

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 626**

51 Int. Cl.:

H01L 21/02 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

C30B 11/00 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2008 E 08742153 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012 EP 2132769**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar**

30 Prioridad:

21.03.2007 US 689294

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

11.04.2013

73 Titular/es:

**MOSSEY CREEK TECHNOLOGY, LLC (100.0%)
6722 CRYSTAL VIEW WAY
KNOXVILLE, TN 37919, US**

72 Inventor/es:

CARBERRY, JOHN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 400 626 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

Procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar obleas de silicio de calidad solar.

2. Descripción de los antecedentes de la técnica

10 Las obleas de silicio cristalino para células solares se crean por lo general calentando, fundiendo y cristalizando básicamente trozos de silicio puro. En un ejemplo típico, los trozos de silicio se colocan y se empaquetan en un molde de oblea de calidad solar ("molde") hecho de sílice fundida aglomerada. Posteriormente, el molde, que a veces se denomina "crisol", se carga en un horno de vacío que tiene elementos calentadores que por lo general están hechos de grafito. El horno de vacío calienta los trozos de silicio, haciendo que se fundan. Posteriormente, el silicio fundido se enfría de una manera que favorece la formación de las obleas de silicio cristalino. Este procedimiento tiene sus limitaciones, y algunas de éstas se describen a continuación.

15 La longitud del ciclo de calentamiento-enfriamiento es con frecuencia de 45-60 horas, y esto puede limitar la producción. Un factor en la determinación de la longitud del ciclo de calentamiento-enfriamiento es el tiempo necesario para calentar la materia prima de silicio lo suficiente para hacer que se funda. Los trozos de silicio utilizados son por lo general muy gruesos, ya que tienen un tamaño medio de aproximadamente treinta (30) milímetros. La razón de utilizar de tales materiales gruesos es conservar la pureza en el silicio fundido. Se ha descubierto que el proceso de disminución deja rastros de contaminantes no deseables en la superficie del silicio. La densidad de empaquetado de tales trozos en el molde es aproximadamente un treinta y cinco (35) por ciento del empaquetado perfecto, que es significativamente inferior al óptimo. Por consiguiente, el calor no es conducido de manera eficaz a través de una materia prima de este tipo, y se necesita tiempo de calentamiento adicional. Dado que (1) los elementos de calentamiento están en el exterior del crisol, (2) los trozos de silicio tienen relativamente poco contacto físico entre sí, y (3) los trozos de silicio se "ensombrecen" entre sí en gran medida, la mayor parte del calentamiento se produce por la radiación que se logra sucesivamente, en la que un trozo de silicio relativamente expuesto se calienta y a continuación ese trozo irradia calor a uno o más trozos relativamente no expuestos, es decir, uno o más trozos de silicio que están "ensombrecidos". En muchos casos, se utiliza una presión parcial de gas argón para facilitar la transferencia de calor a la materia prima de silicio.

20 Durante la etapa de calentamiento y la etapa de enfriamiento, se producen en la materia prima de silicio dos impurezas, es decir, carburo de silicio (SiC) y complejos con oxígeno disuelto (incluyendo complejos de silicio-oxígeno). Estas impurezas provocan una reducción del rendimiento de las obleas de silicio cristalino utilizables que pueden ser tan altas como aproximadamente el cuarenta (40) por ciento. Además, estas impurezas generan defectos en la estructura cristalina que reducen la eficacia y la vida de la célula solar resultante. Se sufre una pérdida de rendimiento adicional también por el aserrado y rebanado de la palanquilla en obleas. Después de eliminar las impurezas de SiO, SiO₂, y SiC de la superficie, a continuación se corta la palanquilla restante para permitir el rebanado. Por lo menos en algunos casos, para cuando las impurezas se eliminan y las obleas se rebanan hasta 150-200 micras, el rendimiento en el silicio de partida puede ser tan bajo como el 35%. Por lo menos algunos factores favorecen la síntesis de estas impurezas. En primer lugar, las altas temperaturas alcanzadas en el horno promueven la oxidación de sus elementos de calentamiento de grafito por reducción de la sílice fundida con la que el grafito está en contacto físico, creando así una presión parcial de CO y CO₂. Otros componentes del horno de vacío pueden estar compuestos también de grafito, incluyendo la material de aislamiento, y análogamente, también pueden oxidarse. Esta reacción de oxidación-reducción produce comúnmente dos gases: monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). A continuación, estos gases reaccionan con la materia prima de silicio en el molde para producir carburo de silicio y complejos con oxígeno disuelto. En segundo lugar, aunque la sílice fundida aglomerada es una sustancia muy refractaria, es permeable a gases de óxido de carbono (por ejemplo, CO y CO₂). Por lo tanto, los gases de óxido de carbono tienen acceso a la materia prima de silicio por penetración en el molde. En tercer lugar, la densidad de empaquetado de los trozos de silicio da como resultado espacios que puedan ser penetrados y/u ocupados por los gases de óxido de carbono. Las superficies de los trozos de silicio que lindan con estos espacios sirven como sitios adicionales para la reacción de oxidación-reducción que produce carburo de silicio y complejos con oxígeno disuelto. Por último, hay que reconocer que los hornos de vacío generalmente no crean un vacío perfecto, permitiendo que entren gases atmosféricos y potencialmente otros gases. Los gases atmosféricos incluyen agentes oxidantes que, como se ha descrito con anterioridad, puede dar como resultado la producción de impurezas.

55 El documento US-A-2004004 8411 ilustra la formación de obleas de silicio fundiendo silicio de calidad metalúrgica en un molde y a continuación formando silicio cristalino sobre el mismo utilizando un disolvente de metales.

