

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 008**

51 Int. Cl.:
H01L 23/48 (2006.01)
B81B 7/00 (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
H01L 23/52 (2006.01)
H05K 3/40 (2006.01)
H05K 3/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08767260 .6**
96 Fecha de presentación: **27.06.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2165362**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.03.2010**

54 Título: **Vía de interconexión de baja resistencia a través de una oblea**

30 Prioridad:
05.07.2007 SE 0701657
12.09.2007 SE 0702047
26.10.2007 SE 0702403

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.08.2012

73 Titular/es:
AAC MICROTEC AB
DAG HAMMARSKJÖLDS VAG 54 B
751 73 UPPSALA, SE

72 Inventor/es:
NILSSON, Peter

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 386 008 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

Vía de interconexión de baja resistencia a través de una oblea

Campo técnico de la invención

5 La presente invención versa acerca de conexiones eléctricamente conductoras a través de una oblea utilizado para dispositivos electrónicos, tales como una oblea de silicio o una oblea de vidrio.

Antecedentes de la invención

10 En microelectrónica se está aumentando la densidad de los dispositivos con circuitos integrados a una tasa elevada. En 1965, la Ley de Moore predijo que el número de transistores por chip se duplicaría cada 2 años, y el desarrollo de la microelectrónica efectivamente ha satisfecho aproximadamente esta predicción. Sin embargo, la implementación de una miniaturización adicional de circuitos integrados es costosa y los circuitos cada vez más complejos requieren un número creciente de cables de I/O, lo que complica el contacto y el embalaje de los dispositivos. Por lo tanto, son necesarios otros medios para obtener una mayor densidad de dispositivos. Una alternativa emergente es aumentar la densidad de dispositivos por área unitaria al apilar dispositivos uno encima del otro. En la actualidad, los dispositivos apilados están interconectados generalmente mediante unión por hilos, que es un procedimiento complejo que requiere una gran cantidad de espacio en el dispositivo y cables de conexión innecesariamente largos. Además, la unión por hilos proporciona habitualmente una resistencia bastante elevada y puede ser poco fiable.

15 Un derivado de la microelectrónica son los sistemas microelectromecánicos (MEMS), en los que se puede mejorar la funcionalidad de los sistemas o de las tecnologías microelectrónicas. En los MEMS, los circuitos integrados están integrados, por ejemplo, con funciones mecánicas, químicas, biológicas, o en base al vasto conocimiento del procesamiento microelectrónico, se fabrican sistemas microelectromecánicos tales como acelerómetros, sensores o biochips. Muchos de estos sistemas microelectromecánicos se extienden en las 3 dimensiones para obtener las funcionalidades deseadas.

20 Como en microelectrónica, las estructuras de MEMS están fabricadas principalmente utilizando obleas de silicio como sustratos, pero se están empezando a utilizar más extensamente, por ejemplo, otros materiales, polímeros, cerámica, y vidrio semiconductores. Acompañando al interés creciente para fabricar estructuras microelectrónicas y de MEMS tridimensionales hay un interés creciente en fabricar interconectores eléctricos entre la cara frontal y la cara trasera de los sustratos u obleas de la estructura tridimensional, es decir, las denominadas "vías de interconexión a través de la oblea". Utilizando estas, se evita una unión por hilos, poco fiable y costosa, y se puede aumentar la densidad de los interconectores. Las vías de interconexión a través de la oblea deberían ocupar un área tan pequeña como sea posible en las obleas y la resistencia de los interconectores eléctricos debería ser baja. Además, el procesamiento de las vías de interconexión a través de obleas debería ser compatible con tecnologías convencionales de procesamiento en el campo.

25 Se han dado a conocer distintos diseños de vías de interconexión a través de la oblea, y las estrategias para realizar la vía de interconexión pueden ser divididas en dos categorías. En la primera categoría las vías de interconexión a través de la oblea están formadas por el material de la oblea, por ejemplo, una vía de interconexión semiconductor dopada. En la segunda categoría se forma un agujero de interconexión a través de la oblea en la oblea utilizando, por ejemplo, ablación láser, perforación, ataque químico húmedo o ataque químico en seco. A partir de entonces, se deposita un material conductor, por ejemplo, utilizando un procedimiento de deposición de vapor físico (PVD), al menos en las paredes laterales del agujero de interconexión a través de la oblea. Para aumentar el área de corte transversal de la vía de interconexión conductora a través de la oblea (para reducir la resistencia eléctrica) habitualmente se depositan un metal o una aleación metálica sobre el revestimiento conductor. Las vías de interconexión a través de la oblea de la primera categoría tienen, en general, una resistencia relativamente alta en comparación con vías de interconexión a través de la oblea de la segunda categoría debido a la mayor conductividad del metal o de la aleación metálica.

35 La técnica utilizada para la formación del agujero de interconexión depende principalmente del material de la oblea. Sin embargo, en general los agujeros de interconexión se extienden a través de la oblea con paredes laterales verticales. La deposición de un material conductor en las paredes laterales que utiliza un procedimiento de línea visual, tal como PVD, es una operación que supone un reto, en particular para agujeros con una relación con coeficiente elevado de aspecto, dado que hay un efecto de sombra de los bordes del agujero de interconexión.

40 Normalmente, las vías convencionales de interconexión de baja resistencia a través de obleas de silicio están formadas utilizando bien un procesamiento de ataque químico húmedo o bien un procesamiento de ataque químico en seco para formar el agujero de interconexión. Como se muestra en el documento US5510655 habitualmente se utilizan procedimientos de ataque químico anisótropo tales como un ataque químico mediante KOH, que es un procedimiento de ataque químico húmedo, o ataque químico profundo por iones reactivos (DRIE), que es un procedimiento de ataque químico en seco. Utilizando un ataque químico húmedo anisótropo se limita el agujero de interconexión por medio de los planos cristalinos del material de la oblea y los agujeros de interconexión ocupan, por consiguiente, un área relativamente grande. El área puede ser reducida algo al atacar químicamente desde ambas

5 caras de la oblea, en la que los rebajes atacados químicamente se encuentran entre las caras. Sin embargo, cuando los rebajes atacados químicamente se encuentran en la abertura del agujero de interconexión, se forman otros planos cristalinos. Entonces, se atacan químicamente estos planos cristalinos y pueden generar áreas en la porción central de los agujeros de interconexión que no se encuentran en línea visual desde la abertura del agujero de interconexión, es decir estas áreas están sombreadas y no pueden ser revestidas utilizando un procedimiento de deposición de vapor físico. La deposición de vapor físico es un procedimiento de línea visual y solo se revestirán las superficies en línea visual desde la fuente de evaporación/deposición electrónica. El DRIE es ventajoso, dado que es posible un agujero de interconexión con paredes verticales, y por lo tanto ocupa un área menor. Estos agujeros de interconexión con agujeros verticales de interconexión no adolecen del efecto de sombra descrito anteriormente, pero seguirá habiendo un efecto de sombra debido a las paredes verticales, en particular para agujeros estrechos y profundos de interconexión.

10 En consecuencia, se forman vías convencionales de interconexión de baja resistencia a través de la oblea en agujeros de interconexión a través de la oblea que adolecen de una cobertura incompleta del agujero de interconexión por medio del material conductor. Esto limita la fiabilidad de las vías de interconexión atacadas químicamente DRIE a través de la oblea, en particular para vías estrechas de interconexión realizadas en sustratos gruesos.

Resumen de la invención

20 La técnica anterior tiene inconvenientes con respecto a poder proporcionar vías de interconexión fiables de baja resistencia a través de obleas, en particular debido a las deficiencias en la formación de un agujero de interconexión a través de la oblea con una geometría apropiada.

El objeto de la presente invención es superar los inconvenientes de la técnica anterior. Esto se consigue por medio de la oblea y el procedimiento como se definen en las reivindicaciones independientes.

25 En un primer aspecto la presente invención proporciona una oblea que tiene una cara superior y una cara inferior y comprende al menos un agujero de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral. La pared lateral del agujero de interconexión a través de la oblea está revestida con un primer revestimiento conductor que forma una vía de interconexión a través de la oblea desde la cara superior hasta la cara inferior. Además, la pared lateral comprende al menos una primera porción con una pared lateral sustancialmente vertical y una segunda porción que forma un estrechamiento en el agujero de interconexión a través de una oblea. El estrechamiento comprende al menos una pared lateral superior inclinada que se ensancha hacia fuera hacia la abertura en la cara superior.

30 En una realización de la presente invención un agujero de interconexión a través de una oblea comprende una tercera porción con una pared lateral sustancialmente vertical colocada de tal forma que la segunda porción está ubicada entre las porciones primera y tercera. El estrechamiento puede comprender, además, una pared lateral inferior inclinada que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior.

35 En una realización una oblea comprende una pluralidad de vías de interconexión a través de la oblea, de la que al menos una vía de interconexión a través de la oblea está sellada y al menos una vía de interconexión a través de la oblea está abierta. Una realización adicional de la invención comprende un dispositivo eléctrico que comprende una pluralidad de vías de interconexión a través de obleas, la totalidad de las cuales está sellada. Otra realización de la invención comprende una oblea que comprende una pluralidad de vías de interconexión a través de la oblea, la totalidad de las cuales está abierta.

40 Una realización de la presente invención comprende un dispositivo electrónico que comprende una oblea que tiene vías de interconexión a través de la oblea según la invención.

45 En un segundo aspecto la presente invención proporciona un procedimiento para fabricar una oblea según la presente invención. El procedimiento comprende las etapas de: definir al menos una primera pared inclinada en la oblea, determinando la primera pared inclinada la forma de la pared inclinada superior del estrechamiento; formar el agujero de interconexión a través de la oblea por medio de un ataque químico anisótropo, en el que la pared lateral inclinada superior del estrechamiento replica la primera pared lateral inclinada; y depositar el primer revestimiento conductor sobre la pared lateral del agujero de interconexión a través de la oblea.

50 En una realización del procedimiento según la presente invención la etapa de definir comprende la etapa de formar al menos un primer rebaje con una primera pared inclinada en la cara superior de la oblea por medio de un ataque químico y formar, opcionalmente, al menos un segundo rebaje con una segunda pared lateral inclinada en el lado inferior de la oblea mediante ataque químico, determinando la segunda pared inclinada la forma de una pared inclinada inferior del estrechamiento que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior.

55 Gracias a la invención es posible proporcionar una vía de interconexión fiable a través de obleas de alto rendimiento que utiliza procedimientos compatibles con tecnologías convencionales de procesamiento en el campo de la microelectrónica, de los MEMS y de la nanotecnología. Además, el procedimiento es sencillo y requiere un mínimo de etapas de enmascarado.

5 Gracias a la invención es posible proporcionar vías de interconexión a través de obleas en dispositivos electrónicos prefabricados que comprenden, por ejemplo, componentes integrados, tales como componentes microelectrónicos, circuitos integrados, estructuras y nanoestructuras de MEMS, integrados en la superficie de la oblea, por ejemplo, circuitos de CMOS, o dispuestos en la superficie de la oblea, por ejemplo, componentes de memoria, procesadores, FPGA, ASIC, accionadores, sensores, microestructuras o nanoestructuras.

Una ventaja adicional de la invención es que se proporciona una vía de interconexión de electrodeposición a través de obleas que puede estar seleccionada para estar abierta o cerrada, es decir, es posible una vía de interconexión sellada herméticamente a través de obleas.

10 Una ventaja adicional más es que el estrechamiento de la vía de interconexión a través de la oblea proporciona una adhesión mejorada del material conductor y aporta un soporte mecánico al material conductor, mejorando la robustez y la fiabilidad del dispositivo.

15 Además, el estrechamiento proporciona proporciones térmicas mejoradas. La adhesión mejorada del material conductor a las paredes laterales de la vía de interconexión a través de la oblea mejora la conductividad térmica lateral y, por lo tanto, mejora la refrigeración lateral de la vía de interconexión a través de la oblea. Además, se mejora una refrigeración por líquido, utilizando un flujo de líquido de refrigeración a través de una vía de interconexión abierta a través de la oblea, debido a una mayor velocidad de flujo en el estrechamiento.

Las realizaciones de la invención están definidas en las reivindicaciones dependientes. Otros objetos, ventajas y características novedosas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se considera junto con los dibujos y reivindicaciones adjuntos.

