

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 382**

51 Int. Cl.:

C30B 19/02 (2006.01)

C30B 11/00 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

C30B 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2011 E 11845655 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2647032**

54 Título: **Fabricación de cuerpos semiconductores a partir de material fundido utilizando una chapa de interposición auto-sostenida**

30 Prioridad:

01.12.2010 US 418699 P

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

28.06.2016

73 Titular/es:

**1366 TECHNOLOGIES INC. (100.0%)
6 Preston Court
Bedford, MA 01730, US**

72 Inventor/es:

**JONCZYK, RALF y
SACHS, EMANUEL M.**

74 Agente/Representante:

MANRESA VAL, Manuel

ES 2 575 382 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

Fabricación de cuerpos semiconductores a partir de material fundido utilizando una chapa de interposición auto-sostenida.

5 La solicitud de Direct Wafer describe un procedimiento para realizar cuerpos semiconductores, por ejemplo obleas para utilizar como células solares, directamente a partir de una masa fundida de material semiconductor. El análisis siguiente forma parte de la solicitud de Direct Wafer, con algunas modificaciones. En primer lugar se comentará un aspecto de un procedimiento de Direct Wafer en una implementación por lotes, en la que se realiza una chapa de semiconductor simple de una vez, tal como se representa esquemáticamente haciendo referencia a las figuras 1, 2 y 10 3A a 3D. Una masa fundida de semiconductor 13 se puede disponer en un crisol 11 realizado de grafito, sílice, carburo de silicio, nitruro de silicio y otros materiales que pueden contener un semiconductor fundido, tal como silicio. Los procedimientos que se dan a conocer en la presente memoria son aptos para la fabricación de distintos tipos de materiales semiconductores. Aunque se mencionará el silicio en la descripción, no se pretende que la 15 presente invención se limite a la utilización de únicamente silicio.

Tal como se representa en la figura 1, se crea una cámara de distribución 1, por ejemplo, mecanizando una cavidad 3 en un bloque de grafito. Se fija una chapa fina 5 de grafito u otro material apto a la parte inferior de la cámara de distribución 1. Dicha chapa presenta preferentemente un grado aceptable de permeabilidad a los gases (presentando un nivel elevado de porosidad y/o siendo relativamente fina). Preferentemente, la cámara de 20 distribución se realiza con el grafito menos poroso (u otro material apto) disponible. Se puede realizar asimismo la cámara de distribución de cerámica no porosa. En la presente memoria se hará referencia a la chapa fina 5 como chapa moldeada. Se aplica aspiración por vacío en el orificio 7. Haciendo referencia ahora a la figura 3A, el conjunto 8 se pone en contacto con la superficie 15 de la masa fundida 13. El conjunto permanece en contacto con la masa fundida durante un período de tiempo predeterminado, probablemente de aproximadamente 1 segundo. La cantidad de tiempo en contacto entre el conjunto y la masa fundida variará en función de factores que comprenden, pero sin limitarse a los mismos, la temperatura de la masa fundida, la temperatura de la chapa moldeada, el espesor de la 25 chapa moldeada y el espesor pretendido de la chapa de silicio a fabricar. La chapa de silicio se congela en la chapa moldeada, tal como se representa en la figura 3B. El procedimiento es, de este modo, una transferencia de calor transitoria que tiene como resultado el enfriamiento de la masa fundida de silicio 13 hasta la temperatura de fusión y a continuación se extrae el calor de fusión, obteniéndose la formación 19 de silicio sólido en la chapa moldeada. En general, por lo menos una parte de la chapa moldeada se debe encontrar a una temperatura inferior a la temperatura de congelación, durante por lo menos una parte del tiempo en que la chapa moldeada entra en contacto con el material fundido. Tomando el silicio como ejemplo, el punto de congelación/fusión es de 1412 °C). Los 30 intervalos útiles para conservar la chapa moldeada para utilizar con silicio como semiconductor pueden estar comprendidos entre la temperatura ambiente y cualquier temperatura inferior al punto de congelación/fusión.

El principal propósito del vacío es provocar que la chapa de silicio 19 se fije temporalmente a la chapa moldeada 5. Es útil que la chapa de silicio 19 se pueda retirar fácilmente de la chapa moldeada 5 una vez se ha formado la chapa 40 de silicio. Es muy útil que la chapa de silicio caiga por sí sola. Sin embargo, resulta muy importante que, cuando se forma la chapa de silicio, esta se adhiera a la chapa moldeada 5. El vacío 17 cumple dicho objetivo. Sin el vacío, cuando la chapa moldeada se retira tras estar en contacto con el silicio fundido 13 durante el período apropiado, el silicio solidificado 19, permanecerá probablemente detrás de la parte superior 15 de la masa fundida y, a continuación se volverá a fundir. De hecho, se necesita una adherencia significativa para retirar la chapa de silicio solidificada 19 de la masa fundida 13 puesto que la tensión superficial del silicio fundido mantiene presionada la 45 chapa de silicio 19.

Una vez transcurrido el período indicado, se retira el conjunto 8 de la masa fundida 13, que ahora lleva consigo la chapa de silicio 19 unida al mismo, tal como se representa en la figura 3C. Por último, en la figura 3D, se elimina el 50 vacío 17 y se puede separar la chapa de silicio 19 de la chapa moldeada 5. Al eliminar el vacío 17 la chapa de silicio 19 caerá por sí misma. Sin embargo, una cierta adherencia residual puede impedir que se desprenda la chapa.

La chapa moldeada de grafito 5 presenta una porosidad que permite una aspiración suficiente para alcanzar el objetivo de adherir la chapa de silicio 19. Existe una gran variedad de calidades de grafito, que abarcan una gran 55 diversidad de porosidades. Por lo tanto, existen muchas opciones aptas.

La porosidad de la chapa moldeada 5 debe no ser tan grande como para permitir que el silicio fundido 13 entre en los poros, por lo que resulta difícil o imposible liberar la chapa de silicio 19. Dos factores independientes se combinan para evitar que el silicio entre en los poros finos. En primer lugar, la tensión superficial del silicio fundido 60 es demasiado elevada para permitir que se infiltre en los poros finos (de un material no humectante). En segundo lugar, el silicio empieza a congelarse rápidamente al entrar en contacto con la chapa moldeada y dicha congelación se producirá con especial rapidez en la zona superficial superior con la relación de volumen que presenta un poro fino. El segundo factor se produce incluso en el caso de un material húmedo.

El análisis anterior se refiere a la utilización de una superficie fundida a aproximadamente la presión atmosférica. Resulta asimismo posible, y se comenta en las solicitudes de Direct Wafer, utilizar una superficie fundida a una presión superior a la atmosférica.

5 Es muy importante la interfaz entre la superficie de conformación y el semiconductor fundido y, posteriormente, la oblea solidificada. Resulta ventajoso que dicha interfaz de conformación se separe limpiamente cuando disminuya el vacío que se aplica a la chapa moldeada. Además, es útil si permite un cierto deslizamiento entre la oblea y la chapa moldeada, en particular cuando la oblea se enfría y se encoge de un modo distinto a la chapa moldeada. Es asimismo ventajoso que la interfaz de conformación permita el crecimiento de granos grandes evitando una nucleación rápida de una pluralidad elevada de granos. Para realizarlo, la no porosa puede ser de tal índole que permita un sub-enfriamiento de la masa fundida, al mismo tiempo que se mantiene una baja predisposición a formar núcleos de granos, por ejemplo, proporcionando en dicha interfaz un material con una baja predisposición a formar núcleos de granos. Además, resulta útil controlar la transferencia de calor en toda la interfaz para intervenir en el tamaño del grano formado en la oblea de semiconductor. Por ejemplo, la disminución del flujo térmico en la interfaz proporciona tiempo para que los granos nucleados crezcan lateralmente, obteniéndose de este modo unos tamaños de grano superiores. La naturaleza de dicha interfaz se debe obtener y modificar de un modo muy controlado, a fin de que las obleas posteriores que se conformen presenten unas propiedades similares. Se puede controlar asimismo a naturaleza de dicha interfaz de conformación teniendo en cuenta factores económicos para que se pueda implementar en un entorno de producción realista.