El documento JP-A-60043813 describe un procedimiento para obtener obleas de silicio que pueden ser retiradas fácilmente de un recipiente y provistas de una superficie lisa. El polvo de silicio se funde por aplicación de calor y presión para formar obleas en un recipiente. El documento JP-A-09036403 describe un procedimiento de producción de una célula solar de alta calidad de bajo costo con una alta productividad de masa. El procedimiento implica la inyección de Si fundido en una ranura plana para formar un elemento de conversión fotoeléctrica.

Breve resumen de la invención

La presente invención es un procedimiento de fabricación de obleas de silicio de calidad solar como se expone en la reivindicación 1. Por lo menos en algunas formas de realización de la invención, el procedimiento incluye las siguientes etapas: proporcionar una pasta que incluye un líquido que esencialmente evita la oxidación del polvo de silicio y un polvo de silicio que es muy fino y está prácticamente libre de óxidos y de otras impurezas perjudiciales; proporcionar un molde de oblea de calidad solar que define un interior para recibir la pasta; introducir la pasta en el molde de oblea de calidad solar; precipitar el polvo de silicio a partir de la pasta para formar una preforma de la oblea de silicio de calidad solar; y cristalizar la preforma para crear la oblea de silicio de calidad solar. En algunas formas de realización de la presente invención, el molde de oblea de calidad solar o una preforma de la misma se trata con un agente de oclusión de poros y/o un agente de desgasificación para facilitar adicionalmente la reducción de la presencia de impurezas en las obleas de silicio de calidad solar resultantes.

Las ventajas derivadas de la práctica de cualquiera de las diversas formas de realización de la presente invención incluye por lo menos uno de los siguientes: (1) mayor densidad de empaquetado para el silicio, favoreciendo de ese modo la fusión y dificultando al mismo tiempo la acumulación y/o la formación de impurezas perjudiciales en la masa fundida; (2) calentamiento más rápido, dando así como resultado menos contaminación por SiO, SiC, y SiO₂; (3) mayor eficacia y rendimiento debido al menor trayecto de lado a lado; (4) mayor rendimiento debido a (a) menos contaminación por SiC, SiO, SiO₂, (b) menos recorte, y (c) la eliminación del aserrado; (5) mayor rendimiento y eficacia debido a la capacidad de crear obleas de silicio de calidad solar de acabado inmediato tan delgadas como 50 micras, y (6) obleas con un área superficial mayor debido a un procesamiento relativamente sin restricciones.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

Las características de la invención mencionadas anteriormente se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de la invención leída junto con los dibujos en los que:

la Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra las etapas (incluyendo una etapa opcional) implicadas en la fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, de acuerdo con una de las formas de realización de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de flujo que muestra las etapas implicadas en la fabricación de un oblea de silicio de calidad solar, de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama de flujo que muestra las etapas implicadas en la fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, de acuerdo con otra forma de realización más de la presente invención;

la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra las etapas implicadas en la fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, de acuerdo con todavía otra forma de realización más de la presente invención, y

la Figura 5 es un diagrama de flujo que muestra las etapas implicadas en la fabricación de una oblea de silicio de calidad solar de acuerdo con incluso otra forma de realización más de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención, es decir, el procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, se describe más detalladamente más adelante. Desde el principio, cabe destacar que la presente invención puede materializarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las formas de realización específicas descritas en el presente documento.

Definiciones

"Carburo" se refiere a un compuesto binario de carbono con un elemento más electropositivo que el carbono.

"Cerámico" significa de o relacionado con un producto hecho básicamente de una sustancia no metálica que se cuece a una temperatura alta.

"Curar" significa preparar o modificar especialmente mediante procesamiento químico o físico para conservar, perfeccionar, o preparar para su uso (por ejemplo, para fijar en la posición deseada como por calentamiento).

"Materia prima" se refiere a la materia prima proporcionada a una máquina o proceso.

"Oxidación" se refiere al acto o al proceso de oxidación.

"Óxido" se refiere a un compuesto binario de oxígeno con un grupo o elemento más electropositivo.

"Oxidar" significa (1) combinar con oxígeno, (2) deshidrogenar especialmente por acción del oxígeno, (3) transformar (un compuesto) aumentando la proporción de la parte electronegativa, (4) transformar (un elemento o iones) de una valencia positiva menor a una mayor, o (5) eliminar uno o más electrones de un átomo, un ion, una molécula, o un radical.

"Porosidad" se refiere a (1) la propiedad de un sólido que contiene espacios abiertos o canales diminutos o (2) la relación entre el volumen de los intersticios de un material y el volumen de su masa.

"Preforma" se refiere a un objeto que ha sido sometido a conformación o moldeo preliminar y por lo general incompleto, antes de someterse a un procesamiento completo o final.

"Sinterizar" significa hacer que se convierta en una masa ligada coherente por calentamiento sin fusión.

"Pasta" se refiere a una suspensión fluida bombeable de material fino sólido en un líquido.

"Agente humectante" se refiere a una sustancia que (1) aumenta la velocidad a la que un líquido se extiende a través de una superficie cuando se añade al líquido en pequeñas cantidades o (2) hace que una superficie sea no repelente a un líquido humectante.

En la descripción detallada que sigue a continuación se definen otros términos según sea necesario.

Procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar

La Figura 1 es un diagrama de flujo 10 que muestra una forma de realización del procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar. Esta forma de realización incluye una etapa opcional 20. Como se muestra en 12, se proporciona una pasta que incluye (1) un polvo de silicio que está prácticamente libre de óxidos y de otras impurezas perjudiciales y (2) un líquido que esencialmente evita la oxidación del polvo de silicio. La ausencia o ausencia casi total de óxidos (por ejemplo, sílice (SiO₂)) y otras impurezas perjudiciales en o sobre el polvo de silicio evita la sinterización, que influye negativamente en la fabricación de obleas de silicio de calidad solar. Un síntoma de sinterización es que se necesita una mayor temperatura para fundir el polvo de silicio, favoreciendo la reacción de oxidación-reducción que produce carburo de silicio y complejos con oxígeno disuelto (incluyendo complejos de silicio-oxígeno). Estas son las dos impurezas introducidas con anterioridad en la descripción de los antecedentes de la técnica. Por lo menos en algunas formas de realización de la presente invención, el componente de polvo de silicio de la pasta consiste esencialmente en partículas de silicio con un tamaño medio inferior a, o igual a, aproximadamente doce (12) micras. Las ventajas de este tamaño de partícula se describen más adelante en la presente memoria descriptiva. Durante por lo menos una de las etapas de la presente invención, el componente líquido de la pasta evita o prácticamente evita la oxidación del polvo de silicio. Por consiguiente, también se dificulta la síntesis de los carburos (por ejemplo, SiC). Por lo menos en una forma de realización de la presente invención, el componente líquido de la pasta consiste esencialmente en etanol puro libre de agua.

En la patente de EE.UU. número 6.638.491 se describe un procedimiento de producción de polvo de silicio libre de óxido, que fue expedida a Carberry. Ese procedimiento puede utilizarse para producir el componente en polvo de silicio de la pasta. En este caso, por ejemplo, la molienda del silicio en alcohol utilizando medios, revestimientos y paletas de circonia garantiza no sólo que cualquier contaminación debida al rozamiento o debida a la molienda sea mínima, sino que el tamaño de grano del silicio molido sea muy pequeño, es decir, por lo general inferior a 300 nanómetros y que tenga una estructura reticular similar y que no sea conductor. Una vez que se prepara la pasta, se puede fundir y refundir en un molde de oblea de calidad solar (por ejemplo, artesa de grafito). Opcionalmente, se ha modificado la superficie interior del molde de oblea de calidad solar, produciendo de ese modo una superficie interior modificada que (1) prácticamente no reacciona con el silicio y (2) tiene una estructura cristalina o reticular similar a la del silicio. Tal modificación se puede lograr utilizando metalizado por bombardeo, deposición química de vapor (CVD), implantación de iones, o metalización. La finalidad de la modificación es facilitar la orientación del silicio a medida que cristaliza. El enfriamiento diferencial puede ser provocado desde el fondo del molde de oblea de calidad solar, orientando de ese modo los cristales para que crezcan de un lado al otro. En estos casos, resulta deseable minimizar los límites de grano entre un lado de una oblea delgada y el otro para permitir una mayor eficacia de la conversión de los fotones en electrones. Las ventajas que ofrece incluyen de ese modo: (1) mayor densidad de empaquetado para la fusión sin impurezas perjudiciales; (2) calentamiento más rápido, dando así como resultado menos contaminación por SiO, SiC, y SiO₂; (3) mayor eficacia y rendimiento debido al menor trayecto de lado a lado, (4) mayor rendimiento desde tan bajo como un 30% hasta tan alto como un 98% debido a (a) menor contaminación por SiC, SiO, SiO₂, (b) menos recorte, y (c) eliminación del aserrado; (5) mayor rendimiento y eficacia debido a la capacidad de procesamiento para crear obleas delgadas de acabado inmediato por lo general tan delgadas como 50

micras; y (6) obleas más grandes debido a un procesamiento relativamente sin restricciones con respecto al tamaño, permitiendo así un rendimiento al aire mucho más alto en bienes tan limitados como azoteas, techos de automóvil, etc. Por ejemplo, la tecnología actual se limita a la producción de una oblea solar con una longitud de aproximadamente 15 centímetros y un ancho de aproximadamente 15 centímetros (aproximadamente 225 cm²). La presente invención podría permitir la fabricación de una oblea solar con una longitud de aproximadamente un metro y un ancho de aproximadamente un metro (aproximadamente 1,0 m²), reduciendo o eliminando de ese modo las pérdidas de espacio entre obleas.

La figura 1 muestra en 14 que debe proporcionarse un molde de oblea de calidad solar ("molde"). Tales moldes son conocidos por los expertos en la materia y generalmente están compuestas por sílice fundida aglomerada, grafito, nitruro de silicio, nitruro de boro, o cualquier combinación de los mismos. De acuerdo con 16 de la Fig. 1, la pasta se introduce en el molde. En algunas formas de realización, por lo menos parte de la superficie interior del molde se trata con un agente humectante. Por ejemplo, puede tratarse cualquier parte que es probable que esté en contacto con la pasta. Este tratamiento, al favorecer que la pasta se extienda por la superficie interior del molde, ayuda a garantizar que el producto final, es decir, la oblea de silicio de calidad solar, se forme correctamente. En algunas de las formas de realización que incluyen el tratamiento con un agente humectante, el agente humectante es nitruro de silicio. En otras de tales formas de realización, el agente humectante es nitruro de boro. El nitruro de silicio o el nitruro de boro resultan deseables porque no reaccionan con la pasta ni con el molde.