20 **Breve descripción de los dibujos**

Se describirán ahora las realizaciones preferentes de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es una ilustración esquemática de una realización de una vía de interconexión a través de obleas según la invención;

25 la Fig. 2 es una ilustración esquemática de otra realización de una vía de interconexión a través de obleas según la invención;

la Fig. 3 es una ilustración esquemática de una realización de una vía de interconexión a través de obleas que tiene un estrechamiento redondeado según la invención;

las Figuras 4a – 4f son distintas realizaciones de una vía de interconexión a través de obleas según la invención;

30 la Fig. 5 es una ilustración esquemática de una realización de una vía de interconexión a través de obleas que comprende una capa de aislamiento según la invención;

la Fig. 6 es una ilustración esquemática de una realización de una vía de interconexión sellada a través de obleas según la invención;

las Figuras 7a y 7b son ilustraciones de una vía de interconexión sellada y de una abierta a través de obleas según la invención, respectivamente, teniendo ambas un segundo revestimiento conductor;

35 la Fig. 7c es una ilustración esquemática de una vía de interconexión a través de obleas que tiene un revestimiento conductor que llena el agujero de interconexión y sobresale fuera del agujero de interconexión, y la Fig. 7d es una ilustración esquemática de la vía de interconexión de la Fig. 7c después del pulido;

la Fig. 8 es una ilustración esquemática de una oblea de SOI que comprende una vía de interconexión a través de la oblea según la invención;

40 la Fig. 9a es una ilustración esquemática de un dispositivo electrónico que comprende un circuito integrado y una vía de interconexión a través de obleas según la invención;

la Fig. 9b es una ilustración esquemática de un dispositivo electrónico que comprende un circuito integrado que está integrado en la superficie de la oblea, un componente microelectrónico dispuesto en la superficie de la oblea y una vía de interconexión a través de la oblea según la presente invención;

45 la Fig. 10 es una ilustración esquemática de una oblea de cerámica vítrea que comprende una vía de interconexión sellada de baja resistencia a través de la oblea según la invención;

las Figuras 11 a y 11b son ilustraciones esquemáticas de un dispositivo electrónico que comprende dos obleas apiladas, comprendiendo cada una una vía de interconexión a través de la oblea, en las que las obleas están conectadas por las vías de interconexión según la presente invención;

la Fig. 12a es una ilustración esquemática de un conjunto de vías de interconexión que comprende un primer grupo de vías de interconexión a través de obleas según la invención, y la Fig. 12b es una ilustración esquemática de un conjunto de vías de interconexión que comprende dos grupos de vías de interconexión a través de obleas según la invención;

5 las Figuras 13a y 13b son ilustraciones esquemáticas de obleas que comprenden un medio de refrigeración dentro del agujero de interconexión a través de obleas según la presente invención, en las que el agujero de interconexión a través de obleas no tienen ningún revestimiento conductor en la Fig. 13a, y tiene un revestimiento conductor en la Fig. 13b;

10 la Fig. 14 es una ilustración esquemática de una realización del procedimiento de fabricación de una oblea según la invención;

la Fig. 15 es una ilustración esquemática de otra realización del procedimiento de fabricación de una oblea según la invención;

la Fig. 16 es una ilustración esquemática de otra realización más del procedimiento de fabricación de una oblea según la invención;

15 las Figuras 17a y 17b son ilustraciones esquemáticas de un ejemplo de fabricación de una oblea semiconductor según la invención;

la Figura 18 ilustra de forma esquemática un agujero de interconexión a través de obleas formado utilizando una capa protectora dotada de patrón como máscara;

20 la Fig. 19 es una ilustración esquemática de una realización del procedimiento de fabricación de una oblea de cerámica vítrea según la invención; y

la Fig. 20 es una ilustración esquemática de otra realización del procedimiento de fabricación de una oblea de cerámica vítrea según la invención.

Descripción detallada de realizaciones

25 Para los fines de la presente solicitud la expresión “dispositivo electrónico” hace referencia a dispositivos microelectrónicos, dispositivos electrónicos de MEMS, dispositivos electrónicos de nanotecnología, al igual que dispositivos electrónicos más sencillos. Un dispositivo microelectrónico puede comprender componentes microelectrónicos tales como circuitos integrados que están integrados en la superficie de la oblea o dispuestos en la superficie de la oblea. Se puede formar un dispositivo de MEMS al micromecanizar, por ejemplo, una oblea semiconductor o al micromecanizar la superficie de una oblea. El dispositivo electrónico más sencillo puede ser un sustrato utilizado como un soporte para componentes electrónicos o una capa intermedia entre otros dispositivos electrónicos. El término “oblea” procede del hecho de que los dispositivos electrónicos tales como los circuitos integrados y generalmente también las estructuras de MEMS están fabricados de obleas de silicio. Sin embargo, el término oblea no está limitado a obleas de silicio o a sustratos circulares, que es la forma típica de las obleas de silicio, sino que hace referencia a todos los sustratos adecuados para ser utilizados en dispositivos electrónicos.

35 Las dimensiones de las obleas en los dibujos no están necesariamente a escala. En general, las dimensiones laterales están exageradas en aras de la claridad.

La base de la presente invención es una combinación de una etapa que define una forma y un procedimiento subsiguiente de ataque químico anisótropo para formar un estrechamiento en un agujero de interconexión a través de una oblea, que permite una fabricación y una operación más fiables de los dispositivos electrónicos que comprenden la oblea que tiene vías de interconexión a través de la oblea según la presente invención.

40 La Fig. 1 ilustra de forma esquemática una realización de una oblea según la presente invención. La oblea 3 tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral 11. La pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestida con un primer revestimiento conductor 25 que forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. Además, el agujero 9 de interconexión a través de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16 y una segunda porción 14 que forma un estrechamiento 23 que sobresale hacia el interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Como puede observarse en la Fig. 1, el estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera subiendo hacia la cara superior 4 y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera bajando hacia la cara inferior 5.

45 La Fig. 2 ilustra de forma esquemática una realización de una oblea 3 según la presente invención. La oblea 3 tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y teniendo al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea una pared lateral 11 que está revestida con un primer revestimiento conductor 25 que forman una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. Además, el agujero 9 de interconexión a través

de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16, formando una segunda porción 14 un estrechamiento 23 que sobresale hacia el interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, y una tercera porción 15 con una pared lateral sustancialmente vertical 17. Como puede observarse en la Fig. 2, el estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior 5.

En una realización de la presente invención la oblea 3 de las realizaciones descritas anteriormente, que hacen referencia a las Figuras 1 y 2, está fabricada de un material semiconductor. Preferentemente, el material semiconductor es silicio de un único cristal. Una alternativa son los denominados "obleas de silicio en aislante (SOI)", que comprenden, por ejemplo, una capa de óxido de silicio entre una capa gruesa y una capa del dispositivo. Son viables otros materiales semiconductores, tales como SiC y GaAs, sin embargo la invención no está limitada a estos. Para los materiales semiconductores las paredes laterales inclinadas (20, 21) ilustradas en las Figuras 1 y 2 son superficies planas inclinadas, siguiendo típicamente los planos cristalinos de la oblea semiconductor.

La presente invención no está limitada a silicio ni a otros materiales semiconductores. En otra realización de la presente invención la oblea 3 está fabricada de un material fotosensible de partida tal como un vidrio o una cerámica vítrea fotosensible, o un polímero fotosensible. Los vidrios o las cerámicas vítreas fotosensibles, tales como por ejemplo Foturan® (de Schott), están estructurados al exponer una porción de la oblea que va a ser eliminada a luz con una cierta longitud de onda, tratar térmicamente la oblea y luego atacar químicamente la porción que va a ser eliminada. El material final combina las propiedades únicas del vidrio (transparencia, dureza, resistencia térmica y a la corrosión, etc.) con la posibilidad de obtener estructuras finas con tolerancias estrechas y coeficientes elevados de aspecto. Si se utiliza un haz concentrado de luz, tal como un haz de rayos láser, se pueden conseguir estructuras tridimensionales. Se pueden procesar polímeros fotosensibles de una forma similar a las cerámicas vítreas. La porción que va a ser eliminada está protegida de la luz de una cierta longitud de onda, mientras que el resto de la oblea está expuesto. De ese modo, se polimeriza la porción expuesta y la porción que va a ser eliminada puede ser disuelta utilizando un disolvente.

En otra realización más de la presente invención, la oblea 3 está fabricada de una placa de circuito impreso (PCB), una placa flexible de circuito impreso (FPC), o similar. En estos casos los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea según la presente invención están formados normalmente mediante perforación, ablación láser, ataque químico en seco o estampación.

La Fig. 3 ilustra de forma esquemática una realización de una oblea que comprende una vía de interconexión a través de la oblea, que es una variante de la vía de interconexión a través de la oblea ilustrada en la Fig. 2. El estrechamiento 23, que tiene una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior, está regularmente redondeado en la intersección 22 de las paredes laterales inclinadas 20, 21.

El diseño del agujero 9 de interconexión a través de la oblea según la presente invención es ventajoso cuando se reviste la pared lateral 11. En un agujero convencional de interconexión con paredes laterales verticales que se extienden a través de toda la oblea la cobertura en el medio del agujero de interconexión puede ser insuficiente cuando se utiliza un procedimiento de línea visual, tal como una deposición de vapor físico para la deposición del revestimiento de la pared lateral. Las paredes inclinadas 20, 21 del estrechamiento 23 están en línea visual para una fuente de deposición colocada delante de la cara superior 4 y de la cara inferior 5, respectivamente. Por consiguiente, las paredes inclinadas 20, 21 están revestidas de una forma fiable. Además, un estrechamiento 23 regularmente redondeado, como se ilustra de forma esquemática en la Fig. 3, evita giros bruscos en la vía conductora a través de la vía 7 de interconexión a través de la oblea. En consecuencia, una vía de interconexión a través de la oblea según la presente invención proporciona ventajas eléctricas y mecánicas en comparación con una vía de interconexión de la técnica anterior, que puede ser ejemplificada por un rendimiento mejorado en el procesamiento y propiedades eléctricas mejoradas, en particular en aplicaciones de RF.

Las Figuras 4a-f ilustran de forma esquemática, a modo de ejemplo, realizaciones alternativas de la presente invención, sin embargo la invención no está limitada a estas. Estas realizaciones alternativas están ilustradas en general con una intersección 22 en punta entre las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 del estrechamiento 23. Sin embargo, no es necesaria una intersección en punta y es posible cualquier grado de redondeo de la intersección.

Con referencia a la Fig. 4a, una realización de la presente invención es una oblea 3 que tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y que comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral 11. La pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestida con un primer revestimiento conductor 25 que forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. Además, el agujero 9 de interconexión a través de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16 y una segunda porción 14 que forma un estrechamiento 23 que sobresale hacia el interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea adyacente a la cara superior 4. El estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 ensanchándose hacia fuera hacia la cara

superior y una pared lateral inclinada inferior 21, que es horizontal o se inclina con un ángulo agudo (inferior a 10° o inferior a 5°) en la cara inferior.

5 Con referencia a la Fig. 4b, una realización de la presente invención comprende un agujero 9 de interconexión a través de la oblea en el que la primera porción 13 es adyacente a la cara superior 4 y el estrechamiento 23 es adyacente a la cara inferior 5. El estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inferior 21, que es horizontal o se inclina con un ángulo agudo (inferior a 10° o inferior a 5°), en la cara inferior.

10 Con referencia a la Fig. 4c, una realización de la presente invención comprende un agujero 9 de interconexión a través de la oblea, en el que la segunda porción 14 que comprende el estrechamiento 23 está colocada en el centro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea entre las porciones primera y tercera 13, 15 que tienen paredes laterales sustancialmente verticales 16, 17. El estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21, que es esencialmente horizontal. Aunque las porciones 13, 14, 15 con paredes laterales verticales en las realizaciones ilustradas en las Figuras 1-3 tienen las mismas dimensiones en las caras superior e inferior 4, 5, las dimensiones pueden ser distintas. La Fig. 4d ilustra una realización en la que la primera porción 13 y la tercera porción 15 tienen distintas anchuras, lo que tiene como resultado un estrechamiento asimétrico 23, en el que la pared lateral inclinada inferior 21 tiene una mayor superficie que la pared lateral inclinada superior 20. Además, dichas paredes laterales verticales 16, 17 pueden estar ligeramente inclinadas o ahusadas. Sin embargo, cualquier inclinación de la pared lateral aumenta la huella del agujero de interconexión. La inclinación puede conseguirse utilizando distintos procedimientos para formar el agujero de interconexión a través de la oblea. Por ejemplo, un procedimiento de ataque químico en seco puede proporcionar paredes laterales inclinadas o ahusadas en un agujero de interconexión a través de la oblea.

25 Las Figuras 4e-f ilustran realizaciones de la presente invención, en las que las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 están curvadas de forma cóncava. La Fig. 4e ilustra una realización en la que la intersección 22 entre las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 del estrechamiento 23 forman una punta. A semejanza de la descripción del estrechamiento redondeado 23 en la Fig. 3, la realización ilustrada en la Fig. 4f tiene una intersección redondeada 22, es decir, curvado de forma convexa, entre las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 del estrechamiento 23.

30 La Fig. 5 ilustra de forma esquemática una realización de la presente invención en la que al menos una porción de las caras superior e inferior 4, 5 de la oblea 3 y de la pared lateral 11 están cubiertas por una capa continua 27 de aislamiento para proporcionar un aislamiento eléctrico entre el primer revestimiento conductor 25 y la oblea 3. Por ejemplo, una oblea semiconductor 3 que puede estar fabricada de silicio puede estar tratada de forma que se vuelva conductora, debido a esto puede ser necesario aislar eléctricamente la vía 7 de interconexión para evitar una interferencia de cruce y un cortocircuito entre los distintos componentes del dispositivo 1. En esta realización, se deja un paso abierto 10 en el centro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea.

La Fig. 6 ilustra de forma esquemática otra realización de la presente invención en la que la vía 9 de interconexión a través de la oblea es tan estrecha que el primer revestimiento conductor 25 salva la abertura dentro del estrechamiento 23 y, de ese modo, sella el agujero de interconexión a través de la oblea.

40 Preferentemente, el tamaño lateral de los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea según la presente invención se encuentra en el intervalo de 50-500 μm , más preferentemente en el intervalo de 100-200 μm . El tamaño real de un agujero de interconexión a través de la oblea depende del grosor de la oblea 3, del material de la oblea y del procedimiento de procesamiento. Es típica una vía de interconexión con una anchura de 100-150 μm para una oblea de silicio con un grosor de 300 μm , y es típica una vía de interconexión con una anchura de 150-200 μm para una oblea de silicio con un grosor de 500 μm , es decir, la anchura de un agujero 9 de interconexión a través de la oblea en una oblea de silicio según la invención es, preferentemente, desde 1/3 hasta 1/2 del grosor de la oblea 3 de silicio.