20 Se considera que la patente US 3.903.841 es una técnica anterior adecuada para la presente invención y da a conocer un montaje para sujetar sustrato de oblea que, mientras se sumerge en una disolución nutritiva apropiada, gira la oblea en un plano horizontal y facilita el recubrimiento de una película fina de material magnético en únicamente un lado de la oblea. El montaje comprende un soporte que puede ser una cara circular plana o ligeramente cóncava cuyo diámetro es sustancialmente idéntico al de la oblea. La cara del soporte presenta unas aberturas en la zona central realizadas a lo largo de su espesor. Cuando la cara entra en contacto con la oblea, se cubren dichas aberturas, lo que permite reducir la presión en la parte central tubular del soporte extrayendo aire de la misma mediante un tubo de conexión vertical. La presión reducida crea unas fuerzas en la oblea que fijan la misma al soporte. La zona central de la cara del soporte puede ser ligeramente cóncava pero la zona periférica de la cara del soporte debe ser sustancialmente plana. Se conecta el soporte a un tubo vertical cuyo extremo superior se sujeta a su vez a un mandril. Se conectan una bomba de vacío y un motor apropiado al mandril que traslada la rotación de salida del motor y la presión reducida desde la bomba hasta el soporte del sustrato.

35 En el documento WO 2010/104838 se proporcionan técnicas relacionadas. En el mismo, se aplica una diferencia de presiones en una chapa moldeada y en la misma se conforma una oblea de semiconductor (por ejemplo, de silicio). La disminución de la diferencia de presiones permite que se suelte la oblea. La chapa moldeada puede presentar una temperatura inferior a la de la masa fundida. Se extrae el calor casi exclusivamente a través del espesor de la oblea de conformación. La interfaz entre líquido y sólido es sustancialmente paralela a la chapa moldeada. La temperatura del cuerpo que se está solidificando es sustancialmente uniforme en toda su anchura, lo que tiene como resultado unas tensiones y una densidad de dislocación inferiores, y una calidad cristalográfica superior. La chapa moldeada debe permitir la circulación de gases a través de la misma. Se puede introducir la masa fundida en la chapa del siguiente modo: poniendo en contacto toda la zona con la parte superior de la masa fundida; atravesando una zona de contacto parcial de la masa fundida con la chapa moldeada, tanto si es horizontal como vertical, o se encuentra en medio; y mediante la inmersión del molde en una masa fundida. Se puede controlar el tamaño del grano de diversos modos.

SUMARIO DE LA INVENCION

50 La presente invención se define mediante la reivindicación del procedimiento 1 y la reivindicación del montaje 14. La invención de procedimientos que se dan a conocer en la presente memoria emplea una chapa a la que se hace referencia en la presente memoria como chapa de interposición para utilizar en la realización de cuerpos semiconductores, por ejemplo de silicio, para utilizar por ejemplo en una célula solar. Es auto sostenida, muy fina, flexible, porosa y puede resistir el ambiente químico o térmico de los semiconductores fundidos, tal como el silicio, sin que se produzca una degradación significativa. Se realiza normalmente de un material cerámico, tal como sílice, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, oxicarbonuro de silicio, carbonitruro de silicio, oxicarbonitruro de silicio y otros, tal como se comentará posteriormente. Se dispone entre la superficie de conformación de una chapa moldeada y el material fundido a partir del cual se conformará el cuerpo de semiconductor. Se puede fijar a la estructura del cabezal que soporta la chapa moldeada con su superficie de conformación o fijarse en la superficie de la masa fundida. La composición de la chapa de interposición ayuda a impedir la nucleación del grano, que produciría unos tamaños de grano relativamente grandes. Ayuda asimismo a limitar el flujo térmico de la masa fundida, que controla el ritmo de solidificación del cuerpo de semiconductor. Activa también la separación del cuerpo de semiconductor de la superficie de conformación. Puesto que es auto sostenida, se puede realizar antes de utilizarse y, por lo tanto, se pueden analizar y comprobar sus propiedades, con lo que se obtiene un nivel elevado de fiabilidad y reproducibilidad entre un cuerpo solidificado y el siguiente. Asimismo, la utilización de una chapa de interposición auto sostenida permite un mayor control de los factores mencionados en el presente párrafo que se pueden considerar con otros productos que no son auto sostenidos para que realicen unas funciones similares. Una

chapa de interposición forma parte asimismo de la presente invención. Puesto que es auto sostenida y no se adhiere a la superficie de conformación, se reducen o no se producen los problemas de desajuste de los coeficientes de dilatación térmica, ya que la chapa de interposición y el cuerpo de semiconductor pueden dilatarse y contraerse libremente con una relativa independencia de la superficie de conformación. Además, el cuerpo de semiconductor conformado puede soltarse con relativa libertad de su unión con la superficie de conformación, ya que la chapa de interposición impide la adherencia del cuerpo de semiconductor a la superficie de conformación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS DEL DIBUJO

La figura 1 es una representación esquemática de una cámara de distribución conocida y de una chapa moldeada refractaria para utilizar con la presente invención;

la figura 2 es una representación esquemática de dicha cámara de distribución conocida y de una chapa moldeada refractaria 35 que presenta una superficie texturizada 9;

las figuras 3A, 3B, 3C y 3D son una representación esquemática de las etapas de un procedimiento conocido que se utilizan en una cámara de distribución tal como se representa en la figura 1, y:

la figura 3A representa una chapa moldeada refractaria en contacto con la superficie de la masa fundida;

la figura 3B representa un cuerpo de semiconductor realizado en la chapa moldeada;

la figura 3C representa el montaje de la cámara de distribución y la chapa moldeada retirado de la masa fundida; y

la figura 3D representa el cuerpo de semiconductor conformado liberado de la chapa moldeada al eliminarse el vacío de la cámara de distribución;

las figuras 4A a 4G representan esquemáticamente una secuencia de etapas que utiliza una chapa de interposición de la presente invención, fijada a una chapa moldeada, sujetando sus bordes, a medida que la chapa moldeada avanza hacia el material fundido, y:

la figura 4A representa una chapa de interposición fijada a una superficie de conformación con su centro colgando y separada de la superficie de conformación;

la figura 4B representa la primera chapa de interposición en contacto con la superficie fundida;

la figura 4C representa la chapa de interposición en contacto con la superficie fundida en toda la zona de la chapa;

la figura 4D representa la primera chapa de interposición en contacto con la superficie posterior de la chapa de interposición, alejada de la superficie fundida;

la figura 4E representa un cuerpo de semiconductor conformándose en la chapa de interposición;

la figura 4F representa la chapa moldeada y la superficie de conformación elevadas con respecto al material fundido, soportando el cuerpo de semiconductor en la chapa de interposición; y

la figura 4G representa la chapa de interposición separada de la superficie de conformación, soportando todavía el cuerpo de semiconductor solidificado;

las figuras 5A a 5D representan esquemáticamente una secuencia de etapas que utiliza una chapa de interposición de la presente invención, fijada a una chapa moldeada, con unos medios no representados, para utilizar con un crisol que presenta una pared que es relativamente inferior a la otra pared, a medida que la chapa moldeada avanza hacia el material fundido, y:

la figura 5A representa una chapa de interposición fijada a, y en contacto con, una superficie de conformación sustancialmente en toda su extensión;

la figura 5B representa la primera chapa de interposición en contacto con la superficie fundida en un menisco encima de la pared relativamente inferior;

la figura 5C representa la chapa de interposición y la chapa moldeada más avanzadas en la dirección de la flecha M con una extensión significativa del semiconductor solidificado en la chapa de interposición; y