Como se muestra en 18 de la Fig. 1, el polvo de silicio se precipita desde la pasta para formar una preforma de la oblea de silicio de calidad solar en el fondo del molde. Tales precipitaciones son conocidas por los expertos en la materia. Por ejemplo, se puede evaporar el componente líquido de la pasta para favorecer la precipitación del polvo de silicio desde la pasta. En una forma de realización de la presente invención, como se muestra en la etapa opcional 20 de la Fig. 1, se hace vibrar el molde durante la etapa de precipitación para favorecer la deposición de una capa uniforme de polvo de silicio. Esto ayuda a garantizar que el producto final tenga un grosor uniforme. Además o como alternativa, se puede utilizar el método "freeze-casting", restringiendo así adicionalmente la oxidación del silicio.

A continuación, como se muestra en 22 de la Fig. 1, la preforma de la oblea de silicio de calidad solar se cristaliza para crear la oblea de silicio de calidad solar. Tales cristalizaciones son conocidas por los expertos en la materia y un procedimiento de cristalización de este tipo se resume brevemente en la Descripción de los antecedentes de la técnica. En las formas de realización de la presente invención en las que el componente en polvo de silicio de la pasta consiste esencialmente en partículas de silicio con un tamaño medio inferior a, o igual a, aproximadamente doce (12) micras, la preforma que se obtiene es relativamente densa. En esas formas de realización, la densidad de empaquetado de la preforma es aproximadamente el setenta y cinco (75) por ciento, lo que da como resultado menor permeabilidad y mayor conductividad térmica. La menor permeabilidad reduce el porcentaje del área superficial interna de la preforma que es accesible a los gases de óxido de carbono, reduciendo de ese modo el número de sitios disponibles para la reacción de oxidación-reducción que produce carburo de silicio y los complejos con oxígeno disuelto. La mayor conductividad térmica permite una reducción en la duración del ciclo de calentamiento- enfriamiento, limitando adicionalmente la síntesis de esas impurezas.

La Figura 2 es un diagrama de flujo 24 que muestra otra forma de realización del procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar. Como se muestra en 30 de la Fig. 2, en esta forma de realización de la invención, el molde se trata con una mezcla para reducir su permeabilidad con respecto a los agentes oxidantes, especialmente los agentes oxidantes gaseosos. Como se ha indicado anteriormente en la Descripción de los antecedentes de la técnica, las altas temperaturas alcanzadas en el horno promueven la oxidación de por lo menos algunos de sus componentes de grafito (por ejemplo, elementos de calentamiento de grafito). Esta oxidación da como resultado la síntesis de uno o más agentes oxidantes gaseosos (por ejemplo, CO y CO₂), que pueden tener acceso a la materia prima de silicio por penetración en el molde. Los expertos en la materia reconocerán que la fórmula química de cada uno de los agentes oxidantes gaseosos no incluye necesariamente un átomo de oxígeno, y que la variedad y la identidad de los agentes oxidantes gaseosos pueden variar, siendo uno de los factores la composición química de diversos componentes del horno de vacío. Los expertos en la materia reconocerán también que los componentes de grafito, entre otros componentes del horno de vacío, pueden ser oxidados por agentes procedentes de una variedad de fuentes, que incluyen las fuentes expuestas en la Descripción de los antecedentes de la técnica y, en algunos casos, la reducción de una o más sustancias del propio molde.

La Fig. 2 muestra en 26 que debe proporcionarse un molde cerámico de oblea de calidad solar con una porosidad superior a cero. Por lo menos en algunas formas de realización, el molde cerámico de oblea de calidad solar se compone de una o más sustancias, por lo menos una de las cuales es sílice fundida aglomerada, grafito, nitruro de boro o nitruro de silicio. Como se muestra en 28 de la Fig. 2, debe proporcionarse una mezcla que incluye un medio de suspensión, un agente aglutinante en suspensión, y un agente de oclusión de poros en suspensión. En algunas formas de realización, el medio de suspensión consiste esencialmente en etanol, y los expertos en la materia reconocerán que pueden resultar adecuados uno o más de otros productos químicos para su uso como medio de suspensión. En algunas formas de realización, el agente aglutinante de suspensión consiste esencialmente en ortosilicato de tetraetilo, sílice coloidal, o cualquier combinación de los mismos. Por último, en algunas formas de

realización, el agente de oclusión de poros en suspensión consiste esencialmente en circón, sílice, nitruro de silicio, o cualquier combinación de los mismos. Posteriormente, como se muestra en 30 de la Fig. 2, se trata el molde cerámico de oblea de calidad solar con la mezcla para producir un molde cerámico de oblea de calidad solar con porosidad reducida. Sin embargo, este tratamiento puede variar. En una variación, el molde cerámico de oblea de calidad solar se sumerge en la mezcla durante un periodo de tiempo fijo. En otra variación, una o más superficies del molde cerámico de oblea de calidad solar se recubren con la mezcla. Sin embargo, en todas las variaciones la oclusión de por lo menos algunos de los poros reduce la capacidad de los agentes oxidantes de acceder a la materia prima de silicio por penetración en el molde.

Las cuatro etapas obligatorias restantes, como se muestra en 32, 34, 26, y 38 de la Fig. 2, son las siguientes: proporcionar una pasta que incluye un líquido que esencialmente evita la oxidación del polvo de silicio y un polvo de silicio que está prácticamente libre de óxidos (véase 32); introducir la pasta en el molde cerámico de oblea de calidad solar con porosidad reducida (véase 34); precipitar el polvo de silicio a partir de la pasta para formar una preforma de la oblea de silicio de calidad solar (véase 36); y cristalizar la preforma para crear una oblea de silicio de calidad solar (véase 38).