55 La Fig. 7a ilustra de forma esquemática un ejemplo de una oblea 3 de silicio según la presente invención. La oblea 3 de silicio tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral 11. Al menos una parte de las caras superior e inferior 4, 5 de la oblea y de la pared lateral 11 puede estar cubierta por una capa continua 27 de aislamiento fabricada de óxido de silicio. Preferentemente, la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestida con un primer revestimiento conductor 25 fabricado, por ejemplo, de Ti/Cu, que forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. El agujero 9 de interconexión a través de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16, una segunda porción 14 que forma un estrechamiento 23 que sobresale hacia el interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, y una tercera porción 15 con una pared lateral sustancialmente vertical 17. Como puede observarse en la Fig. 7a, el estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior. Además, el estrechamiento 23, que tiene una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara

superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior, está regularmente redondeado en la intersección 22 de las paredes laterales inclinadas 20, 21. Un segundo revestimiento conductor 26 fabricado, por ejemplo, de Cu cubre el primer revestimiento conductor 25. En esta realización, el grosor del segundo revestimiento 26 es mayor que el primer revestimiento pero esto no es obligatorio, y se deja abierto el agujero 9 de interconexión a través de la oblea.

En la Fig. 7b se ilustra de forma esquemática otra realización de la presente invención, en la que el primer revestimiento conductor y el segundo revestimiento conductor 26 son lo suficientemente gruesos como para cerrar la vía 9 de interconexión a través de la oblea.

En la Fig. 7c se ilustra de forma esquemática otra realización más. El segundo revestimiento conductor 26, que está electrodepositado, por ejemplo, sobre el primer revestimiento conductor, llena el agujero 9 de interconexión a través de la oblea y sobresale hacia fuera en al menos la cara superior 4 de la oblea 3.

La Fig. 7d ilustra una realización de vía 7 de interconexión a través de la oblea de la presente invención que ha sido llenada según, por ejemplo, la Fig. 7c y luego ha sido aplanada subsiguientemente utilizando, por ejemplo, esmerilado, pulido, etc.

Con referencia a las Figuras 7e-f, una realización de una oblea 3 según la presente invención comprende un revestimiento conductor primero y/o segundo 25, 26 que cubre únicamente una porción de la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Esto puede conseguirse, por ejemplo, al dotar de patrón a una capa protectora que está depositada sobre la pared lateral 11 antes de la deposición del revestimiento conductor 25, 26. La Fig. 7e ilustra de forma esquemática un agujero 9 de interconexión a través de la oblea de una vía de interconexión de baja resistencia a través de la oblea que comprende un estrechamiento 23. Un primer revestimiento conductor 25 cubre al menos una porción de las paredes inclinadas superior e inferior 20, 21 del estrechamiento y un segundo revestimiento conductor 26 cubre el primer revestimiento conductor 25 y forma un tapón que sella el agujero 9 de interconexión a través de la oblea y proporciona una conexión eléctrica entre la cara superior y la cara inferior 4, 5 de la oblea 3. Se puede obtener esta disposición, por ejemplo, al depositar en primer lugar el primer revestimiento conductor 25 sobre la pared lateral 11 y luego una capa protectora que cubre el primer revestimiento conductor 25, dando un patrón a la capa protectora para exponer el primer revestimiento conductor 25 en dicha porción de las paredes inclinadas superior e inferior 20, 21, y depositar el segundo revestimiento conductor sobre la porción expuesta del primer revestimiento conductor 25. La Fig. 7f ilustra de forma esquemática una realización de un dispositivo electrónico según la presente invención en el que el estrechamiento 23 está colocado adyacente a la cara superior 4 de la oblea 3. Para hacer contacto con un componente 52 fijado a la cara superior 4, o integrado en la misma, de la oblea 3, el primer y/o el segundo revestimiento conductor 25, 26 se extiende o extienden hasta dicho componente a través de un paso estrecho formado por el estrechamiento 23. El paso estrecho puede, por ejemplo, estar formado al formar en primer lugar la parte más ancha del agujero 9 de interconexión a través de la oblea desde la cara inferior 5, depositando una capa protectora en la pared lateral 11 del agujero de interconexión a través de la oblea, dando un patrón a la capa protectora para abrir un agujero en la capa protectora y formando el paso estrecho mediante ataque químico. El primer y/o el segundo revestimiento conductor 25, 26 son depositados formando una conexión eléctrica desde el componente en la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. Una ventaja de este tipo de puesta en contacto de componentes con respecto a otras tecnologías de la técnica anterior en las que se electrodepositan los agujeros rectos de vía de interconexión, es que se evita la influencia negativa de los huecos.

El material de la oblea y los revestimientos conductores dados en la descripción de las realizaciones mencionadas anteriormente son únicamente a título de ejemplo. Como apreciará un experto en la técnica se pueden utilizar otros metales o aleaciones metálicas, tales como Cu, Ni, Au, Al, etc. como revestimientos conductores, y los materiales alternativos de la capa 27 de aislamiento son materiales tales como BCB, parileno, Si₃N₄, etc. Sin embargo, los materiales conductores y los aislantes no están limitados a estos materiales y también son posibles las combinaciones de distintos materiales. Además, se puede utilizar el primer revestimiento conductor 25, que está presente en la vía 7 de interconexión a través de la oblea, como una capa de crecimiento para un segundo revestimiento conductor electrodepositado 26. Como apreciará un experto en la técnica son posibles muchos materiales para la capa de crecimiento y Ti/Cu, Ti/Ni, Al, etc. son ejemplos de los mismos.

A partir de la Fig. 7b, es evidente que el estrechamiento 23 funciona como un anclaje para el revestimiento conductor de la vía 7 de interconexión a través de la oblea. De ese modo, se mejora la fiabilidad durante la operación y la manipulación del dispositivo en comparación, por ejemplo, con una vía de interconexión que tiene una pared lateral vertical que se extiende a través de toda la vía de interconexión. En esta, las fuerzas mecánicas que surgen durante la manipulación o uso provocan que el revestimiento conductor sea retirado o empujado fuera de la vía de interconexión, lo que es un problema.

En una realización de la presente invención la oblea 3 comprende una pluralidad de agujeros de interconexión a través de la oblea, en la que al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea está sellado y al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea está abierto. Esta característica es deseable en muchos sistemas de MEMS en los que las vías de interconexión tanto para el transporte de gas como para la conexión eléctrica pueden ser necesarias en la misma oblea.

La Fig. 8 ilustra una realización de la presente invención en la que la oblea 3 es un oblea de SOI que tiene una capa 38 de dispositivos adyacente a la cara superior 4 de la oblea 3 y una capa 39 de aislamiento bajo la capa 38 del dispositivo 38. Una vía 7 de interconexión a través de la oblea se extiende desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5 de la oblea 3. La capa 38 del dispositivo puede ser utilizada para formar un dispositivo electrónico que comprende, por ejemplo, estructuras de MEMS o componentes microelectrónicos.

Con referencia a la Fig. 9a, una realización de la presente invención comprende componentes integrados 50, tales como, por ejemplo, circuitos de CMOS, en al menos la capa superficial superior de la cara superior 4 de la oblea 3. Una vía 7 de interconexión a través de la oblea que comprende una capa 27 de aislamiento y al menos un primer revestimiento conductor 25 según la presente invención se extiende desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5 de la oblea 3. Preferentemente, una capa 53 de pasivación cubre los componentes integrados 50 y la superficie de la oblea. La vía 7 de interconexión a través de la oblea puede estar conectada eléctricamente al componente integrado 50. La capa de pasivación no es necesaria, pero habitualmente es deseable algún tipo de capa de pasivación. Se puede fabricar un dispositivo electrónico según la presente invención comenzando desde un dispositivo electrónico convencional que comprende componentes integrados prefabricados 50, como se describe a continuación. Entonces, se puede utilizar una capa 53 de pasivación ya presente en el dispositivo electrónico para proteger los componentes integrados 50 en el procesamiento subsiguiente. La capa de pasivación también puede ser añadida antes de comenzar el procesamiento o puede ser añadida antes de acabar el dispositivo electrónico.

Con referencia a la Fig. 9b, una realización de la oblea 3 según la presente invención comprende componentes integrados 50 que están integrados en la superficie de la oblea 3, tales como circuitos integrados, y componentes dispuestos sobre la superficie de la oblea 3, tales como componentes pasivos, componentes microelectrónicos integrados, estructuras de MEMS, nanoestructuras, sensores, accionadores o similares 52. Una vía 7 de interconexión a través de la oblea que comprende una capa 27 de aislamiento y al menos un primer revestimiento conductor 25 y opcionalmente un segundo revestimiento conductor 26 se extienden desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5 de la oblea 3. Como se ilustra en la Fig. 9b, una capa 53 de pasivación cubre los componentes integrados 50 y la superficie de la oblea. La vía 7 de interconexión a través de la oblea puede estar conectada eléctricamente al componente integrado 50.

La presente invención permite la formación de vías 7 de interconexión a través de la oblea en obleas 3 que comprenden componentes integrados prefabricados 50, tales como componentes microelectrónicos, estructuras de MEMS, nanoestructuras, sensores, accionadores o similares. Únicamente a modo de ejemplo, los circuitos integrados o los componentes microelectrónicos dispuestos sobre la superficie de la oblea 3, tales como circuitos de memoria, procesadores, FPGA y ASIC, pueden estar fabricados o montados antes de realizar la vía 7 de interconexión a través de la oblea. No se pueden fabricar fácilmente vías fiables 7 de interconexión a través de la oblea utilizando tecnología convencional —al menos no en dispositivos que tengan obleas gruesas 3—. Para poder realizar vías fiables de interconexión utilizando tecnología convencional, las vías de interconexión tienen que ser realizadas con grandes diámetros, o las vías estrechas de interconexión tienen que ser procesadas hasta una profundidad limitada en una oblea gruesa, seguido de un afinamiento de la oblea para exponer las vías de interconexión. Con un procedimiento de interconexión por delante, se crean iniciaciones de grieta, reduciendo el rendimiento total durante la fabricación de tal dispositivo.

La Fig. 10 ilustra una realización de la presente invención que comprende una oblea 3 de cerámica vítrea, preferentemente la cerámica vítrea Foturan® o un material de cerámica vítrea similar. Debido al distinto procesamiento de tal material en comparación con silicio son posibles otras geometrías del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Las porciones primera y segunda 13, 14 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea son ligeramente cóncavas y las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 están curvadas. Además, la intersección 22 entre las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 está regularmente redondeada. Utilizando una oblea de cerámica vítrea el radio máximo de la intersección 22 puede ser mayor que para una oblea de silicio.

La Fig. 11a ilustra de forma esquemática una realización de la presente invención que comprende al menos dos obleas 3 apiladas. Cada oblea 3 tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea. La cara superior 4 de la oblea inferior 3a es adyacente a la cara inferior, y está orientada hacia la misma, de la oblea superior 3b. Al menos una parte de las caras superior e inferior 4, 5 de las obleas 3a, 3b y las paredes laterales 11 de los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea están cubiertas por una capa continua 27 de aislamiento. Las paredes laterales 11 de los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea están revestidas con un primer revestimiento conductor 25, tal como una película metálica o de aleación metálica conseguida, por ejemplo, mediante deposición de vapor físico, y opcionalmente un segundo revestimiento conductor 26, tal como, por ejemplo, una capa metálica o de aleación metálica electrodepositada, que forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. Además, los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea comprenden una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16, una segunda porción 14 que forma un estrechamiento 23 que sobresale hacia la línea central del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, y una tercera porción 15 con una pared lateral 17, que puede ser esencialmente vertical pero no está limitada a esto. Al menos una vía 7 de interconexión a través de la oblea en la primera oblea 3a está alineada con una vía 7 de interconexión a través de la oblea en la segunda oblea 3b y está

conectada a la misma por medio de una unión 61. Como se ilustra en la Fig. 11 a, la unión 61 está fijada a la segunda capa conductora 26 de las vías 7 de interconexión a través de la oblea y se extiende al interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Esto produce una conexión fiable, que está anclada tanto de forma lateral como vertical. La vía 7 de interconexión a través de la oblea también puede estar abierta o completamente llena.

5 Como se ilustra en la Fig. 11b, con una vía abierta 7 de interconexión a través de la oblea, se permite que la unión 61 se extienda más allá del estrechamiento 23 de la vía 7 de interconexión a través de la oblea. Por consiguiente, se mejora el anclaje vertical de la unión 61. La unión 61 puede estar formada mediante soldadura a alta o baja temperatura, electrodeposición, encolado —por ejemplo con cola conductora— o similar.

10 La Fig. 12a ilustra de forma esquemática una realización de la presente invención que comprende un conjunto de vías 7 de interconexión a través de la oblea según la invención. Al menos un primer grupo 47 de vías sucesivas 7 de interconexión a través de la oblea se extiende a lo largo de la línea 46. Las vías 7 de interconexión a través de la oblea están distribuidas a lo largo de la línea 46 para formar el conjunto. Cada vía sucesiva 7 de interconexión a través de la oblea está desplazada con respecto a la vía anterior 7 de interconexión a través de la oblea en una dirección perpendicular que sale de la línea 46 de forma escalonada.

