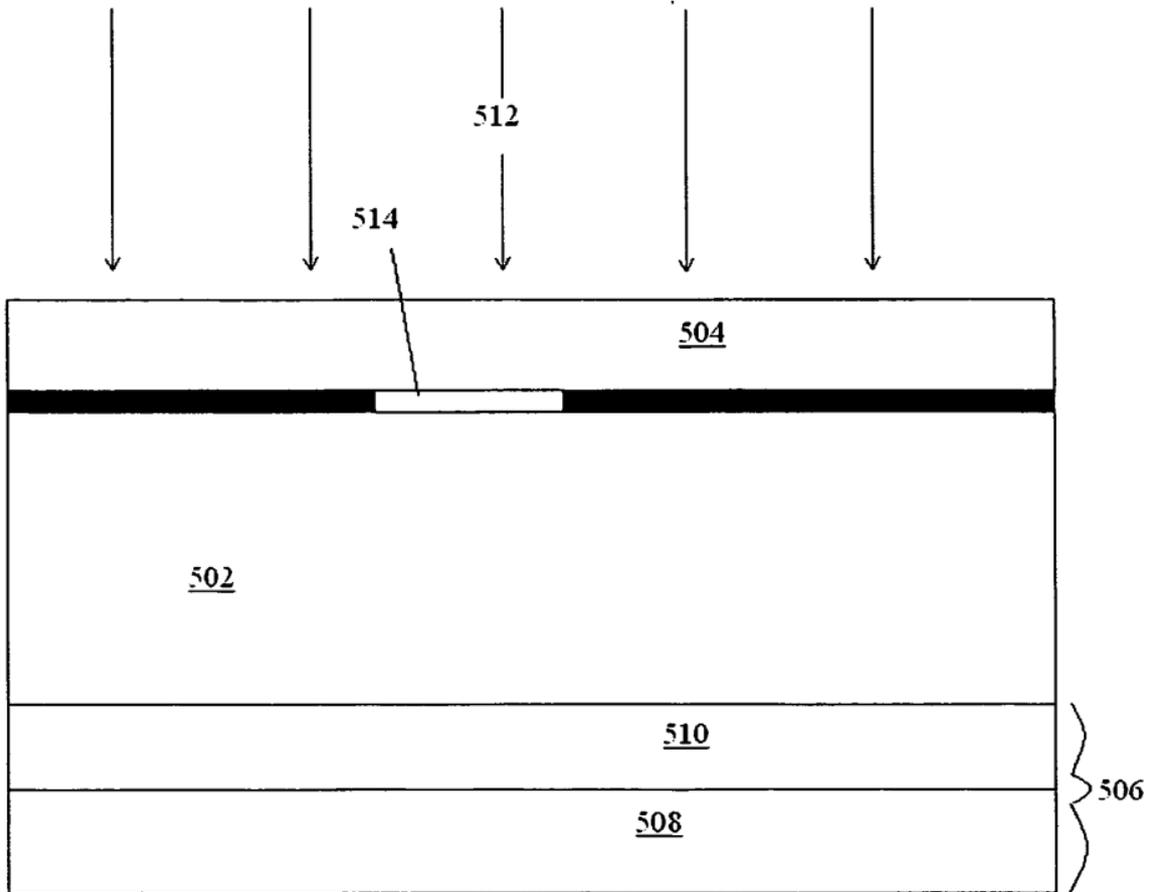
**FIG. 5**



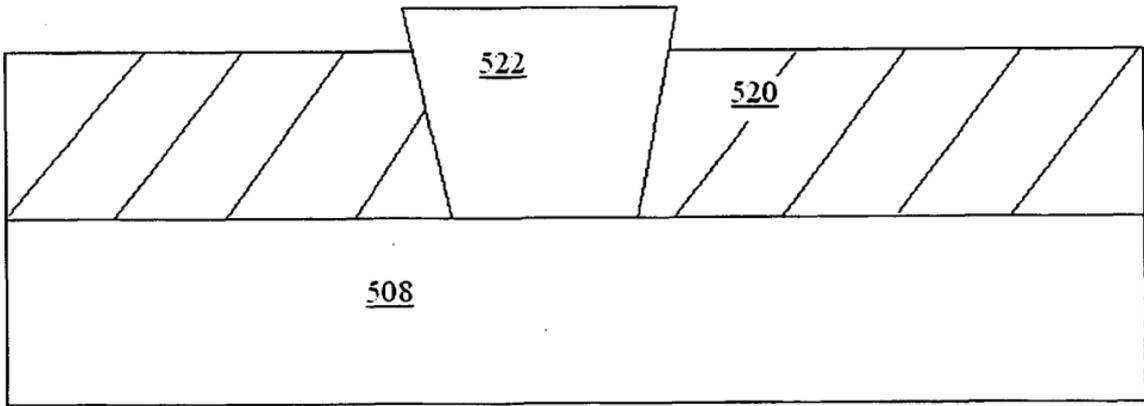
**FIG. 6**



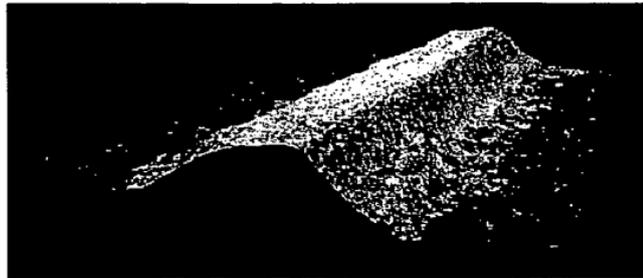
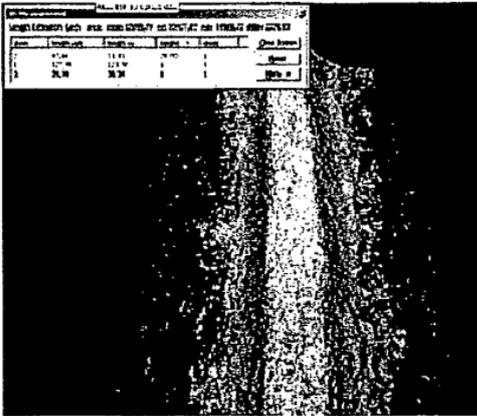
**Fig. 7A**



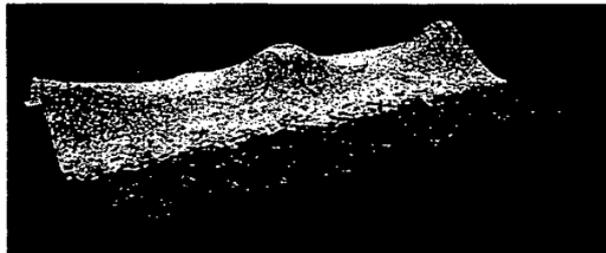
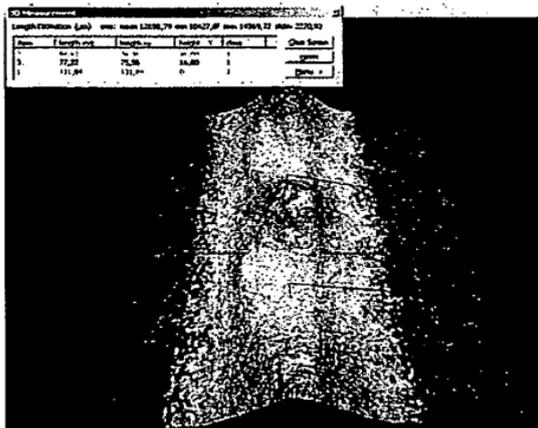
**Fig. 7B**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**