la figura 5D representa un cuerpo de semiconductor completamente conformado en la chapa de interposición y el crisol alejado del montaje de la chapa moldeada;

las figuras 6A a 6C representan esquemáticamente imágenes digitales de microfotografías, que ilustran una gama de porosidades y configuraciones de poros y de fondos firmes sólidos de una chapa de interposición de la presente invención, y:

la figura 6A representa una chapa de interposición menos porosa;

la figura 6B representa una chapa de interposición moderadamente porosa; y

la figura 6C representa una chapa de interposición más porosa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los materiales para realizar diversas funciones, importantes en la formación de la interfaz, tales como reducir la nucleación, controlar el crecimiento de los granos y afectar al flujo térmico, entre otras funciones, se pueden proporcionar en forma de chapa auto sostenida de un material apto, comprendiendo, pero sin limitarse a los mismos: sílice, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, oxicarbonuro de silicio, carburo de silicio, carbonitruro de silicio, oxicarbonitruro de silicio, entre otros. Otros pueden comprender alúmina, mullita y nitruro de boro. En general, se puede utilizar cualquier material cerámico que pueda resistir las temperaturas sin degradarse. Se pueden utilizar materiales cerámicos que contienen materiales que perjudican la formación de cuerpos de semiconductor, tales como la alúmina, la mullita y el nitruro de boro, siempre que las condiciones sean tales que no salga una cantidad significativa de dicho material perjudicial del material cerámico ni entre en el cuerpo del semiconductor. Se hará referencia en la presente memoria a dicha chapa como chapa de interposición.

Se entiende por auto sostenido un cuerpo que se realiza algún tiempo antes de su uso pretendido y que se puede manipular independientemente, sin necesidad de tener que fijarse a un sustrato más grande o más macizo o más rígido. Un cuerpo auto sostenido puede presentar una chapa relativamente fina en una o más superficies y, asimismo, soportar en una o más superficies otros elementos pequeños accesorios, tales como revestimientos locales, gérmenes, etc.

Dicha chapa de interposición del material se realiza en una operación independiente, con anterioridad, y dicha chapa de interposición se utiliza a continuación para realizar los cuerpos de semiconductores, tales como obleas, mediante procedimientos similares a los que se dan a conocer en la solicitud de patente incorporada de Direct Wafer, pero mejorados con la utilización de una o más chapas de interposición, tal como se comenta en la presente memoria. En la presente memoria se hace referencia a dichas chapas como chapas de interposición o, en algunos casos, simplemente como chapa. Un cuerpo de semiconductor característico que se puede realizar con dichos procedimientos es una oblea de silicio para utilizar en células solares. Sin embargo, se pueden realizar otros semiconductores y otros cuerpos.

Tal como se representa en la figura 4A, se puede disponer una chapa moldeada de interposición entre la superficie de conformación 46 de la chapa moldeada 45 y la superficie 415 del material fundido 413. Se puede disponer fijada a la chapa moldeada, tal como se representa haciendo referencia a las figuras 4A a 4G, en una forma de realización en la que se sujeta y se cuelga (tal como se comentará posteriormente), o tal como se representa en las figuras 5A a 5D, en una forma de realización que se fija más fuertemente en su extensión; o se puede depositar en una superficie fundida 415 (no representada).

La chapa de interposición es porosa a fin de permitir que la diferencia de presiones, tal como el vacío del procedimiento de conformación de obleas que se da a conocer en la solicitud de patente de Direct Wafer, se propague a través de la chapa de interposición hacia el silicio fundido. El grado de porosidad de la chapa de interposición puede variar ampliamente desde solamente un 1 por ciento hasta aproximadamente un 80 %. El diámetro de las aberturas puede estar comprendido entre 1 micrómetro y aproximadamente 100 micrómetros. Incluso una abertura de un tamaño de aproximadamente 100 micrómetros no permitirá que el silicio fundido entre en contacto con la cara 46 de la chapa moldeada porosa 45. Ello ocurre especialmente porque los materiales utilizados en la chapa de interposición, que está destinada a proporcionar únicamente una nucleación mínima de los granos, no se han humedecido bien con el silicio fundido. Resulta ventajoso que por lo menos una cierta parte de la porosidad sea una porosidad abierta, para permitir la conducción del vacío a través de la chapa moldeada y la chapa de interposición. Es posible asimismo que todos los poros estén abiertos. Puede existir un cierto grado de porosidad de alvéolos cerrados.

Las figuras 6A a 6C representan un intervalo de porosidades y configuraciones de los poros y el fondo firme. La figura 6A representa una chapa de interposición relativamente menos porosa, si se compara con las otras mostradas. La figura 6B representa una chapa de interposición moderadamente porosa y la figura 6C representa una chapa de interposición más porosa.

En el presente documento, cuando se hace referencia al espesor de una chapa, se refiere al espesor de la chapa equivalente de masa o espesor ME. Es decir, una chapa porosa de 5 micrómetros de espesor ME presenta un equivalente de masa de un espesor de una chapa espesa completamente densa de 5 micrómetros con la misma superficie y realizada con el mismo material. Por ejemplo, si la porosidad de la chapa es del 50 % y el espesor ME es de 5 micrómetros, la extensión del espesor (desde el pico máximo de una superficie hasta el pico máximo de la superficie del anverso) de la chapa es de por lo menos 10 micrómetros. Normalmente, la chapa de interposición auto sostenida presenta un espesor ME comprendido entre 1 y 10 micrómetros, prefiriéndose que esté comprendido entre 2 y 5 micrómetros.

Preferentemente, la chapa de interposición presenta un grado significativo de flexibilidad, debido a su naturaleza fina y porosa. Dicha flexibilidad facilita la manipulación y la sujeción de la chapa de interposición y sirve para los objetivos de utilización de la chapa de interposición, entre ellos permitir que la chapa de interposición se conforme bien en la superficie de conformación de la chapa moldeada y la superficie de la masa fundida líquida y, en algunos modos, permitir que la chapa de interposición adquiera una curvatura prevista, tal como se describe posteriormente. En algunas formas de realización, la chapa debe poder alcanzar un radio de curvatura de 2 mm. Por ejemplo, tal

como se representa en la figura 4A, la abrazadera 434 fija una chapa de interposición 430 que adquiere una curvatura con un radio de aproximadamente 2 mm. En algunos casos, un grado mínimo de flexibilidad no resulta crítico. Debido a la delgadez de la chapa de interposición destinada a otros objetivos, será intrínsecamente suficientemente fina para conformar la forma de la superficie de conformación o zonas no niveladas de una superficie fundida. Sin embargo, para algunos propósitos, tales como la sujeción mostrada anteriormente, puede resultar importante y muy ventajoso un grado elevado de flexibilidad.

Tal como se representa esquemáticamente haciendo referencia a las figuras 5A a 5D, que posteriormente se comentan más detalladamente, se puede adherir una chapa de interposición 530 a la chapa moldeada porosa 55, por ejemplo, utilizando el vacío realizado a través de la chapa moldeada porosa 55. Alternativamente, tal como se representa esquemáticamente haciendo referencia a las figuras 4A a 4C, se puede soportar una chapa de interposición 430 desde la chapa moldeada 45 o desde el cabezal 41 que soporta la chapa moldeada 45, sujetando sus bordes con abrazaderas 434. Se pueden utilizar simultáneamente la sujeción y unos medios de unión secundarios, tales como el vacío 47. En función del material cerámico seleccionado, se puede cargar eléctricamente la ch de interposición y se puede utilizar dicha carga para unir la chapa de interposición con la superficie de conformación de la chapa moldeada. Dicha unión electrostática de la chapa de interposición con la chapa moldeada se puede realizar fijando una cierta tensión eléctrica en la chapa moldeada.