El tratamiento del molde cerámico de oblea de calidad solar con la mezcla proporciona una barrera esencialmente pasiva contra los agentes oxidantes. Sin embargo, en algunas formas de realización, la mezcla incluye adicionalmente un agente de desgasificación en suspensión para convertir determinados agentes oxidantes gaseosos (es decir, óxidos de carbono) en carburos (por ejemplo, SiC) y óxidos de silicio (por ejemplo, SiO₂). La inclusión del agente de desgasificación en la mezcla da como resultado la adición de un componente activo a la barrera. El agente de desgasificación reacciona con los óxidos de carbono para producir carburos y óxidos de silicio. Aunque los carburos y los óxidos de silicio se encuentran entre las impurezas que pueden influir negativamente en la fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, su síntesis en este caso resulta inocua ya que se produce lejos de la materia prima de silicio. Por lo menos en algunas formas de realización, el agente de desgasificación en suspensión consiste esencialmente en silicio, nitruro de silicio, o cualquier combinación de los mismos.

La Figura 3 es un diagrama de flujo 40 que muestra otra forma de realización más del procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar. Como se muestra en 42 de la Fig. 3, debe proporcionarse una preforma de un molde de oblea de calidad solar. Además, como se muestra en 44, debe proporcionarse una mezcla que incluye un medio de suspensión, un agente aglutinante en suspensión, y un agente de oclusión de poros en suspensión. A continuación, se trata la preforma con la mezcla (véase 46) y, posteriormente, se cuece la preforma para producir un molde cerámico de oblea de calidad solar con porosidad reducida (véase 48). En algunas formas de realización, la preforma del molde de oblea de calidad solar se cura hasta el punto necesario para prácticamente eliminar (por ejemplo, evaporar) la humedad preexistente y/o el agente aglutinante para prepararla para el tratamiento con la mezcla. Las etapas restantes, que se muestran en 50, 52, 54, y 56 de la fig. 3, son análogas a sus homólogas mostradas en la Fig. 2.

La Figura 4 es un diagrama de flujo 60 que muestra otra forma de realización más. Una característica distintiva de esta forma de realización es que la mezcla utilizada para tratar el molde cerámico de oblea de calidad solar no incluye necesariamente un agente aglutinante en suspensión, un agente de oclusión de poros en suspensión, o ambos. Como se muestra en 60 de la Fig. 4, se proporciona un molde cerámico de oblea de calidad solar con una porosidad superior a cero. (Por definición, un molde "cerámico" de oblea de calidad solar ya ha sido cocido). Además, como se muestra 62 de la Fig. 4, se proporciona una mezcla que incluye un medio de suspensión y un agente de desgasificación en suspensión. Por lo menos en algunas formas de realización, el agente de desgasificación en suspensión puede reaccionar con por lo menos un tipo de óxido de carbono para producir un carburo y un óxido de silicio. Además, por lo menos en algunas formas de realización, el agente de desgasificación en suspensión consiste en silicio, nitruro de silicio, o cualquier combinación de los mismos. Posteriormente, de acuerdo con 64 de la Fig. 4, se trata el molde cerámico de oblea de calidad solar con la mezcla para producir un molde cerámico de oblea de calidad solar impregnado de desgasificador. Sin embargo, este tratamiento puede variar. En una variación, el molde cerámico de oblea de calidad solar se sumerge en la mezcla durante un periodo de tiempo fijo. En otra variación, una o más superficies del molde cerámico de oblea de calidad solar se recubren con la mezcla. Además, como se muestra en 66, se proporciona una pasta que incluye un líquido que esencialmente evita la oxidación del polvo de silicio y un polvo de silicio que está prácticamente libre de óxidos. Posteriormente, como se muestra en 68, 70, y 72 de la Fig. 4, ocurre lo siguiente: se introduce la pasta en el molde cerámico de oblea de calidad solar impregnado de desgasificador (véase 68); el polvo de silicio se precipita desde la pasta para formar una preforma de la oblea de silicio de calidad solar (véase 70); y la preforma se cristaliza para crear la oblea de silicio de calidad solar (véase 72). Por lo menos durante estas tres etapas, un agente oxidante puede encontrarse con el agente de desgasificación, ya que el primero está tratando de penetrar en el molde. Si se produce tal encuentro, se puede seguirse una reacción en la que el agente oxidante se convierte en uno o más productos químicos que son menos reactivos (más estables) y, por tanto, representan una amenaza menor para la materia prima de silicio. En algunos casos, puede convertirse un agente oxidante en un agente oxidante menos reactivo.

La Figura 5 es un diagrama de flujo 74 que muestra otra forma de realización más. Como se muestra en 76 de la Fig. 5, debe proporcionarse una preforma de un molde de oblea de calidad solar. Además, como se muestra en 78,

5 debe proporcionarse una mezcla que incluye un medio de suspensión y un agente de desgasificación en suspensión. Una característica que distingue a esta forma de realización de la mostrada en la Fig. 4 es que, en esta forma de realización, la mezcla que incluye el agente de desgasificación en suspensión se utiliza para tratar una preforma de molde de oblea de calidad solar (véase la fig. 5 en 80), a diferencia de un molde cerámico de oblea de calidad solar. Posteriormente, como se muestra en 82 de la Fig. 5, se cuece la preforma de un molde de oblea de calidad solar para producir un molde cerámico de oblea de calidad solar impregnado de desgasificador. Las etapas restantes, que se muestran en 84, 86, 88, y 90 de la fig. 5, son análogas a sus homólogas mostradas en la Fig. 4.

10 Aunque la presente invención ha sido ilustrada mediante la descripción de varias formas de realización y aunque se han descrito en detalle las formas de realización ilustrativas, no es la intención del solicitante restringir o limitar en modo alguno a tal detalle el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las modificaciones adicionales se pondrán fácilmente de manifiesto para los expertos en la materia. La invención en sus aspectos más amplios no está por tanto limitada a los detalles, procedimientos, y ejemplos ilustrativos específicos mostrados y descritos. Por consiguiente, pueden realizarse desviaciones de tales detalles sin alejarse del alcance del concepto inventivo general del solicitante.