15 La Fig. 12b ilustra de forma esquemática una realización de la presente invención que comprende un conjunto de vías 7 de interconexión a través de la oblea. Al menos un primer grupo y un segundo grupo 47, 48 de vías sucesivas 7 de interconexión a través de la oblea están dispuestos en secuencia y extendiéndose a lo largo de una línea 46 para formar el conjunto. Cada vía sucesiva 7 de interconexión a través de la oblea dentro de un grupo 7, 8 está desplazada con respecto a la vía anterior 7 de interconexión a través de la oblea en una dirección perpendicular que sale desde la línea 46 de forma escalonada. Preferentemente, la distancia entre la última vía 7 de interconexión a través de la oblea del primer grupo 47 y la primera vía 7 de interconexión a través de la oblea del segundo grupo 48 es mayor que la distancia perpendicular entre dos vías sucesivas 7 de interconexión a través de la oblea dentro de un grupo 47, 48.

25 Las realizaciones descritas anteriormente con referencia a las Figuras 12a y 12b mejoran la fiabilidad de un dispositivo electrónico que tiene un conjunto de vías 7 de interconexión a través de la oblea. Dichas realizaciones no son solo útiles para vías de interconexión a través de la oblea según la presente invención, sino también otras vías de interconexión. Habitualmente, las vías 7 de interconexión a través de la oblea están colocadas en una línea recta. Si hay una formación de grieta debida, por ejemplo a una carga aplicada a una vía de interconexión a través de la oblea, la grieta probablemente se propagará de una vía 7 de interconexión a través de la oblea a otra. En particular, si se utiliza una oblea monocristalina tal como una oblea de Si y se colocan las vías 7 de interconexión a través de la oblea en una línea recta en paralelo con cualquier plano cristalino de la oblea este es un escenario muy probable. Para minimizar este problema se puede dirigir un conjunto de vías 7 de interconexión a través de la oblea en otra dirección que no se encuentra a lo largo del plano cristalino. Sin embargo, como comprenderá un experto en la técnica, a menudo es necesario o al menos ventajoso tener las vías 7 de interconexión a través de la oblea colocadas sustancialmente a lo largo de un plano cristalino. Al colocar las vías 7 de interconexión a través de la oblea como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figuras 12a y 12b se impide la propagación de grietas, dado que una grieta tendría que propagarse en una dirección distinta de a lo largo de los planos cristalinos, lo que requiere mucha más energía. Además, la disposición en la Fig. 12b reduce el riesgo de que una grieta se propague a lo largo de todo el conjunto dado que hay una gran distancia entre la última vía 7 de interconexión a través de la oblea del primer grupo 47 y la primera vía 7 de interconexión a través de la oblea del segundo grupo 48.

40 Con referencia a la Fig. 13a, una realización de la presente invención es una oblea 3 que tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y que comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que se extiende desde la cara superior 4 hasta la cara inferior. A modo de ejemplo, el agujero 9 de interconexión a través de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16, y una segunda porción 14 que forma un estrechamiento 23 que sobresale hacia el interior del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, y una tercera porción 15 con una pared lateral sustancialmente vertical 17. El estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior. De esta forma, la oblea, un dispositivo electrónico que comprende la oblea, o al menos una parte de la oblea, pueden estar adaptados para ser refrigerados por un flujo de medio 60 de refrigeración a través del agujero 9 de interconexión a través de la oblea.

55 Con referencia a la Fig. 13b, una realización de la presente invención es una oblea 3 que tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que comprende un estrechamiento 23 según la presente invención. La pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestida con al menos un primer revestimiento conductor 25 para formar una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5. A modo de ejemplo, el agujero 9 de interconexión a través de la oblea comprende una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16, una segunda porción 14 que forma el estrechamiento 23 que sobresale hacia la línea central del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, y una tercera porción 15 con una pared lateral sustancialmente vertical 17. El estrechamiento 23 comprende una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior y una pared lateral inclinada inferior 21 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior. De esta forma, la oblea, un dispositivo electrónico que comprende la oblea, o al menos una parte de la oblea, pueden estar adaptados

para ser refrigerados mediante un medio 60 de refrigeración dentro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Preferentemente, el medio 60 de refrigeración fluye a través del agujero 9 de interconexión a través de la oblea.

5 Los dispositivos electrónicos se calientan normalmente, o aumentan de temperatura, durante su operación. En particular, este es el caso para componentes de alta frecuencia tales como, por ejemplo, componentes de RF. El componente electrónico integrado en la oblea, integrado en la superficie de la oblea, o montado sobre la superficie de la oblea genera calor que tiene que ser alejado. Además, una vía de interconexión a través de la oblea puede generar una cantidad sustancial de calor, en particular cuando la vía de interconexión a través de la oblea conduce señales de alta frecuencia. Se puede mejorar el rendimiento de dispositivos electrónicos al refrigerar el dispositivo.

10 Normalmente, se utiliza la oblea 3 de un dispositivo electrónico como un disipador de calor. Las propiedades de conducción térmica en la pared lateral 11 son importantes para la capacidad de conducir calor ya sea desde la oblea 3 hasta la vía de interconexión a través de la oblea o viceversa. Una vía 7 de interconexión a través de la oblea según la presente invención mejora las propiedades de conducción térmica en la pared lateral debido a un contacto mejorado entre la primera capa conductora 25 y la oblea 3. El contacto mejorado es un resultado de condiciones ventajosas de deposición debido a las superficies inclinadas del estrechamiento 23.

15 Se puede mejorar la refrigeración de una oblea o de un dispositivo electrónico que comprende un agujero 9 de interconexión a través de la oblea al hacer fluir un medio de refrigeración a través del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Entonces, el medio de refrigeración absorbe el calor y lo aleja. La conducción térmica desde la oblea 3 al medio de refrigeración está limitado por una capa límite formada en el medio de refrigeración que fluye en la pared lateral 11. La velocidad de flujo en la pared lateral 11 es mucho menor que en el centro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Sin embargo, debido al estrechamiento 23 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea según la presente invención la velocidad de flujo del medio de refrigeración aumenta en el estrechamiento. De ese modo, se puede alterar la capa límite y se aumenta la tasa de conducción de calor. Se puede utilizar este fenómeno para refrigerar un agujero 9 de interconexión a través de la oblea tanto con como sin revestimientos conductores 25, 26. Un ejemplo esto es de vías 7 de interconexión a través de la oblea según la presente invención, en las que se conducen señales de alta frecuencia tales como señales de RF, a través de la vía 7 de interconexión a través de la oblea.

20 Aunque se han descrito las realizaciones con referencia a las Figuras 13a y 13b como que tienen un estrechamiento 23 en el centro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea, la geometría del agujero 9 de interconexión no está limitada a esto. Cualquiera de las configuraciones de agujero abierto de interconexión a través de la oblea de las realizaciones descritas anteriormente y modificaciones de las mismas también puede mejorar el la conducción térmica.

30 Con referencia a la Fig. 14, un procedimiento de fabricación de una oblea 3 que tiene una cara superior 4 y una cara inferior 5 y que comprende al menos un agujero 9 de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral 11, en el que la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestido con un primer revestimiento conductor 25 que forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea desde la cara superior 4 hasta la cara inferior 5; y el agujero de interconexión a través de la oblea comprende al menos una primera porción 13 con una pared lateral sustancialmente vertical 16 y una segunda porción 14 que define un estrechamiento 23, comprendiendo el estrechamiento 23 al menos una pared lateral inclinada superior 20 que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior, comprende las etapas de:

- 101 *definir* al menos una primera pared inclinada 18 en la oblea 3, determinando la primera pared inclinada 18 la forma de la pared inclinada superior 20 del estrechamiento 23;
- 102 formar el agujero 9 de interconexión a través de la oblea mediante *ataque químico anisótropo*, en el que la pared lateral inclinada superior 20 del estrechamiento 23 replica la primera pared lateral inclinada 18; y
- 45 - 103 depositar el primer revestimiento conductor 25 sobre la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea.

En una realización del procedimiento de la presente invención la etapa de *definir* comprende la etapa de formar al menos un primer rebaje 28 con una primera pared inclinada 18 en la cara superior 4 de la oblea 3 *mediante ataque químico*.

50 Con referencia a la Fig. 15, en una realización del procedimiento de la presente invención la etapa de *definir* comprende la etapa de 104 formar al menos un primer rebaje 28 con una primera pared inclinada 18 en la cara superior 4 de la oblea 3 *mediante ataque químico*. Preferentemente, la etapa de formar mediante ataque químico anisótropo comprende un ataque químico en seco.

55 Con referencia a la Fig. 16, una realización del procedimiento de la presente invención comprende, además, la etapa de 105 formar al menos un segundo rebaje 29 con una segunda pared lateral inclinada 19 en la cara inferior 5 de la oblea 3 *mediante ataque químico*, determinando la segunda pared inclinada 19 la forma de una pared inclinada

inferior 21 del estrechamiento 23 que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior. A modo de ejemplo la etapa de formar mediante ataque químico anisótropo comprende ataque químico en seco.

La vía 7 de interconexión a través de la oblea ilustrada en la Fig. 1 puede ser fabricada en una oblea (100) de silicio al formar el primer rebaje 28 en la cara superior 4 alineado con el segundo rebaje 29 en la cara inferior y sustancialmente con las mismas dimensiones, por ejemplo mediante ataque químico anisótropo húmedo en una disolución de KOH. Las paredes inclinadas primera y segunda 18, 19 de los rebajes primero y segundo 28, 29 están definidas de ese modo por los planos (111). Subsiguientemente al ataque químico húmedo se ataca químicamente en seco la oblea semiconductora dentro del segundo rebaje 29, por ejemplo utilizando un procedimiento de DRIE, para formar las paredes laterales verticales. La forma de la segunda pared lateral inclinada 19 está conservada sustancialmente, dado que el agujero se propaga a través de la oblea 3 durante el procedimiento de ataque químico en seco. Finalmente, el agujero alcanza la parte inferior del primer rebaje 28, que forma un agujero 9 de interconexión. La segunda pared lateral inclinada 19 está replicada sustancialmente para formar la pared lateral inclinada inferior 21 del estrechamiento 23.

En una realización de la presente invención el *ataque químico anisótropo* comprende *atacar químicamente en seco* desde la cara superior 4 de la oblea 3. A modo de ejemplo, se puede conseguir la vía 7 de interconexión a través de la oblea ilustrada en la Fig. 3 en una oblea 100 de silicio al formar el primer rebaje 28 en la cara superior 4 alineado con el segundo rebaje 29 en la cara inferior y sustancialmente con las mismas dimensiones, por ejemplo, mediante ataque químico anisótropo húmedo en una disolución de KOH. Subsiguientemente al ataque químico húmedo se ataca químicamente en seco la oblea semiconductora 3 dentro de los rebajes primero y segundo 28, 29, por ejemplo utilizando un procedimiento de DRIE. De ese modo, se replican sustancialmente las paredes laterales inclinadas primera y segunda 18, 19 para formar las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 del estrechamiento 23, respectivamente. El ataque químico en seco puede ser llevado a cabo de forma simultánea desde ambas caras 4, 5 de la oblea o desde una cara 4, 5 a la vez.

Después de la etapa de atacar químicamente en seco el estrechamiento 23, la intersección 22 entre las paredes inclinadas superior e inferior 20, 21 se vuelve relativamente aguda. Además, el procedimiento de ataque químico en seco puede dejar ciertos defectos sobre la superficie de las paredes inclinadas 20, 21, por ejemplo, el denominado "pelos". En una realización del procedimiento de la presente invención el procedimiento comprende, además, la etapa de formar una capa temporal 36, por ejemplo, óxido de silicio, sobre al menos la superficie de la pared lateral 11 de la vía 7 de interconexión a través de la oblea. La formación del dióxido de silicio consume el silicio de la oblea 3 hasta una cierta profundidad. Normalmente, se consume 1-3 μm de silicio. Al eliminar el óxido de silicio en un procedimiento de ataque químico húmedo utilizando una disolución de ácido fluorhídrico se eliminan los defectos, dado que la formación de la capa 36 de óxido consumió esencialmente todo el silicio de los defectos, y de ese modo se alisa el estrechamiento 23.

Los rebajes primero y segundo también pueden estar formados utilizando un procedimiento de ataque químico anisótropo en seco, en el que se aquilató el procedimiento para proporcionar una inclinación específica de las paredes laterales inclinadas 20, 21.

En una realización de la presente invención la etapa de ataque químico húmedo comprende la etapa de ataque químico isotrópico. Los rebajes primero y segundo 28, 29 pueden estar formados utilizando, por ejemplo, un ataque químico isotrópico húmedo o un ataque químico isotrópico en seco. Al utilizar un ataque químico isotrópico las paredes inclinadas primera y segunda 18, 19 se vuelven curvadas de forma cóncava y, por lo tanto, se replican las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21 con la misma forma en el procedimiento subsiguiente de ataque químico en seco.

El primer revestimiento conductor 25 puede ser depositado utilizando un procedimiento de deposición de vapor físico (PVD) tal como deposición electrónica o evaporación. Debido a la forma controlada del estrechamiento 23 de la presente invención la cobertura del revestimiento conductor 25, 26 es completo a pesar de que se utiliza tal procedimiento de línea visual.