La chapa moldeada con la chapa de interposición unida se desciende hacia la masa fundida, se produce el vacío y se solidifica una chapa de oblea de semiconductor. Se pueden retirar la chapa moldeada y la chapa de semiconductor solidificada de la masa fundida de diversos modos similares a los descritos en la solicitud de Direct Wafer, pero mejorados significativamente por la presencia de una chapa de interposición. Se puede iniciar el vacío antes de que la chapa de interposición entre en contacto con la masa fundida o después de que entre en contacto con la masa fundida.

Tal como se representa haciendo referencia a la figura 4A, cuando la chapa porosa 430 se soporta desde la chapa moldeada 45 por sus bordes, se puede permitir que cuelgue la chapa de interposición 430. De este modo, tal como se representa en la figura 4B, el centro libre 432 de la chapa de interposición 430 entra inicialmente en contacto con la superficie 415 de la masa fundida al mismo tiempo que se libera la superficie de conformación 46 de la chapa moldeada porosa 45. Sigue descendiendo la chapa moldeada 45 y a continuación, tal como se representa en las figuras 4C y 4D, presiona la superficie posterior 433 de la chapa de interposición 430 y, tras ello, alcanza el nivel de la superficie 415 de la masa fundida 413. Ello da tiempo para que la chapa de interposición 430 se caliente y se humedezca con la masa fundida 413 antes de que entren en contacto la superficie de conformación 46 de la chapa moldeada 45 con la superficie posterior 433 de la chapa de interposición. Por ejemplo, con una chapa moldeada porosa 45 de 160 x 160 mm, la chapa de interposición 430 se puede sujetar por dos bordes de tal modo que el centro 432 de la chapa de interposición cuelgue desde la superficie de conformación 46 aproximadamente 10 mm. Ello requiere que la chapa de interposición pueda alcanzar un radio de curvatura de aproximadamente 325 mm o inferior. Se puede aplicar una gran variedad de configuraciones a una chapa de interposición que pueda alcanzar un radio de curvatura de aproximadamente 150 mm. Con un grado de flexibilidad incluso superior, por ejemplo que puede adquirir un radio de curvatura de aproximadamente 2 a 3 mm, se puede sujetar una chapa de interposición con una abrazadera de diámetro pequeño tal como se representa con la referencia numérica 434 en la figura 4A a 4G.

En otra forma de realización, no representada en una figura separada, se puede disponer la chapa de interposición en la superficie del silicio fundido independientemente de la chapa moldeada y con tiempo suficiente para que la chapa de interposición se humedezca (normalmente unos segundos). El mecanismo que permite disponer la chapa de interposición puede ser similar al representado en la figura 4A con la referencia numérica 434, con la excepción de que el elemento en contacto con la abrazadera 434 no es el cabezal 41 que soporta la chapa moldeada 46. En cambio, puede ser un elemento separado, normalmente que forme parte de una estructura mayor, que presente una zona abierta suficientemente grande para que el conjunto del cabezal completo 41 y la chapa moldeada 46 se puedan introducir a través de la abertura para entrar en contacto con la cara posterior 433 de la chapa de interposición 430, una vez se ha depositado en la superficie fundida 415. Pero la función mecánica sería la misma, sustancialmente acoplarse con la abrazadera 434 para soportar la chapa de interposición 430 cuando se aproxime a la superficie de la masa fundida y, a continuación, entrar en contacto con la masa fundida y asimismo opcionalmente fijar la misma en su posición mientras se encuentra sobre la masa fundida. A continuación se puede descender la superficie de conformación porosa hacia la chapa de interposición, a través de la abertura de la estructura, y tras ello todo se puede apartar de la masa fundida. Una vez se ha descubierto que la humectación previa de la chapa de interposición permite obtener unos tamaños de grano superiores, resulta conveniente.

Se pueden utilizar otros aparatos y procedimientos para disponer la chapa de interposición en la masa fundida antes de que la superficie de conformación entre en contacto con la parte superior de la chapa de interposición. Probablemente resultará importante disponer de un mecanismo que permita liberar la chapa de interposición de su agarre y garantizar que la chapa de interposición permanece en su posición o se somete a un movimiento controlado de tal modo que la chapa moldeada se pueda soportar con fiabilidad encima de la misma. Se puede aplicar la chapa de interposición a la masa fundida de tal modo que en primer lugar entre en contacto con la masa fundida en una zona próxima a su centro, tal como se representa con la referencia numérica 432 de la figura 4B, que generalmente

es una línea. La zona de contacto puede ser una línea, por ejemplo paralela a un borde o diagonal de la chapa o una zona muy pequeña.

5 Si la chapa de interposición se deposita mediante un dispositivo de deposición dedicado, o se sujeta al cabezal 41 que soporta asimismo la chapa moldeada 45, un procedimiento para realizar obleas utilizando una chapa de interposición consiste en disponer la chapa de interposición en la superficie de la masa fundida entre aproximadamente 0,1 s y aproximadamente 5 s antes de que la superficie de conformación se acople con la superficie posterior de la chapa de interposición, encarada hacia el lado contrario de la masa fundida.

10 Tal como se representa en la figura 4E, la superficie de conformación 46 se encuentra al vacío 47 o bajo una diferencia de presiones inferior a la de la superficie de la masa fundida, y forma núcleos para un número relativamente bajo de granos en el silicio sub-enfriado 434 que se encuentra en contacto con la chapa de interposición 430. (Un líquido sub-enfriado permanece en estado líquido incluso a una temperatura inferior a su temperatura de fusión). En función del tiempo de permanencia posterior en la masa fundida, la temperatura de la superficie de conformación, el nivel de vacío y las propiedades térmicas de la chapa moldeada, crece un cuerpo de semiconductor 419, tal como una oblea del espesor pretendido con granos grandes (se han observado de hasta 10 mm).

20 A continuación, tal como se representa en la figura 4F, se retira de la masa fundida 413. Se han observado relaciones de aspecto de hasta 50:1 para el tamaño de grano y el espesor con un tamaño de grano 50 veces el espesor de la oblea. La oblea se acopla con la superficie de conformación de chapa moldeada 46 con la chapa de interposición 430 interpuesta entre las mismas, al vacío 47. Se produce poca o ninguna interacción química o mecánica entre el cuerpo de la oblea 419 y la superficie de conformación 46. No entran en contacto entre sí.

25 Tal como se representa en la figura 4G, la chapa de interposición 430 se aleja y se separa de la superficie de conformación 46, con el cuerpo de semiconductor conformado 419 todavía unido a la chapa de interposición 430, al reducir o eliminar la presión de vacío 47. A continuación, se separa la chapa de interposición 430 del cuerpo solidificado 419, tal como se describe posteriormente, normalmente en un procedimiento independiente posterior.

30 Otra disposición para utilizar la chapa de interposición se representa esquemáticamente haciendo referencia a las figuras 5A a 5D. Un crisol 511 presenta por lo menos un lado que es relativamente inferior 542 a los otros. Se dispone el material fundido hasta una profundidad tal que un menisco 515 se aloja encima del nivel de la pared inferior 542. La pared inferior se puede extender por toda la anchura del crisol (en una dimensión en la página) o puede ocupar únicamente una zona parcial de dicha anchura, con partes más elevadas de la pared en las esquinas. Las paredes del crisol, no representadas, debido a su sección, se pueden inclinar desde la parte inferior en la esquina que forma con la pared inferior 542, o pueden ser completamente elevadas. La chapa moldeada 55 forma parte del conjunto del cabezal 51, que se puede desplazar en la dirección de la flecha M (hacia la izquierda, tal como se representa), hacia y a lo largo del crisol 511. Se fija una chapa de interposición 530 a la superficie de conformación de la chapa moldeada 55 con unos medios no representados, pero realizan una aspiración gracias a la diferencia de presiones 57, tal como en el vacío, tal como se ha descrito anteriormente. A medida que el conjunto del cabezal 51 se desplaza en la dirección de la flecha M, normalmente se puede mover el crisol 511 para que se encuentre con el mismo, en la dirección de la flecha C. Dicho movimiento recíproco ayuda a reducir las irregularidades en la oblea conformada en la zona de contacto inicial.