15

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de una oblea de silicio de calidad solar, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
 - 5 proporcionar un molde cerámico de oblea de calidad solar con una porosidad superior a cero;
 - proporcionar una mezcla que incluye un medio de suspensión, un agente aglutinante en suspensión, y un agente de oclusión de poros en suspensión;
 - tratar dicho molde cerámico de oblea de calidad solar con dicha mezcla para producir un molde cerámico de oblea de calidad solar con porosidad reducida;
 - 10 proporcionar una pasta que incluye un líquido que esencialmente evita la oxidación del polvo de silicio y un polvo de silicio que está prácticamente libre de óxidos;
 - introducir dicha pasta en dicho molde cerámico de oblea de calidad solar con porosidad reducida;
 - precipitar dicho polvo de silicio a partir de dicha pasta para formar una preforma de dicha oblea de silicio de calidad solar; y
 - 15 cristalizar dicha preforma para crear dicha oblea de silicio de calidad solar.
2. El procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicho molde cerámico de oblea de calidad solar se compone de una o más sustancias, incluyendo dichas una o más sustancias por lo menos una sustancia seleccionada del grupo que consiste en sílice fundida aglomerada, grafito, nitruro de boro y nitruro de silicio.
3. El procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicho medio de suspensión consiste esencialmente en etanol.
4. El procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicho agente aglutinante en suspensión está seleccionado del grupo que consiste en ortosilicato de tetraetilo, sílice coloidal, y cualquier combinación de los mismos.
5. El procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicho agente de oclusión de poros en suspensión está seleccionado del grupo que consiste en circón, sílice, nitruro de silicio, y cualquier combinación de los mismos.
6. El procedimiento según la reivindicación 1 en el que dicha mezcla incluye adicionalmente un agente de desgasificación en suspensión para reaccionar con por lo menos un tipo de óxido de carbono para producir un carburo y un óxido de silicio.
7. El procedimiento según la reivindicación 6 en el que dicho agente de desgasificación en suspensión está seleccionado del grupo que consiste en silicio, nitruro de silicio, y cualquier combinación de los mismos.
8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicho molde cerámico de oblea de calidad solar define una superficie interior, teniendo por lo menos parte de dicha superficie interior una estructura cristalina similar a la del silicio cristalizado.