En una realización del procedimiento de la presente invención la etapa de *depositar* comprende, además, la etapa de depositar un segundo revestimiento conductor 26 sobre el primer revestimiento conductor 25. Se deposita el segundo revestimiento conductor 26 utilizando deposición, bien electrodeposición o bien deposición no electrolítica, de un metal o una aleación metálica, por ejemplo Cu, Al, Ni, Au, Ag, etc., con el primer revestimiento conductor 25 que sirve como una capa de crecimiento. En este caso el primer revestimiento conductor 25 se deposita, preferentemente, utilizando un procedimiento de deposición química húmeda o no electrolítica. Se puede escoger que el grosor de la capa depositada 26 sea de hasta un grosor cuando el agujero 9 de interconexión a través de la oblea está cerrado por el metal o la aleación metálica depositada 26, como se ilustra en la Fig. 7b. El primer revestimiento conductor 25 puede estar seleccionado del grupo de Ti/Cu, Ti/Au, Ti/Ni, Cr/Cu, Cr/Au, Cr/Ni, Pd/Ni, Pd/Ag, Ti/Ag, pero no está limitado a estos materiales.

Una realización del procedimiento de la presente invención comprende, además, la etapa de depositar una capa 36 de aislamiento al menos en las paredes laterales 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea antes de depositar el primer revestimiento conductor 25. En vez de depositar una capa de aislamiento, la capa de aislamiento

puede estar formada por medio de un procedimiento térmico en el que se transforma parcialmente el silicio en la superficie, por ejemplo, a SiO_2 o Si_3N_4 .

En una realización del procedimiento de fabricación de una oblea según la presente invención la oblea de partida comprende componentes prefabricados tales como componentes microelectrónicos integrados, estructuras o nanoestructuras de MEMS, es decir, la oblea de partida es realmente un dispositivo electrónico. Como se ha descrito anteriormente, los componentes microelectrónicos integrados 50 pueden ser, por ejemplo, circuitos de CMOS enmascarados al menos parcialmente en la superficie de la oblea 3, o componentes microelectrónicos depositados en una película delgada, tales como circuitos de memoria en la superficie de la oblea. En la tecnología convencional, las vías de interconexión a través de la oblea son realizadas bien antes o bien después de la fabricación de los componentes del dispositivo electrónico. Cuando se fabrican los componentes antes, la vía de interconexión a través de la oblea debe soportar los procedimientos típicos de temperatura elevada de la fabricación de los componentes, que excluye el uso de materiales de alta conductividad tales como metales en las vías de interconexión a través de la oblea. Por lo tanto, tales vías de interconexión a través de la oblea tienen una resistencia relativamente alta. Por otra parte, cuando se realizan las vías de interconexión a través de la oblea en obleas que comprenden componentes prefabricados la fiabilidad y el rendimiento del procesamiento de las vías de interconexión a través de la oblea es crucial. Los procedimientos convencionales tienen como resultado vías de interconexión con una cobertura insatisfactoria del revestimiento conductor 25 en la vía de interconexión a través de la oblea, vías de interconexión demasiado grandes, riesgo de agrietamiento, o un requerimiento de procedimientos de afinamiento de obleas. La presente invención permite el procesamiento de vías de interconexión a través de la oblea de rendimiento elevado en obleas que comprenden componentes prefabricados. Además, se evita el afinamiento de la oblea.

En una realización del procedimiento de la presente invención, se forma una vía 7 de interconexión a través de la oblea en una oblea 3 que comprende componentes prefabricados, ejemplificados por circuitos 50 de CMOS en la cara inferior 5 de la oblea 3. En primer lugar, se forma un primer rebaje 28 en la cara inferior 5 mediante un ataque químico en seco para definir una primera pared inclinada 18. A continuación, se utiliza un ataque químico anisótropo en seco para formar un agujero 9 de interconexión a través de la oblea. De ese modo, se forma un estrechamiento 23 y la pared lateral inclinada superior 20 del estrechamiento 23 replica la primera pared lateral inclinada 18. La pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea está revestida, preferentemente, con una capa de aislamiento para proporcionar un aislamiento eléctrico. Subsiguientemente, se reviste el agujero 9 de interconexión a través de la oblea con al menos un primer revestimiento conductor 25. En otra realización, se utiliza un ataque químico húmedo, por ejemplo un ataque químico isotrópico con KOH, para formar el primer rebaje 28 antes del ataque químico anisótropo en seco del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Esto requiere una capa 53 de pasivación sobre los componentes para protegerlos de la solución agresiva de ataque. Habitualmente, las obleas que comprenden componentes prefabricados están protegidas con una capa de pasivación, que es adecuada para el procesamiento del agujero de interconexión a través de la oblea. Si no, se tiene que depositar una capa de pasivación antes de un procesamiento adicional. Aunque estas realizaciones describen un ataque químico únicamente desde la cara superior 4, se debería comprender que se puede formar cualquier vía 7 de interconexión a través de la oblea según la presente invención en una oblea que comprende componentes prefabricados.

En las Figuras 17a y 17b se ilustra un ejemplo del procedimiento de la presente invención. Se utiliza una oblea 3 de silicio 100 con un grosor de $525\ \mu\text{m}$ como el material de partida. Como apreciará un experto en la técnica, la oblea puede haber sido procesada antes de esta etapa para formar estructuras o componentes en la oblea. El procesamiento comprende las etapas de:

- formar una capa 41 de óxido de silicio que cubra al menos las caras superior e inferior 4, 5 de la oblea 3;
- *depositar* una capa protectora 42 y *darle un patrón* mediante fotolitografía convencional para formar una capa de enmascarado con aberturas en la posición del futuro agujero 9 de interconexión a través de la oblea;
- eliminar el óxido 41 de silicio no enmascarado utilizando un procedimiento estándar de ataque químico húmedo, por ejemplo, utilizando una disolución de BHF;
- *raspar* la capa protectora 42 mediante procedimientos estándar;
- *formar* los rebajes primero y segundo 28, 29 en las caras superior e inferior 4, 5, respectivamente, utilizando KOH (ataque químico húmedo dependiente del plano cristalino anisótropo);
- *formar* la primera porción 13 y parcialmente la tercera porción 15 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea mediante ataque químico DRIE;
- *depositar* una capa 43 de Al sobre la cara superior 4 de la oblea utilizando una deposición electrónica;
- *formar* la parte restante de la tercera porción 15 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea mediante ataque químico DRIE, siendo funcional la capa 43 de Al como una capa de detención del ataque químico;
- *raspar* la capa 43 de Al sobre la cara superior mediante un procedimiento estándar;

- eliminar el óxido 41 de silicio y formar una nueva capa 27 de óxido de silicio que cubra al menos las caras superior e inferior 4, 5 de la oblea 3 y la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea;
- *depositar* un primer revestimiento conductor 25, es decir una capa de crecimiento fabricada de Ti/Cu, que cubra la capa de óxido;
- 5 - *depositar* una capa protectora 44, que recibe un patrón para dejar aberturas en la capa protectora 44 en torno a los agujeros 9 de interconexión a través de la oblea;
- *depositar* un segundo revestimiento conductor 26 hecho de Cu mediante electrodeposición;
- *eliminar* la capa protectora 44 por medio de un procedimiento estándar; y
- *eliminar* la capa de crecimiento expuesta 25 utilizando un procedimiento estándar.
- 10 Con referencia a la Fig. 18, una realización de un procedimiento según la presente invención comprende las etapas de:
 - *definir* al menos una primera pared inclinada 18 en la oblea 3, determinando la primera pared inclinada 18 la forma de la pared inclinada superior 20 del estrechamiento 23;
 - *formar* parcialmente el agujero 9 de interconexión a través de la oblea *mediante ataque químico anisótropo*, replicando la pared lateral inclinada superior 20 del estrechamiento 23 la primera pared lateral inclinada 18;
 - 15 - *depositar* una capa protectora 32 sobre la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea;
 - *dotar de un patrón* a la capa protectora 32 mediante fotolitografía y revelado para eliminar una porción de la capa protectora 32 en el centro del agujero 9 de interconexión a través de la oblea; y
 - *atacar químicamente* la parte restante del agujero 9 de interconexión a través de la oblea con la capa protectora como máscara.
 - 20

También se puede utilizar este procedimiento cuando un componente se encuentra en la cara inferior 5 de la oblea 3. Esto puede requerir que se aplique algún tipo de protección a la cara inferior de la oblea. La formación de patrones de la capa protectora 32 puede estar realizada con una precisión elevada y, por lo tanto, se puede conseguir una conexión eléctrica desde la cara superior hasta el componente con una precisión elevada.

- 25 También se puede utilizar la formación de un patrón de una capa protectora para definir dónde se aplica el revestimiento conductor 25, 26. Además, también se puede utilizar la formación de patrones de una capa protectora para dotar de patrón a otras capas que están depositadas en la pared lateral del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. Estas capas pueden comprender PECVD (deposición de vapor químico mejorada por plasma) SiO₂, BCB o parileno. Como apreciará un experto en la técnica, se puede depositar la capa protectora utilizando distintos procedimientos, es decir, se puede utilizar una capa protectora depositada mediante centrifugado, una capa protectora depositada mediante pulverización y una capa protectora electrodepositada, etc. La Fig. 19 es un diagrama esquemático de una realización del procedimiento de la presente invención, en el que el procedimiento comprende las etapas de:
 - *definir* al menos una pared inclinada 18 en la oblea 3, determinando la primera pared inclinada 18 la forma de la pared inclinada superior 20 del estrechamiento 23;
 - 35 - *definir* al menos la parte restante de la pared lateral (11) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea;
 - *formar* el agujero 9 de interconexión a través de la oblea *mediante ataque químico anisótropo*, en el que la pared lateral inclinada superior 20 del estrechamiento 23 replica la primera pared lateral inclinada 18; y
 - *depositar* el primer revestimiento conductor 25 sobre la pared lateral 11 del agujero 9 de interconexión a través de la oblea.
 - 40

En una realización de la invención el procedimiento comprende, además, la etapa de *definir* al menos una segunda pared inclinada (19) en la oblea (3), determinando la segunda pared inclinada (19) la forma de la pared inclinada inferior (21) del estrechamiento (23).

- 45 Con referencia a la Fig. 20, se fabrica una oblea 3 que tiene una forma según la Fig. 3 utilizando un material fotosensible de partida, por ejemplo Foturan® u otros denominados cerámicas vítreas. Según la presente invención, se barre un haz de luz que tiene una cierta longitud de onda, por ejemplo aproximadamente 290-330 nm para Foturan®, sobre el material para definir las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21, una intersección alisada 22 entre las paredes laterales inclinadas superior e inferior 20, 21, y la parte restante de la pared lateral 11, es decir, para definir la geometría del agujero 9 de interconexión a través de la oblea. El material expuesto cambia sus propiedades, de forma que un tratamiento térmico subsiguiente hace que el material de la oblea se cristalice en
 - 50

5 las regiones expuestas. En Foturan® se forman átomos de plata en las regiones expuestas y durante el tratamiento térmico entre 500°C y 600°C el vidrio se cristaliza en torno a estos átomos de plata. Entonces, se elimina el material en las regiones expuestas, es decir dentro del agujero de interconexión a través de la oblea, por medio de un ataque químico anisótropo utilizando una disolución de ácido fluorhídrico. Las regiones cristalinas, cuando son atacadas químicamente con una disolución al 10% de ácido fluorhídrico a temperatura ambiente, tienen una tasa de ataque químico de hasta 20 veces más que la de las regiones vítreas.

10 Aunque se ha descrito la invención en conexión con lo que se considera en la actualidad que son las realizaciones más prácticas y preferentes, se debe comprender que la invención no está limitada a las realizaciones dadas a conocer; al contrario, se pretende que abarque diversas modificaciones y disposiciones equivalentes en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una oblea (3) que comprende una vía (7) de interconexión a través de la oblea desde una cara superior (4) hasta una cara inferior (5) de la oblea (3), en la que la vía (7) de interconexión a través de la oblea comprende un agujero (9) de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral (11) cubierta parcialmente al menos con un primer revestimiento conductor (25), en la que el agujero (9) de interconexión a través de la oblea comprende al menos una primera porción (13) y una segunda porción (14) que forma un estrechamiento (23) con al menos una pared lateral inclinada superior (20) que se ensancha hacia fuera hacia la cara superior en el agujero (9) de interconexión a través de la oblea **caracterizada porque** dicha primera porción tiene una pared lateral sustancialmente vertical (16).
- 10 2. La oblea (3) según la reivindicación 1, en la que la segunda porción (14) está dispuesta entre la primera porción (13) y una tercera porción (15) de la pared lateral (11), teniendo dicha tercera porción (15) una pared lateral sustancialmente vertical (17).
3. La oblea (3) según la reivindicación 1 o 2, en la que el estrechamiento (23) comprende, además, una pared lateral inclinada inferior (21) que se ensancha hacia fuera hacia la cara inferior (5).
- 15 4. La oblea (3) según la reivindicación 3, en la que una intersección (22) de las paredes laterales inclinadas superior e inferior (20, 21) del estrechamiento (23) está regularmente redondeada.
5. La oblea (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en la que la oblea (3) comprende un material semiconductor cristalino.
- 20 6. La oblea (3) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que un segundo revestimiento conductor (26) cubre al menos parcialmente el primer revestimiento conductor (25).
7. La oblea (3) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la oblea (3) comprende al menos dos grupos de vías (47) de interconexión a través de la oblea dispuestos en secuencia a lo largo de una línea (46), con cada vía de interconexión a través de la oblea dentro de cada grupo desplazada de la línea con respecto a una vía anterior de interconexión a través de la oblea de forma escalonada.
- 25 8. Un dispositivo electrónico que comprende una oblea (3) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
9. Un procedimiento para fabricar una oblea (3) que comprende una vía (7) de interconexión a través de la oblea que se extiende desde una cara superior (4) hasta una cara inferior (5) de la oblea (3), en el que una vía (7) de interconexión a través de la oblea comprende un agujero (9) de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral (11) y la al menos una primera porción (13) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea tiene una pared lateral sustancialmente vertical (16) y una segunda porción (14) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea define un estrechamiento (23) en el agujero (9) de interconexión a través de la oblea, **caracterizado porque** el procedimiento comprende las etapas de:
- 30 - definir al menos una primera pared lateral inclinada (18) en la oblea (3);
- 35 - formar el agujero (9) de interconexión a través de la oblea, por lo que la pared lateral inclinada superior (20) del estrechamiento (23) replica la primera pared lateral inclinada (18); y
- depositar al menos un primer revestimiento conductor (25) en la pared lateral (11) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea.
- 40 10. El procedimiento según la reivindicación 9, que comprende, además, la etapa de definir una segunda pared lateral inclinada (19) en la oblea (3), por lo que, en la etapa de formar, una pared lateral inclinada inferior (21) del estrechamiento (23) replica la segunda pared lateral inclinada (19).
11. El procedimiento según la reivindicación 9 o 10, en el que la etapa de formar el agujero (9) de interconexión a través de la oblea comprende un ataque químico anisótropo.
- 45 12. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que la etapa de definir al menos una primera pared lateral inclinada (18) comprende la etapa de formar un primer rebaje (28) que comprende la primera pared inclinada (18) en la cara superior (4) de la oblea (3) mediante ataque químico.
13. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que la etapa de formar el agujero (9) de interconexión a través de la oblea comprende la etapa de ataque químico bilateral desde las caras superior e inferior (4, 5) para formar una tercera porción (15) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea que tiene una pared lateral sustancialmente vertical (17).
- 50 14. El procedimiento según la reivindicación 9, en el que la etapa de definición comprende la etapa de definir una segunda pared lateral (19) y la pared lateral (11) del agujero (9) de interconexión a través de la oblea, por lo