45 La figura 5B representa esquemáticamente el líquido fundido 513 desplazándose hacia la chapa moldeada 55 y asimismo a lo largo de la dirección de la flecha M. La materia fundida entra directamente en contacto con la chapa de interposición 530 y no entra en contacto con la chapa moldeada 55, de un modo similar al comentado anteriormente con respecto a la forma de realización descrita haciendo referencia a las figuras 4A a 4G.

50 La figura 5C representa la situación un poco más tarde, con el cuerpo de semiconductor solidificado 519 conformándose en la chapa de interposición 530. La chapa moldeada 55 es relativamente más fría que la materia fundida, de nuevo del mismo modo que se comenta posteriormente, y de este modo se inicia la nucleación de los granos.

55 La figura 5D representa la situación un poco más tarde, en la que un cuerpo completamente conformado 519 se une a la chapa de interposición 530. El crisol 511 se ha desplazado en la dirección de la flecha C de la figura 5D (descendente, tal como se representa), alejándose del cuerpo de semiconductor, al mismo tiempo que el conjunto de cabezal 51 continúa desplazándose en la dirección de la flecha M. De este modo, el cuerpo de semiconductor se ha soltado de la materia fundida 513. Dicho movimiento recíproco ayuda a reducir las irregularidades en la oblea conformada en la zona del contacto final.

65 La chapa de interposición y el cuerpo de semiconductor conformado se pueden retirar de la chapa moldeada 55 terminando el vacío 57, y otros medios, tal como se ha comentado anteriormente. A continuación se puede retirar la chapa de interposición de cualquier adherencia con el cuerpo de semiconductor, tal como mediante ataque químico u otros medios, tal como se comenta.

Se puede utilizar un crisol tal como se representa en la figura 5A en un procedimiento para realizar cuerpos de semiconductor, tal como se muestra y describe en la solicitud de patente de Direct Wafer, sin utilizar una chapa de interposición. Se puede utilizar de un modo similar al de los crisoles representados las figuras 4A y 5A de la solicitud de Direct Wafer.

5 Resulta posible asimismo disponer una chapa de interposición vertical en un crisol, de un modo similar al representado haciendo referencia a las figuras 4A a 4G, pero en vez de permitir que la chapa de interposición cuelgue de la chapa moldeada, se puede sujetar más firmemente a la superficie de conformación 46, de un modo similar a la disposición representada en la figura 5A, en la que la chapa de interposición 530 se sujeta firmemente
10 enfrentada a la superficie de conformación de la chapa moldeada 55.

Se ha descubierto que la chapa de interposición provoca un aumento drástico del tamaño de grano del cuerpo de oblea de silicio conformado, si se compara con un procedimiento que utiliza una superficie de conformación compuesta sobre todo de un material tal como el grafito o el SiC, que son aptos para otros propósitos pero que
15 provocan un nivel elevado de nucleación. Mediante este procedimiento se pueden producir rutinariamente granos de un tamaño medio superior a 1 mm, con granos más grandes de hasta aproximadamente 5 mm. La chapa de interposición no favorece la nucleación y, en algunos casos, inhibe la misma. Ello permite el sub-enfriamiento de la masa fundida sin nucleación.

20 Otra ventaja clave de la utilización de dicha chapa de interposición es que la chapa de interposición permite separar limpiamente la superficie de conformación de la chapa moldeada. Fundamentalmente, para utilizar en una chapa de interposición, se puede utilizar cualquier material que no reaccione o se enlace con la superficie de conformación en cualquier grado sustancial durante el período de contacto para que se libere limpiamente de la superficie de conformación el cuerpo de semiconductor conformado. Se han utilizado SiO₂ y Si₃N₄ en chapas de interposición con
25 una superficie de conformación de grafito obteniéndose unos buenos resultados. Se considera que muchos materiales refractarios a las altas temperaturas funcionarán relativamente bien, siempre que se evite que el material del semiconductor fundido, tal como silicio, alcance la chapa de conformación.

Normalmente se espera que una chapa de interposición individual se utilice únicamente una vez. Se ha descubierto que en algunos casos es posible simplemente retirar la chapa de interposición del cuerpo de semiconductor conformado. Puesto que la chapa de interposición es muy fina, a menudo se puede retirar sin necesidad de aplicar tensión mecánica al cuerpo de semiconductor. En otros casos, la chapa de interposición se puede retirar del cuerpo de semiconductor mediante un ataque químico, utilizando preferentemente un producto químico decapante que no
30 ataque el cuerpo de semiconductor subyacente. La naturaleza de un único uso de la chapa de interposición proporciona un medio para un control excelente del proceso, ya que cada oblea conformada experimenta el mismo ciclo de conformación y no difiere de las obleas conformadas anteriormente debido a la maduración de la lámina de interposición. Sin embargo, puede ser asimismo posible utilizar una chapa de interposición individual determinada para realizar varias obleas.

40 Se puede utilizar asimismo una chapa de interposición en otras formas de realización similares a la descrita en la solicitud incorporada de Direct Wafer, pero mejorada significativamente al utilizar una chapa de interposición. Por ejemplo, se puede utilizar una chapa de interposición en las formas de realización verticales descritas haciendo referencia a las figuras 22A y 22B de las mismas.

45 Otra ventaja de utilizar dicha chapa de interposición es que se puede obtener una cantidad controlada de resistencia al flujo térmico desde el silicio fundido hasta la chapa moldeada, lo que ayuda a controlar el tamaño de grano. En general, un flujo térmico menor producirá unos tamaños de grano relativamente más grandes. Se puede cambiar el grado de resistencia al flujo térmico mediante el espesor, la composición y la rugosidad de la chapa de interposición. Las chapas de interposición relativamente más espesas proporcionan más resistencia al flujo térmico que las chapas
50 relativamente más finas. Una porosidad relativamente superior proporciona más resistencia al flujo térmico que un cuerpo menos poroso. La rugosidad de las superficies de la chapa de interposición se puede utilizar también para controlar el flujo térmico.

Otra ventaja de la utilización de una chapa de interposición es que al evitar una reacción química entre el silicio fundido y la superficie de conformación, se impide la adherencia de la oblea solidificada con la superficie de conformación. De este modo, se puede deslizar la interfaz entre la oblea solidificada con la chapa de interposición unida y la superficie de conformación. A medida que se enfría la oblea conformada y la superficie de conformación, se producen diferencias en la contracción entre la oblea conformada y la superficie de conformación. La chapa de interposición permite el deslizamiento entre la oblea conformada y la superficie de conformación, lo que evita que
60 dichas diferencias en la contracción provoquen tensiones importantes en la oblea que se está enfriando. De este modo, se reduce la formación de distorsiones y la introducción de tensiones en la oblea.

Una chapa de interposición simple realizada de una única materia puede un cierto número de las ventajas descritas anteriormente. Por ejemplo, una chapa simple de SiO₂ fundido puede impedir, y de este modo controlar, la transmisión térmica, permitiendo el deslizamiento y una liberación perfecta. Sin embargo, puede resultar ventajoso mezclar dos o más materias en una única chapa de interposición para aprovechar mejor las diversas ventajas de la

chapa de interposición. Por ejemplo, se ha descubierto que resulta útil una mezcla de nitruro de silicio y polvos de sílice con una única chapa de interposición. La SiO_2 permite la formación del cuerpo de semiconductor y proporciona un cierto grado de inhibición de la nucleación. El Si_3N_4 limita la contaminación por oxígeno del cuerpo de oblea conformado.