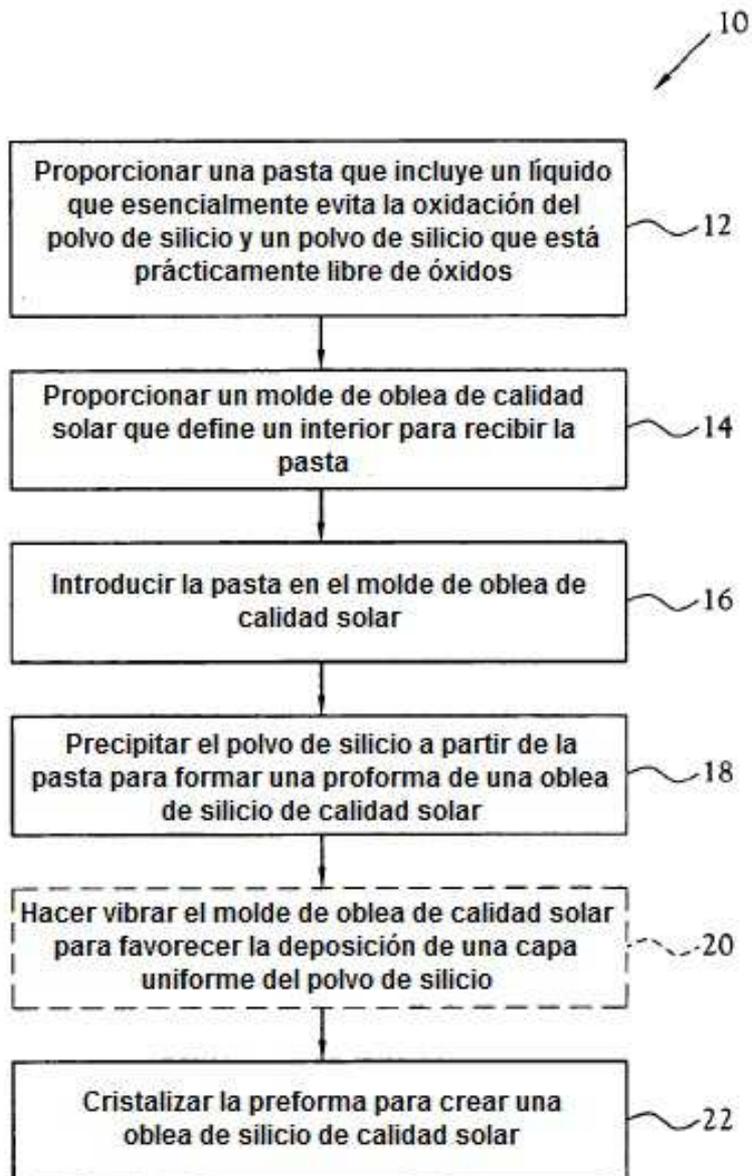
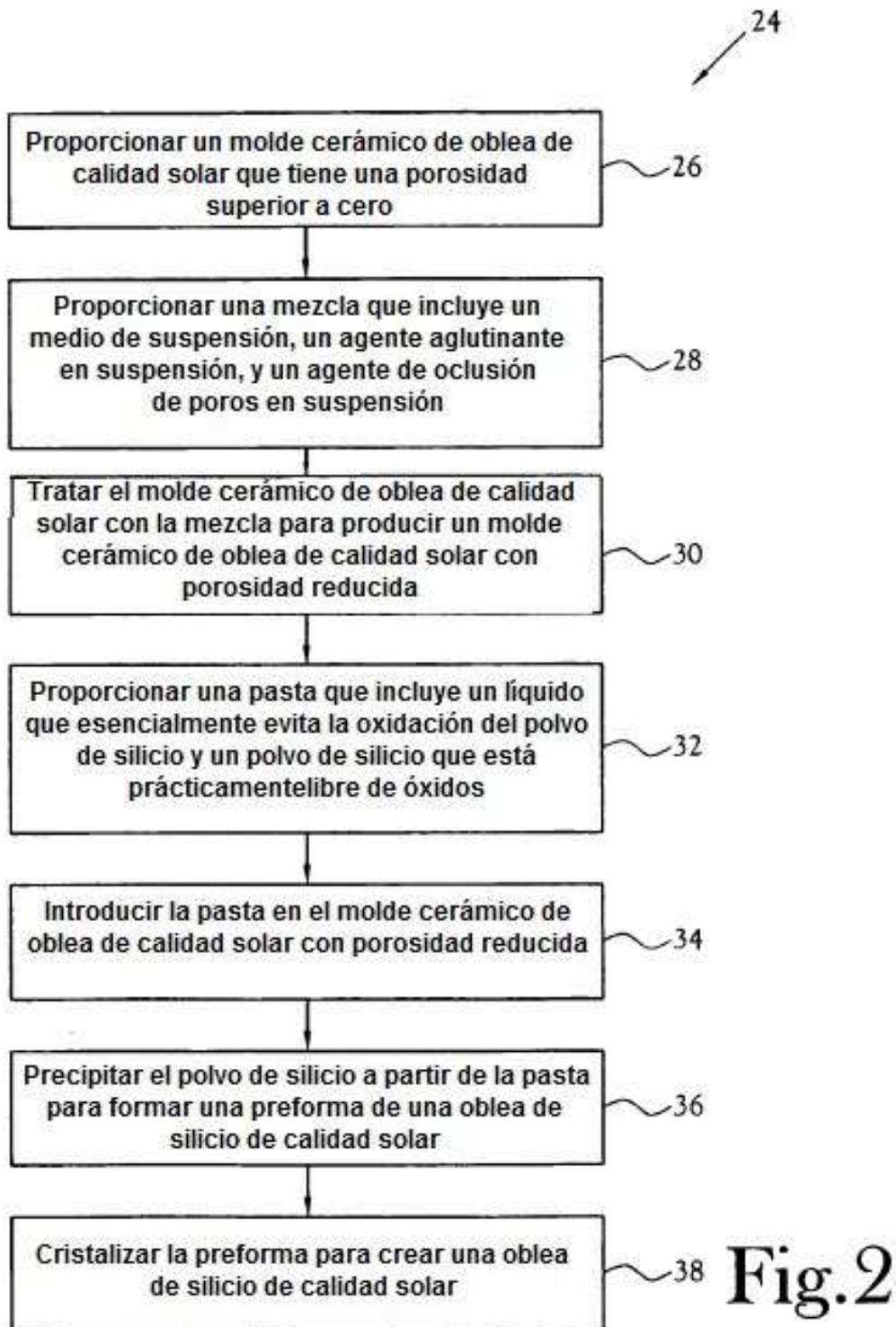
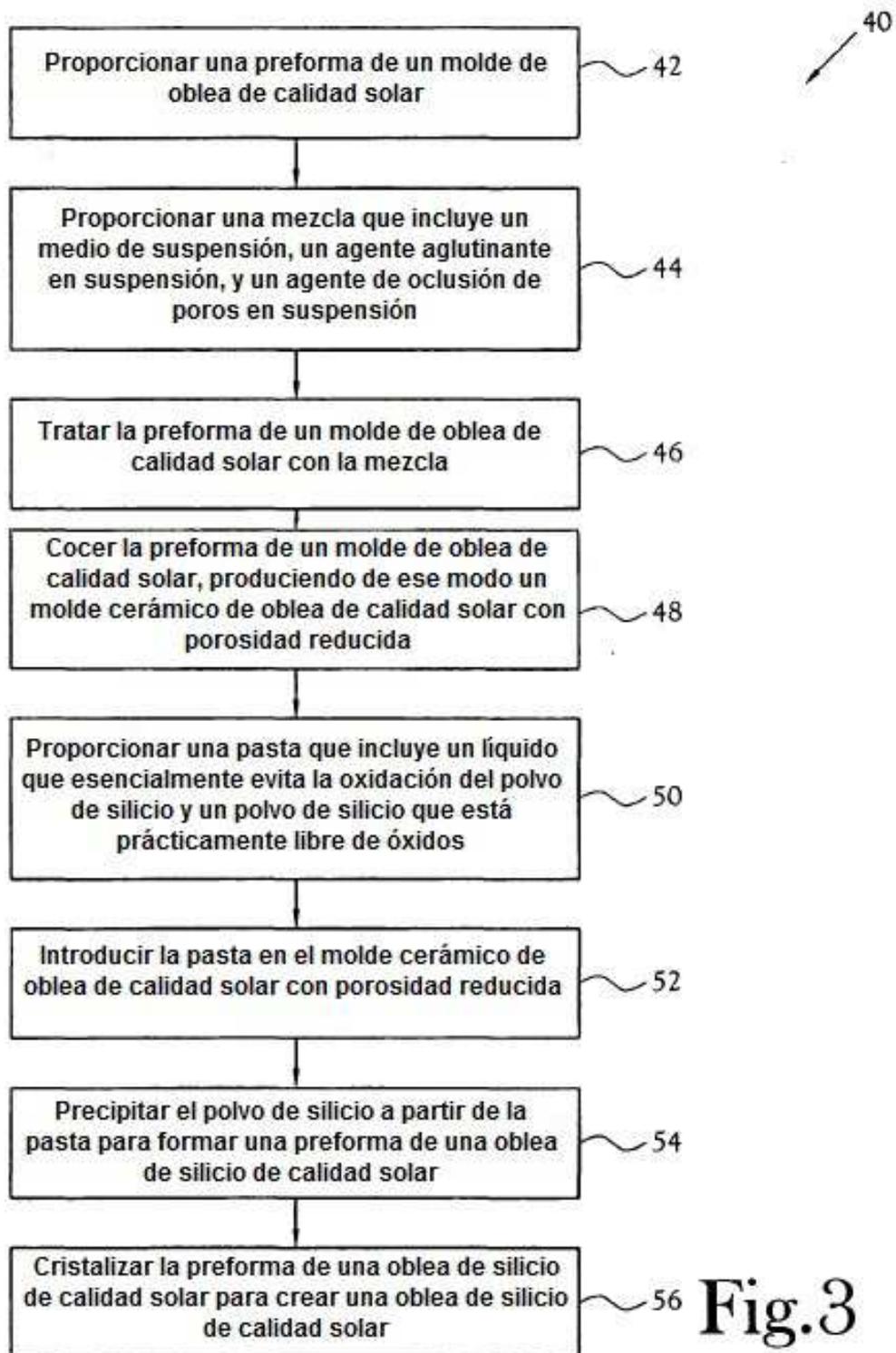