que, en la etapa de formar, una pared lateral inclinada inferior (21) del estrechamiento (23) replica la segunda pared lateral inclinada (19).

15. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9-14, que comprende, además, la etapa de depositar un segundo revestimiento conductor (26) sobre el primer revestimiento conductor (25).

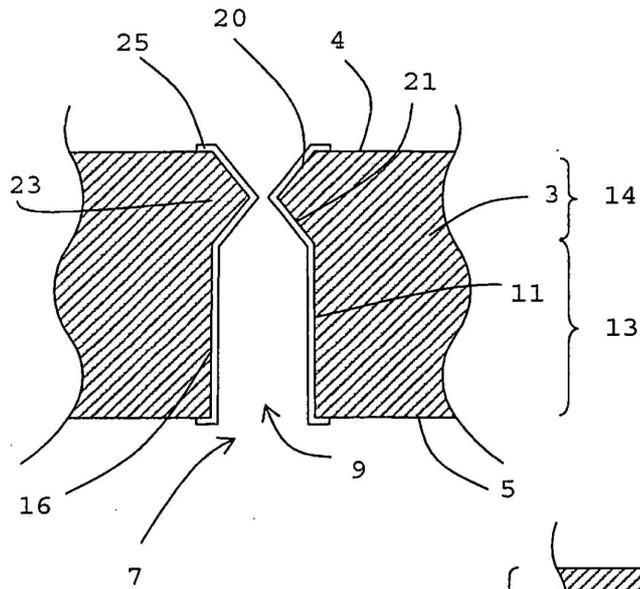


Fig. 1

Fig. 2

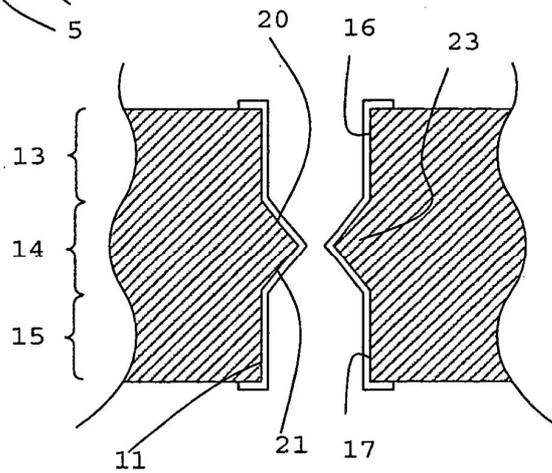
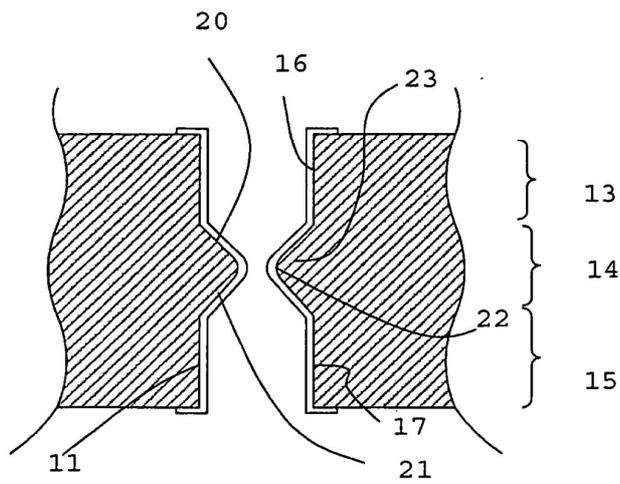


Fig. 3



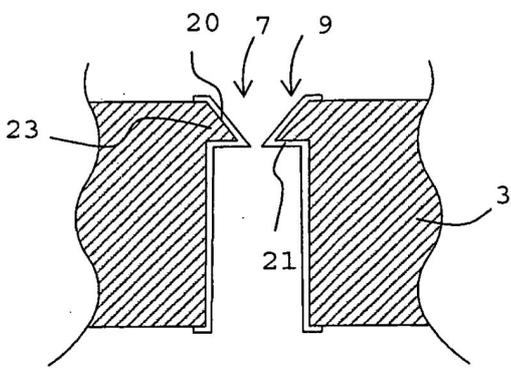


Fig. 4a

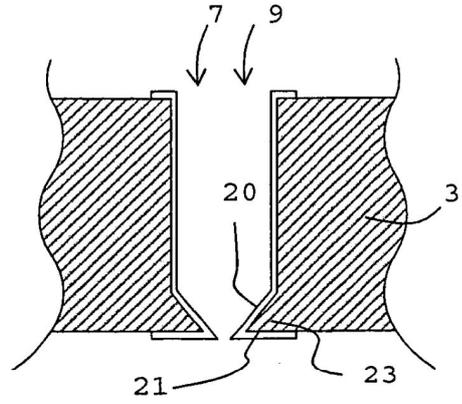


Fig. 4b

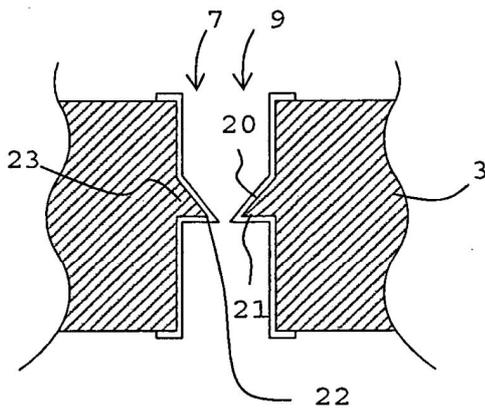


Fig. 4c

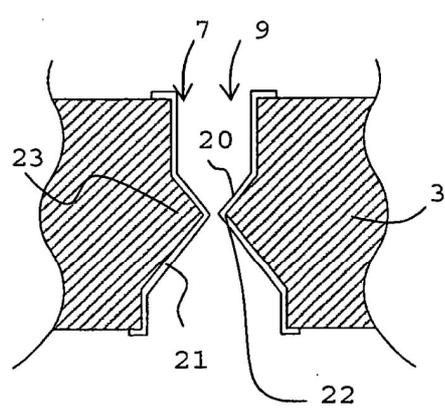


Fig. 4d

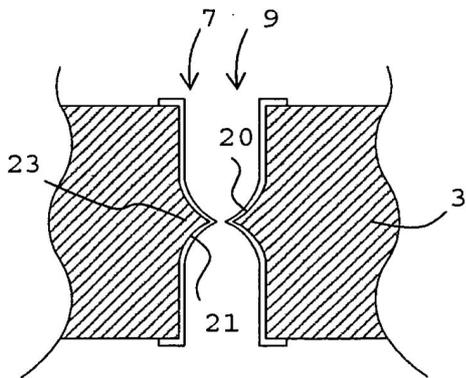


Fig. 4e

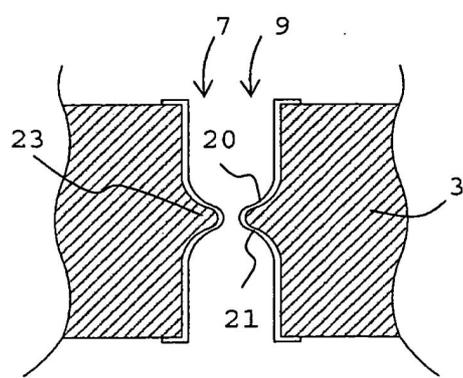


Fig. 4f

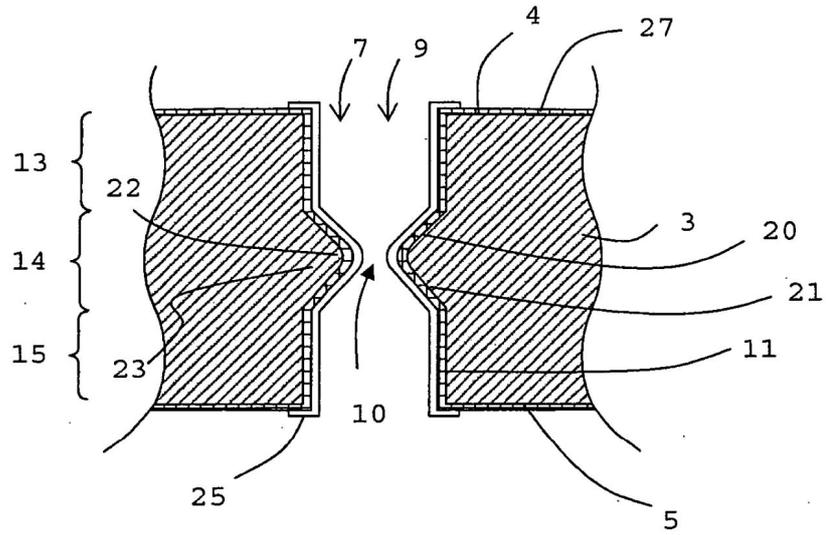


Fig. 5

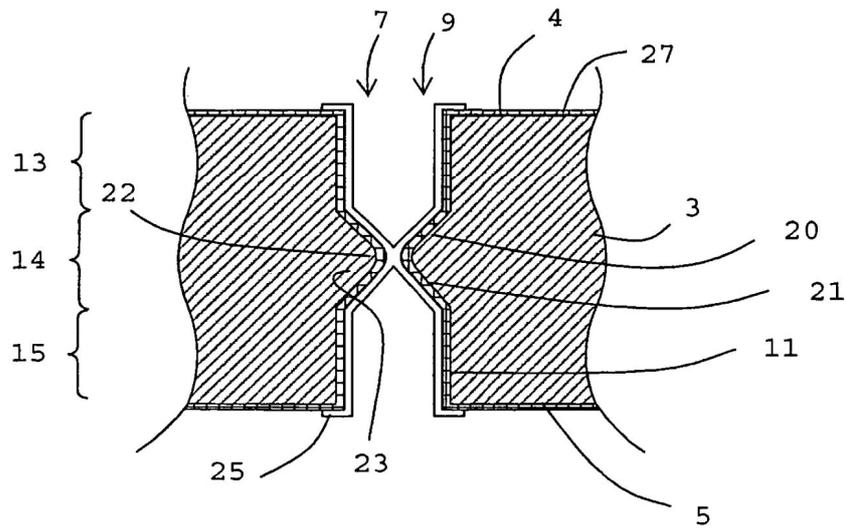
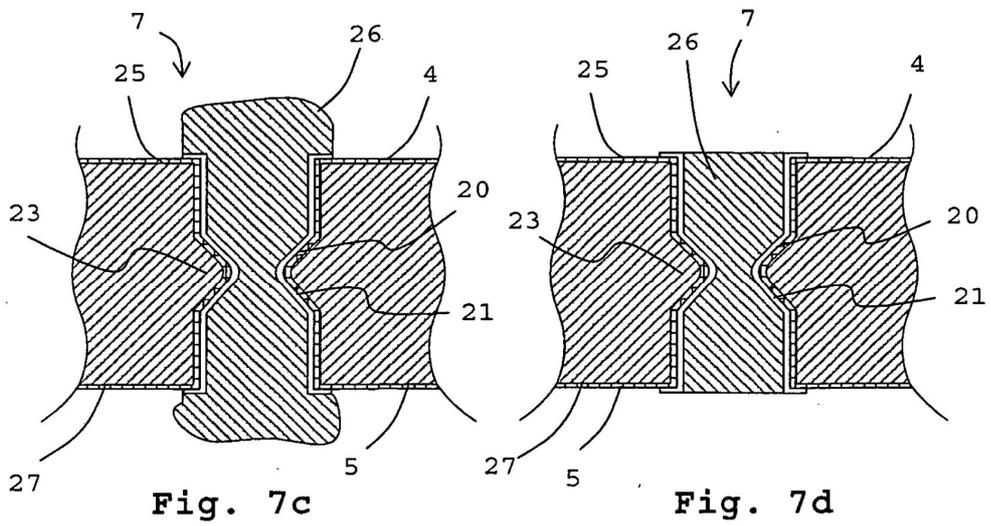
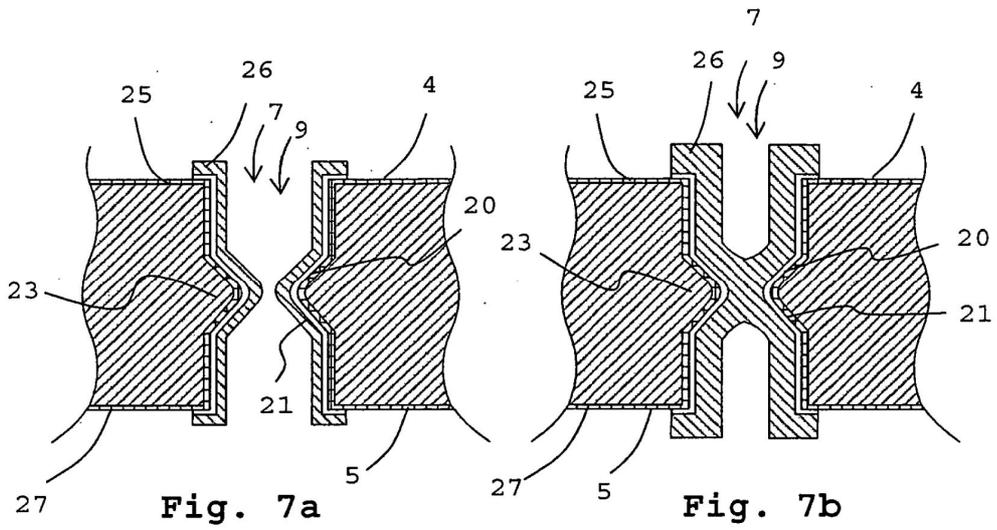