5 En otra forma de realización de un procedimiento de la presente invención, se pueden apilar chapas de interposición, presentando cada chapa de interposición la misma composición o composiciones distintas. Por ejemplo, resulta particularmente útil apilar dos o más chapas de interposición para garantizar una liberación perfecta. Asimismo, se puede disponer una chapa de interposición con mayoritariamente SiO_2 encarada al material semiconductor fundido y una chapa de interposición, encarada a la superficie de conformación, puede estar compuesta fundamentalmente de Si_3N_4 . Dichos dos materiales no se adhieren muy fuertemente entre sí y, de este modo, se puede realizar la separación del apilamiento entre los dos con relativa facilidad. Otro uso ventajoso de una pluralidad de chapas comprende utilizar una chapa principalmente para controlar las propiedades de la nucleación y la otra chapa principalmente para controlar (mediante retardante) la transmisión térmica. Por ejemplo, una chapa de interposición puede presentar una resistencia a la transmisión térmica relativamente superior a la de por lo menos otra chapa de interposición. De un modo similar, una chapa de interposición puede presentar una predisposición a la nucleación relativamente inferior a la de por lo menos otra chapa de interposición. La utilización de dos o más chapas de interposición proporciona asimismo por lo menos una interfaz adicional en la que se puede producir el deslizamiento de los cuerpos adyacentes a la interfaz, pudiendo utilizarse dicho deslizamiento para reducir los efectos perjudiciales del desajuste de los CTE (coeficientes de expansión térmica).

En algunos casos, tal como se muestra haciendo referencia a la figura 2, una chapa moldeada 35 puede presentar una superficie de conformación texturizada 9. Resulta posible utilizar una chapa de interposición con una superficie texturizada. Un procedimiento para realizarlo es proporcionar una chapa de interposición que por sí misma adquiera la misma forma texturizada que la superficie texturizada. Por ejemplo, para utilizar con la superficie de conformación ranurada 9, se puede proporcionar la chapa de interposición con una configuración estriada que encaje con las ranuras. Dichas chapas de interposición conformadas se pueden utilizar en cualquiera de las formas de realización mostradas, disponiendo verticalmente una chapa de interposición en un crisol, tal como se representa haciendo referencia a las figuras 4A a 4G, o en un crisol con una pared más baja, tal como se representa haciendo referencia a las figuras 5A a D.

Un procedimiento representativo de realización de una chapa de interposición consiste en empezar con partículas finas del material pretendido y utilizar un procedimiento de creación o deposición de una capa conocido en la técnica no relacionada del procesamiento cerámico, para realizar una capa fina que posteriormente se quema a una temperatura elevada para producir un cuerpo auto sostenido. Dichos procedimientos comprenden la pulverización sobre un sustrato, moldeo laminar y moldeo con barbotina. Dichas técnicas no resultan conocidas generalmente en la técnica de la realización de cuerpos de semiconductores. Las partículas pueden ser de forma esférica, equiaxial o plana. Para algunos propósitos, puede resultar ventajoso utilizar partículas aciculares. La técnica de deposición de capas puede consistir en crear una pasta de partículas en agua o en un disolvente orgánico y proceder a la pulverización, moldeo con barbotina o raspado de la pasta en un sustrato según procedimientos conocidos en la técnica del procesamiento cerámico. La pasta puede presentar dispersantes y modificadores transitorios de la reología tal como se conoce en la técnica. Las chapas de interposición conformadas, tal como se ha comentado anteriormente con respecto a una superficie de conformación texturizada 9, tal como la representada haciendo referencia a la figura 2, se pueden realizar mediante pulverización o moldeo con barbotina.

Si se utilizan partículas aciculares se obtiene menos contracción de la chapa de interposición cuando se está realizando, lo que facilita el mantenimiento de las tolerancias. Otra ventaja de una chapa de interposición realizada con partículas aciculares es que durante su utilización el contacto con el material semiconductor fundido y el enfriamiento posterior, se produce relativamente menos contracción que con las partículas con otras formas.

Normalmente, una chapa de interposición está compuesta por partículas que se han fundido o sinterizado entre sí.

En resumen, las propiedades convenientes de una chapa de interposición deben ser una porosidad hasta un grado apropiado, a fin de permitir una circulación de gases suficiente para pasar a través de la misma. Debe ser suficientemente resistente para ser auto sostenida; algo flexible (para mejorar la manipulación, sujeción, colgado y conformación para superficies no planas de la chapa moldeada y la superficie fundida); relativamente químicamente inerte durante el período de contacto con respecto al material fundido en un grado tal que no permita la introducción de más de una cantidad aceptable de impurezas de la chapa de interposición en el material fundido; térmicamente estable (refractario) hasta un grado suficiente para resistir la degradación en unos entornos térmicos y químicos de semiconductores fundidos, por ejemplo silicio. Asimismo, debe ayudar a inhibir la nucleación, impidiendo el flujo térmico y, posiblemente, mediante otros medios. Debe ser posible asimismo eliminar la chapa de interposición del cuerpo de semiconductor, con medios tanto químicos como mecánicos. Se deben poder conservar dichas propiedades a unas temperaturas relativamente elevadas del semiconductor fundido, tal como silicio. Normalmente, para utilizar con silicio, la chapa de interposición debe poder resistir aproximadamente 1400 °C y debe presentar menos de 5 ppm.

ES 2 575 382 T3

Para recalcar lo comentado anteriormente, los materiales aptos comprenden, pero sin limitarse a los mismos, sílice, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, oxicarburo de silicio, carburo de silicio, carbonitruro de silicio, oxicarbonitruro de silicio y otros. Otros pueden comprender alúmina, mullita, y nitruro de boro o materiales cerámicos que contienen boro. En general, se puede utilizar cualquier material cerámico que pueda resistir las temperaturas sin degradarse.

5 Se pueden utilizar materiales cerámicos que contienen materiales que perjudican la formación de cuerpos de semiconductor, tales como la alúmina, la mullita y el nitruro de boro, siempre que las condiciones sean tales que no salga una cantidad significativa de dicho material perjudicial ni entre en el cuerpo del semiconductor.

10 El nitruro de silicio es un material atrayente a partir del que se puede realizar una chapa de interposición. Puede resultar ventajoso proporcionar nitruro de silicio con una cierta cantidad de sílice para potenciar la unión del material. Sin embargo, puede resultar asimismo útil una composición de nitruro de silicio y óxido de silicio (tal como el monóxido de silicio o el dióxido de silicio)

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para realizar un cuerpo semiconductor (419) comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - a. proporcionar un material semiconductor fundido (413), que presenta una superficie (415);
 - b. proporcionar un molde poroso (45), que comprende una superficie de conformación (46);
 - c. proporcionar una chapa cerámica auto sostenida (430) entre la superficie de conformación (46) y el material fundido (413);
 - d. poner en contacto la superficie de conformación (46) con la chapa cerámica (430) y la chapa cerámica (430) con la superficie (415) del material fundido (413) durante un cierto período de contacto, de tal modo que un cuerpo (419) de material semiconductor (413) se solidifica en la chapa cerámica (430); y
 - e. retirar el cuerpo solidificado (419) del contacto con el material semiconductor fundido (413) mientras se encuentra todavía en contacto con la chapa cerámica (430), en el que la chapa cerámica (430) es porosa y preferentemente el grado de porosidad se encuentra comprendido entre el 1 por ciento y el 80 %.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

proporcionar un régimen de presión diferencial de tal modo que la presión en por lo menos una parte de la superficie de conformación (46) es inferior a la presión en la superficie del material fundido (415), de tal modo que, para por lo menos una parte de la duración del contacto, existe el régimen de presión diferencial.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de proporcionar por lo menos una parte de la superficie de conformación (46) a una temperatura inferior a la temperatura de fusión del material semiconductor (413) durante por lo menos una parte de la duración del contacto.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de disponer la chapa cerámica (430) la disposición de la chapa cerámica (430) en la superficie de conformación (46).

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además la etapa de sujetar la chapa cerámica (430) con la superficie de conformación (46).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, que comprende además la etapa de disponer por lo menos una chapa cerámica adicional entre la superficie de conformación (46) y el material fundido (413).

7. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además la etapa de sujetar la chapa cerámica (430) con la superficie de conformación (46) proporcionando un régimen de presión diferencial del tal modo que la presión en por lo menos una parte de la superficie de conformación (46) es inferior a la presión en una cara de la chapa cerámica (430) encarada hacia el lado contrario de la superficie de conformación (46).

8. Procedimiento según la reivindicación 1, seleccionándose la chapa cerámica (430), de entre el grupo que comprende:

silíce, nitruro de silicio, oxinitruro de silicio, oxicarbonuro de silicio, carburo de silicio, carbonitruro de silicio, oxicarbonitruro de silicio, alúmina, mullita y nitruro de boro.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, presentando la chapa cerámica (430) un espesor equivalente de masa comprendido entre 1 y 15 micrómetros, preferentemente entre 2 y 5 micrómetros.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, siendo la chapa cerámica (430) flexible, estando preferentemente la flexibilidad de la chapa cerámica (430) **caracterizada por** la capacidad de la chapa para curvarse hasta un radio inferior a 325 mm y más preferentemente inferior a 150 mm, y más preferentemente inferior a 2 mm, sin que se produzca rotura alguna.

11. Procedimiento según la reivindicación 1, presentando la chapa cerámica (430) unas aberturas con un diámetro comprendido entre 1 micrómetro y 100 micrómetros.

12. Procedimiento según la reivindicación 1, comprendiendo la chapa cerámica (430) material fundido.

13. Procedimiento según la reivindicación 1, presentando el material de la chapa cerámica (430) un potencial inferior para formar núcleos de granos del semiconductor (413) que el material de la superficie de conformación (46).

14. Conjunto que comprende:

- a. un molde poroso (45), que comprende una superficie de conformación (46);
- b. una chapa cerámica refractaria porosa auto sostenida (430) que presenta unas superficies primera y segunda, fijándose a la primera superficie para formar la superficie de conformación (46) del molde (45);
- c. fijado a la superficie segunda de la chapa cerámica (430), un cuerpo semiconductor (413) conformado directamente a partir de una cierta cantidad fundida de material semiconductor (413).

5

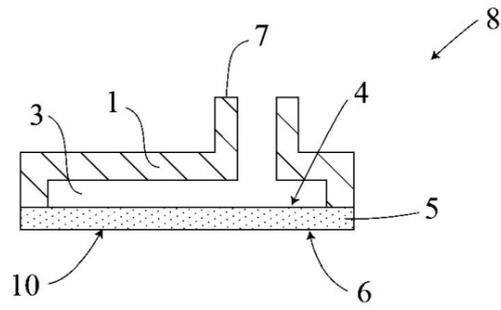


Fig. 1
(Técnica Anterior)

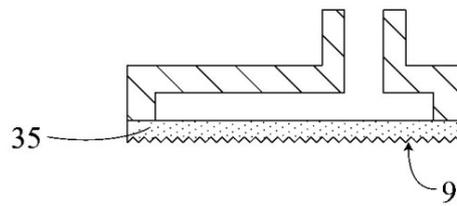


Fig. 2
(Técnica Anterior)

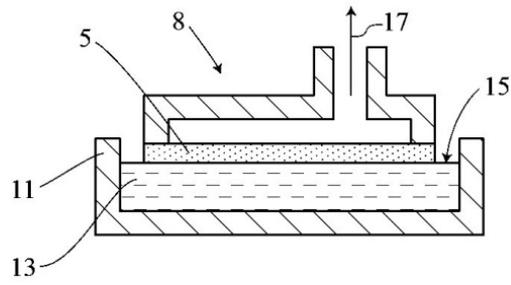


Fig. 3A
(Técnica Anterior)

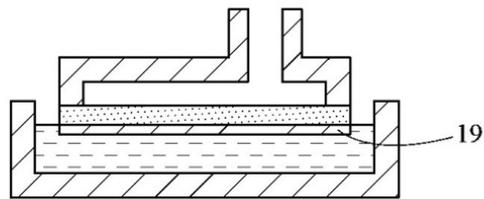


Fig. 3B
(Técnica Anterior)

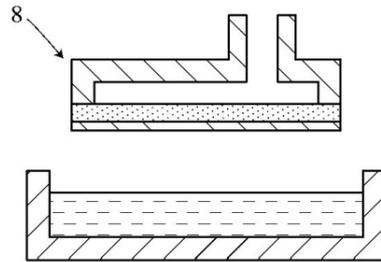


Fig. 3C
(Técnica Anterior)

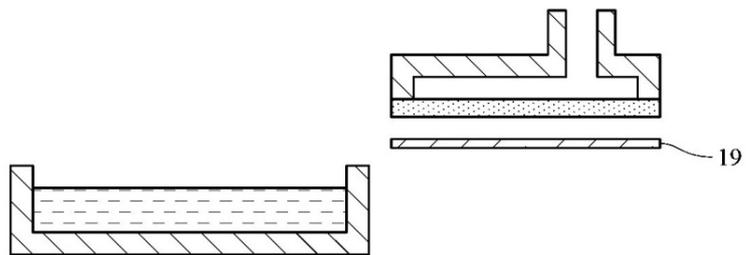


Fig. 3D
(Técnica Anterior)