Fig. 1





58 ↙

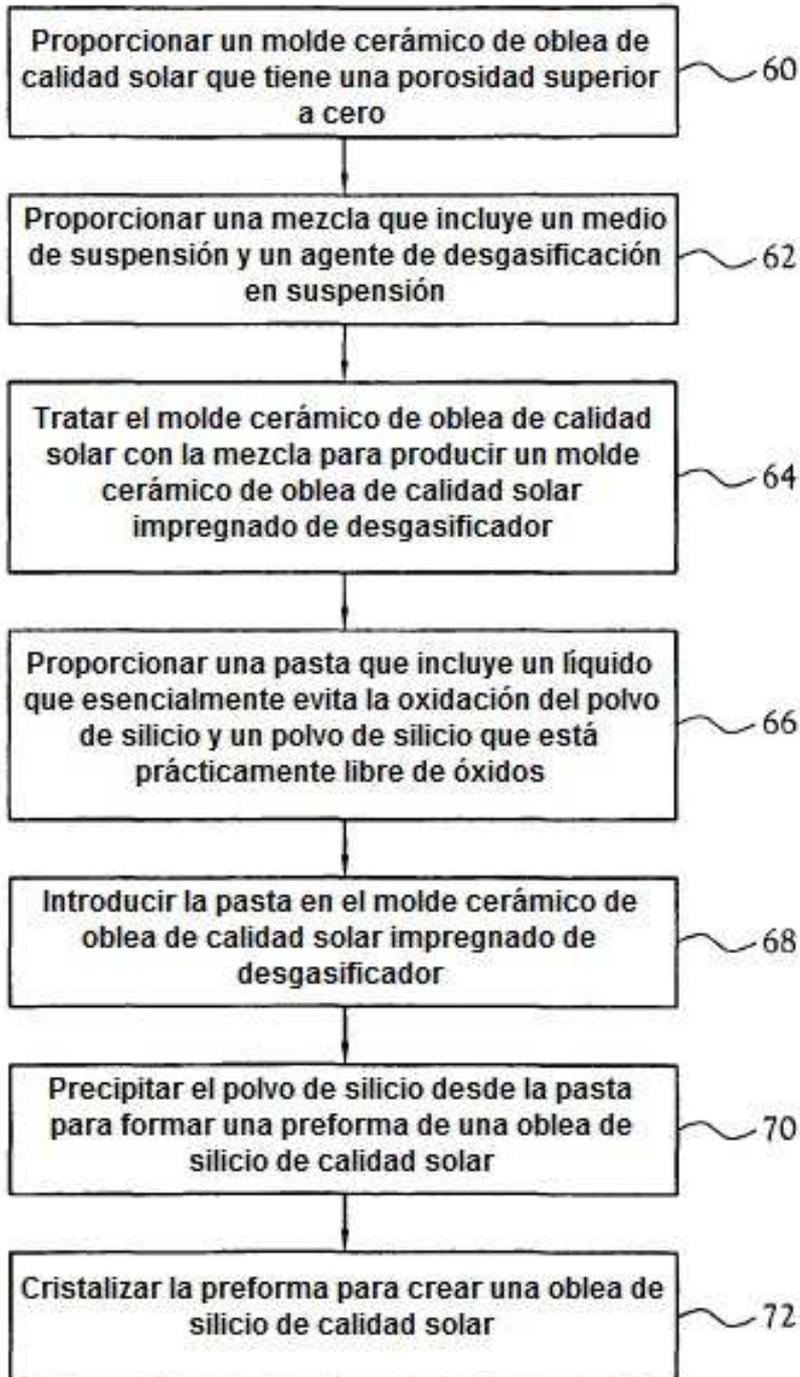


Fig.4