Fig. 6



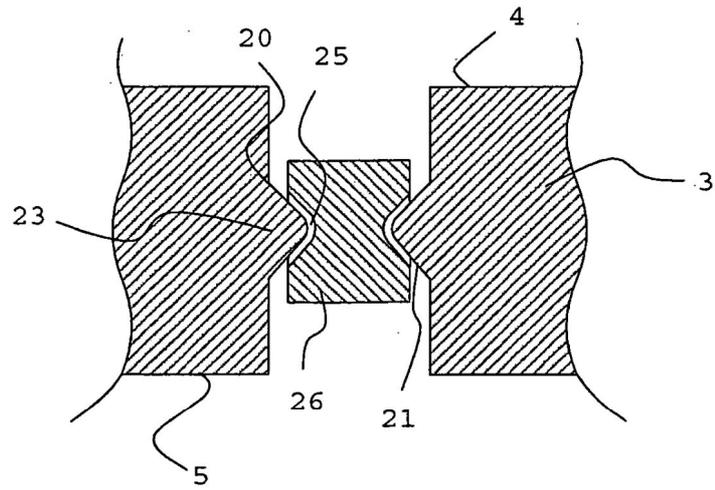


Fig. 7e

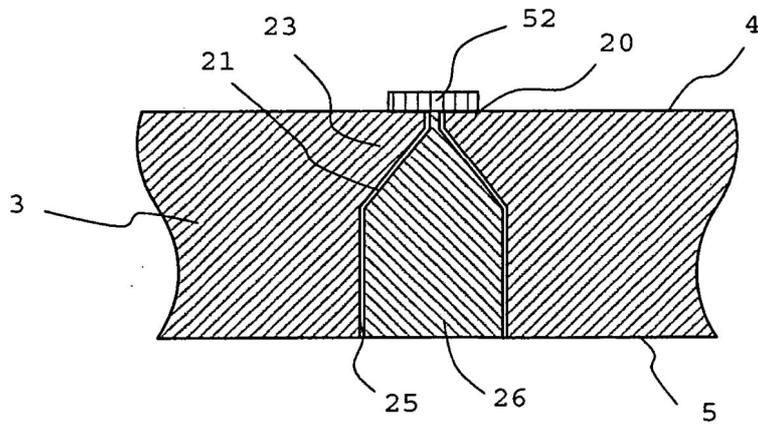


Fig. 7f

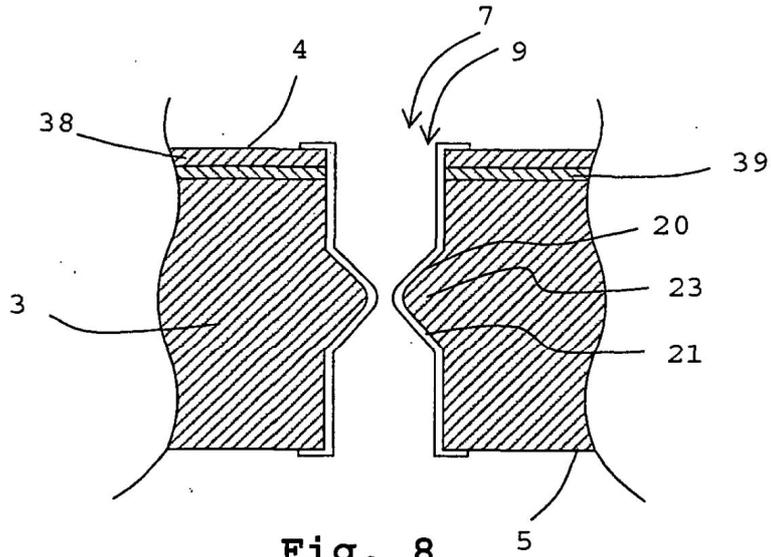


Fig. 8

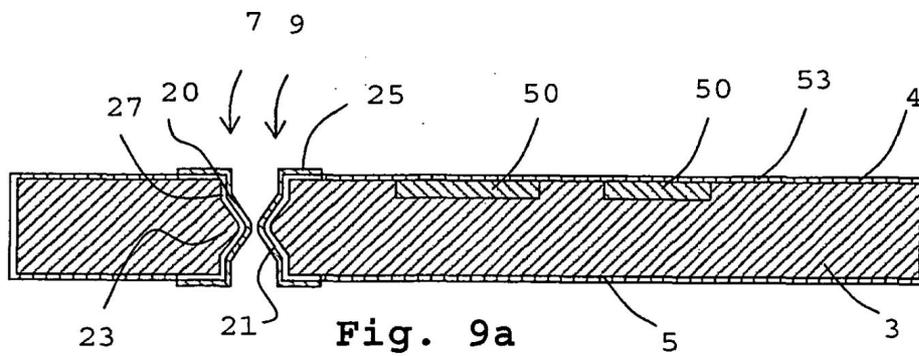


Fig. 9a

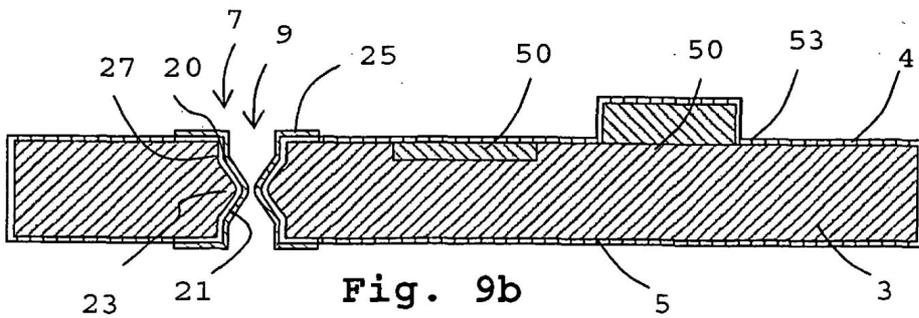


Fig. 9b

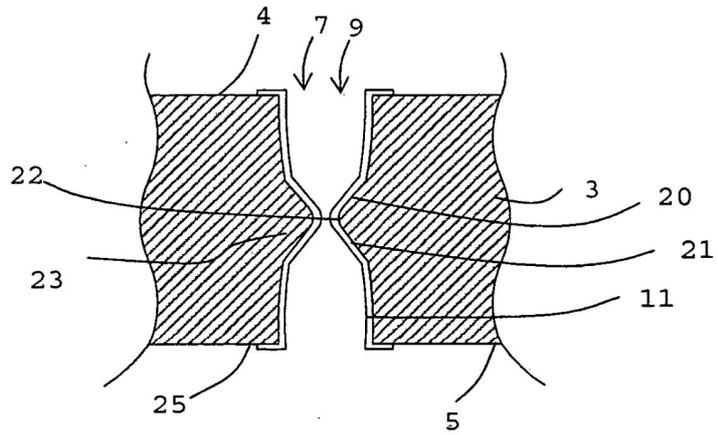


Fig. 10

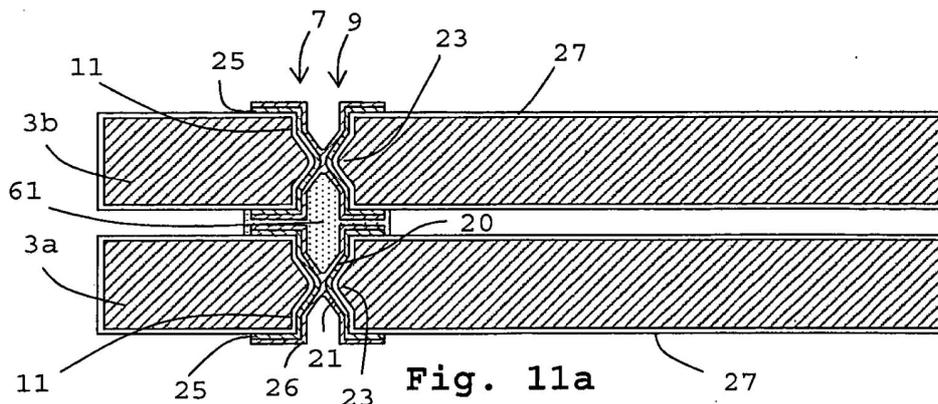


Fig. 11a

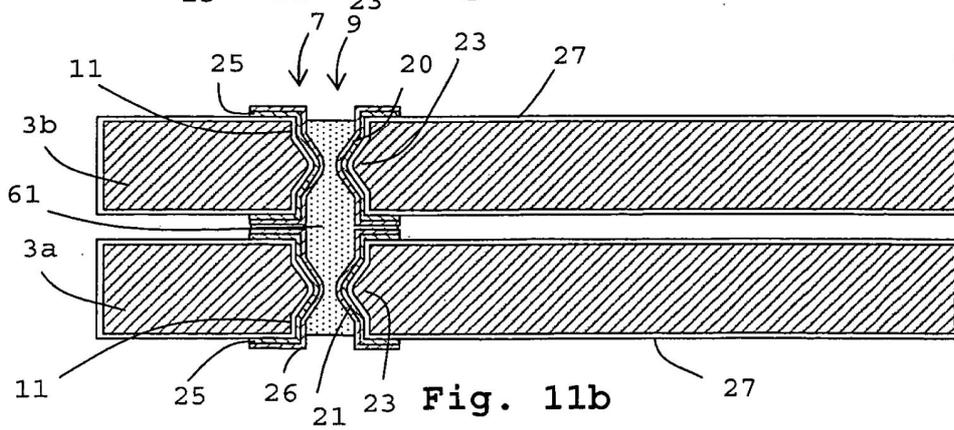


Fig. 11b

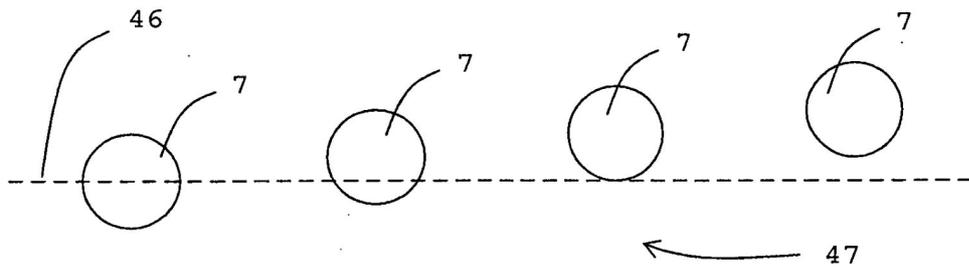