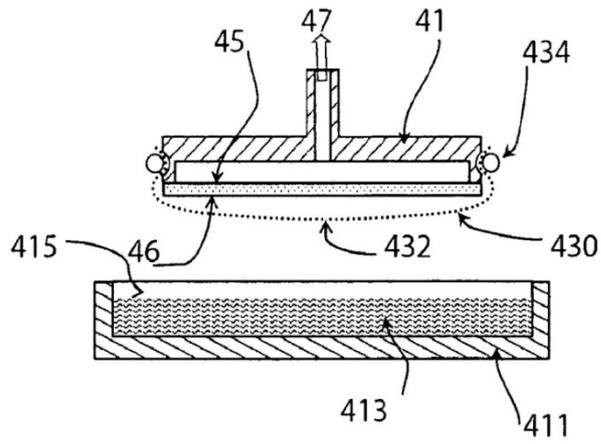


Fig. 4A

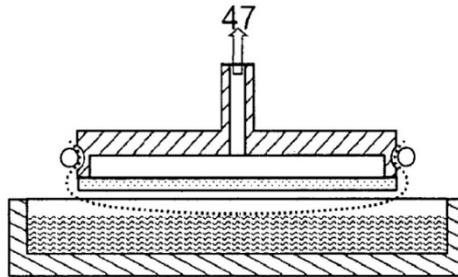


Fig. 4B

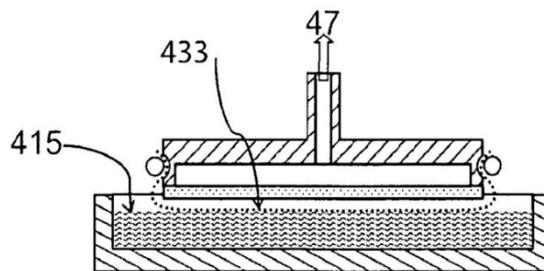


Fig. 4C

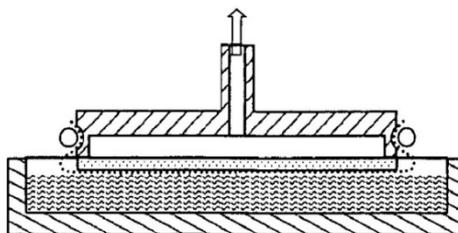


Fig. 4D

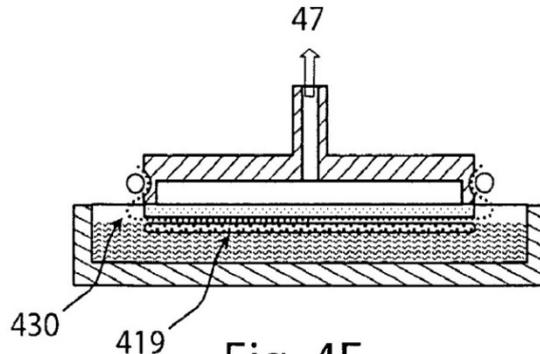


Fig. 4E

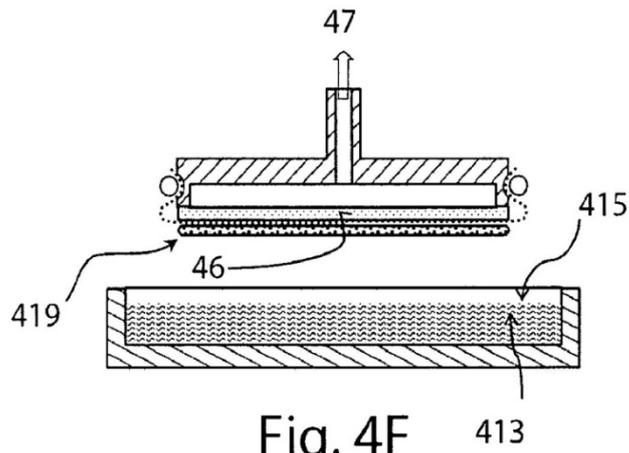


Fig. 4F

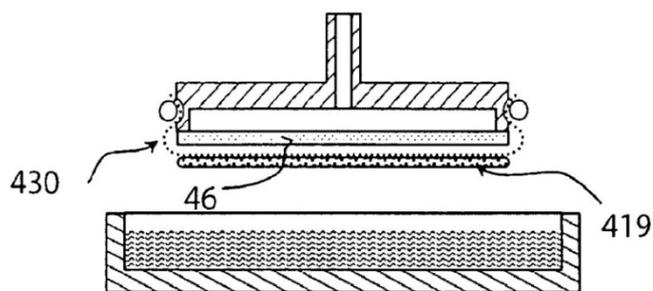
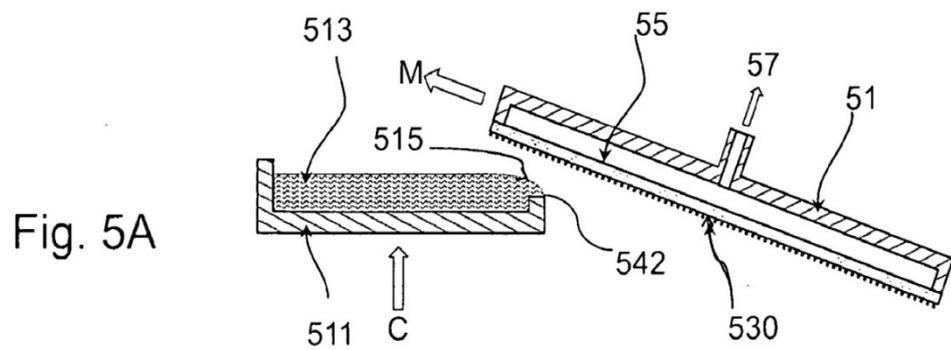
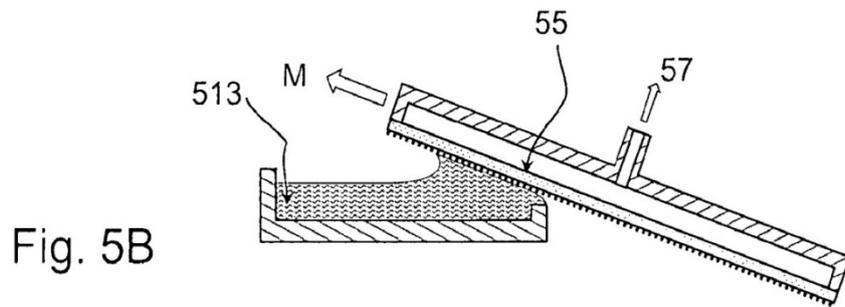
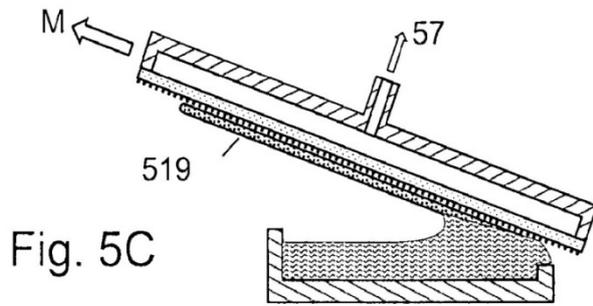
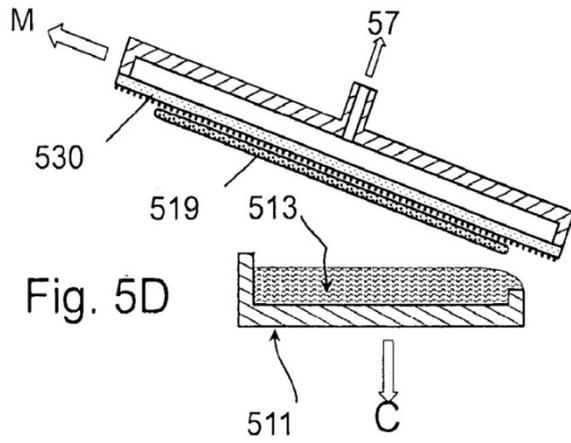


Fig. 4G



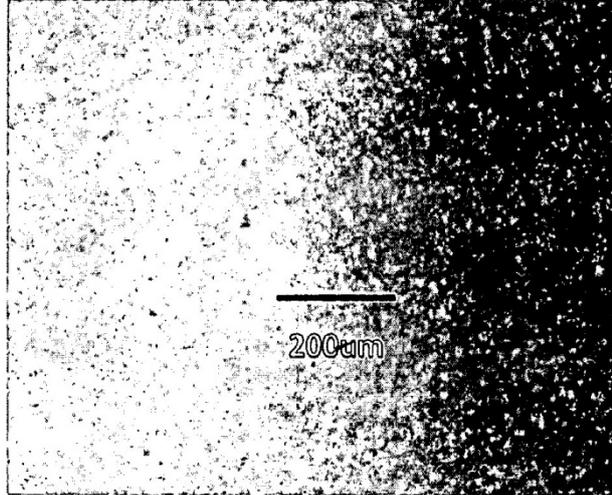


Fig. 6A

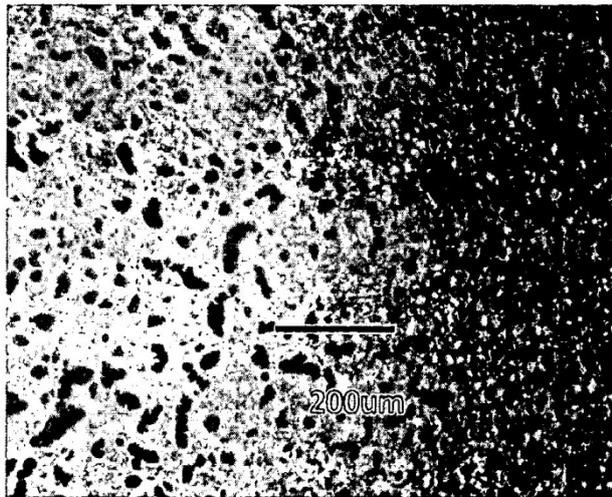


Fig. 6B

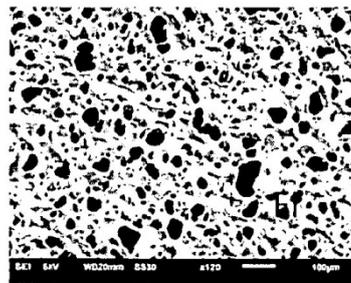


Fig. 6C