Fig. 12a

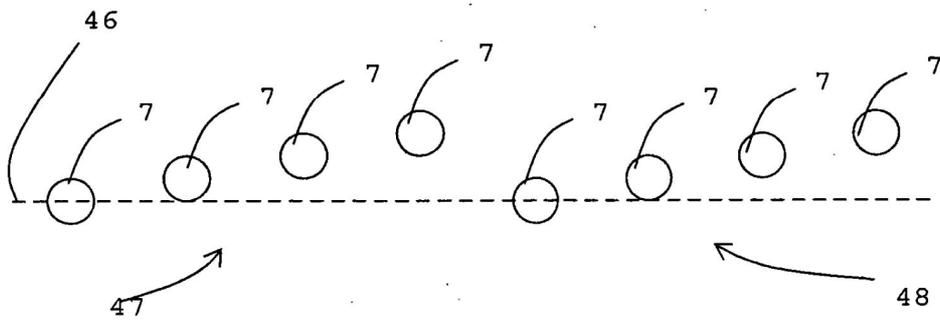


Fig. 12b

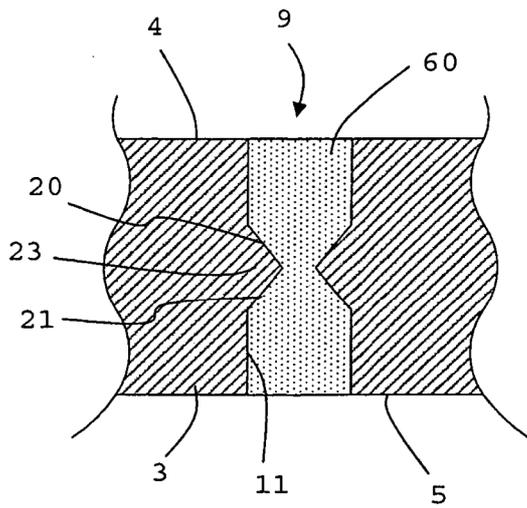


Fig. 13a

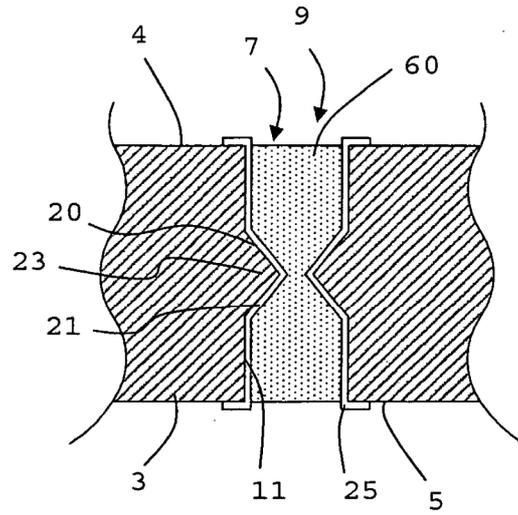


Fig. 13b

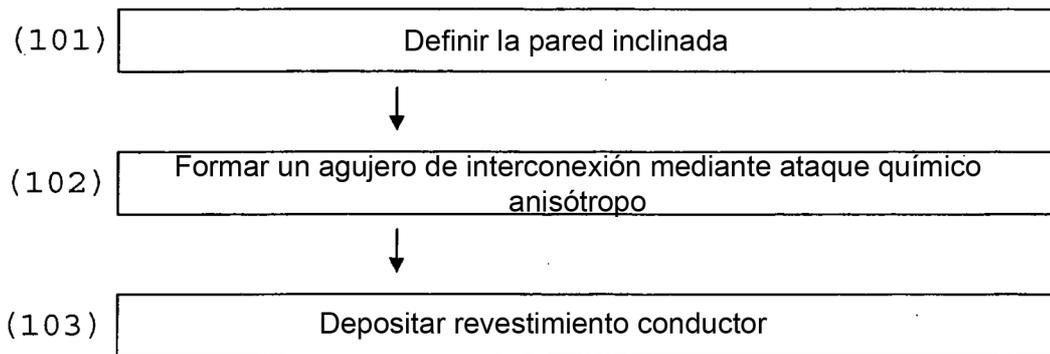


Fig. 14

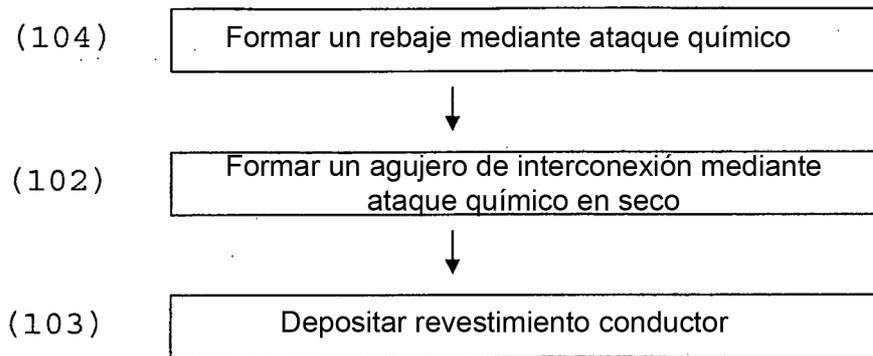


Fig. 15

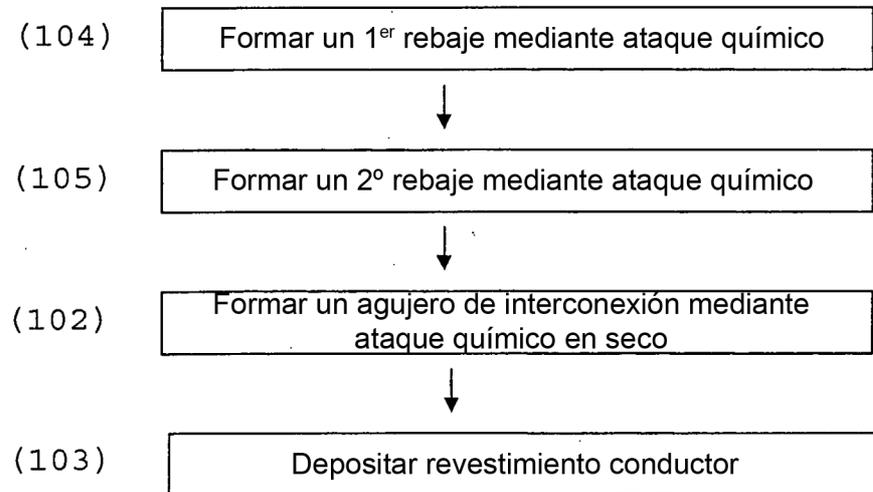


Fig. 16

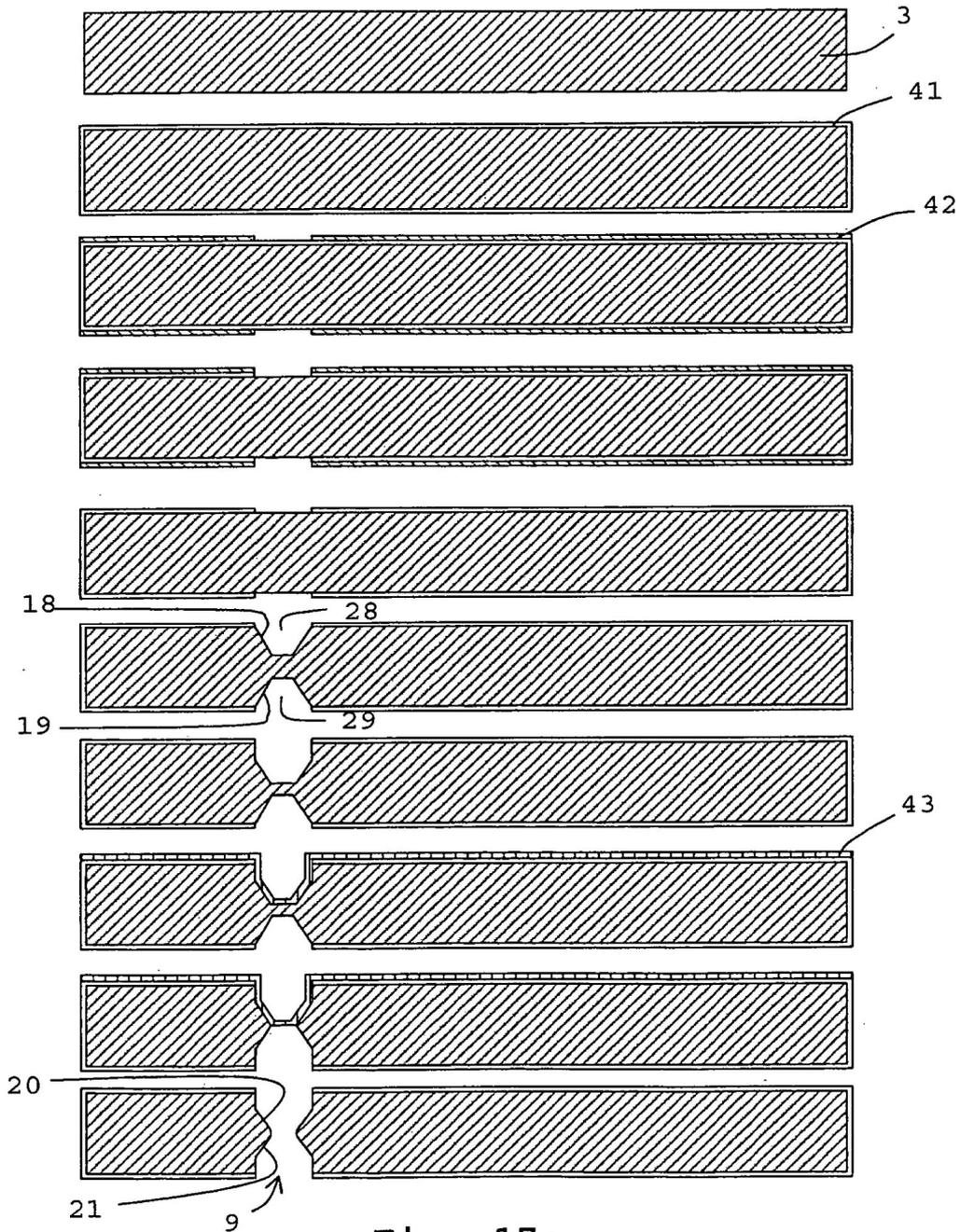
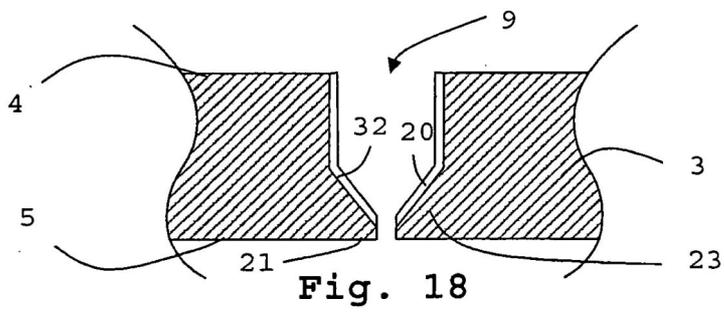
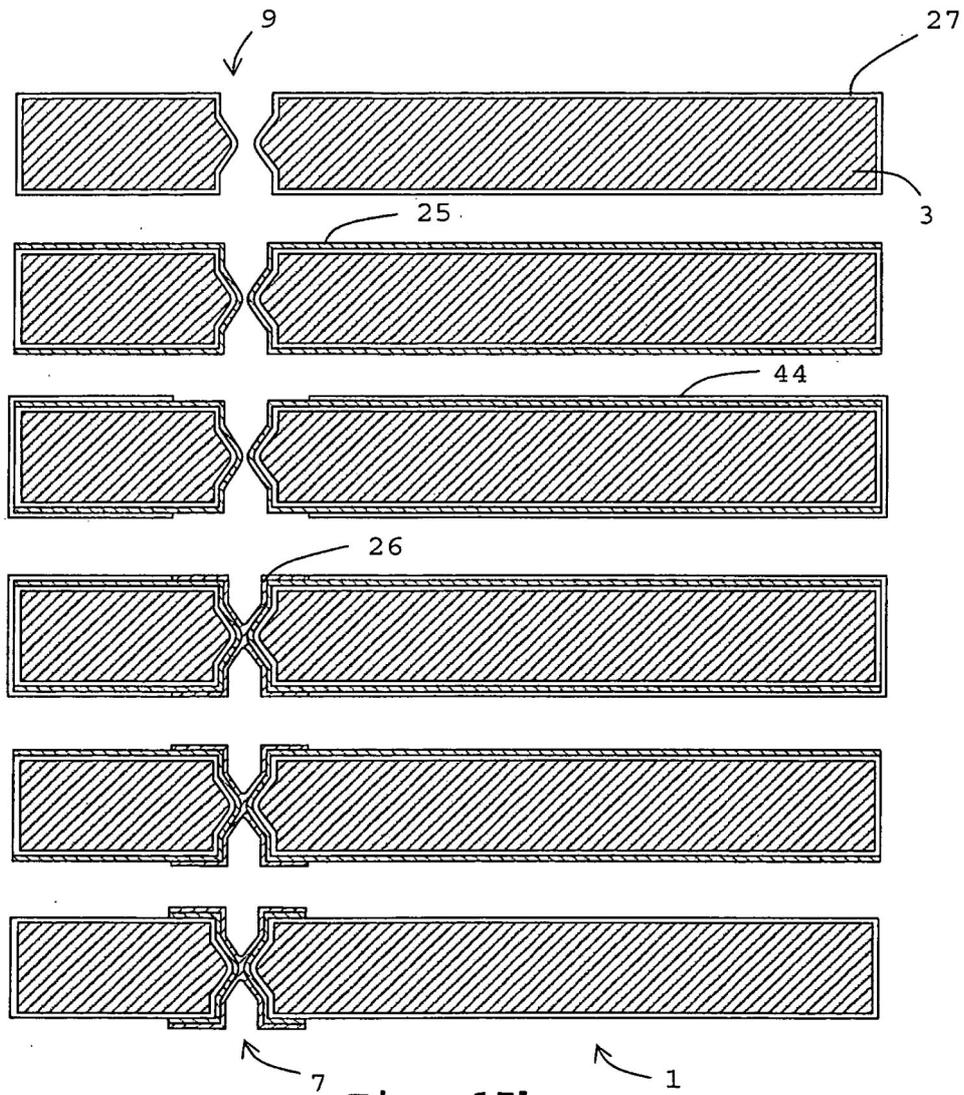


Fig. 17a



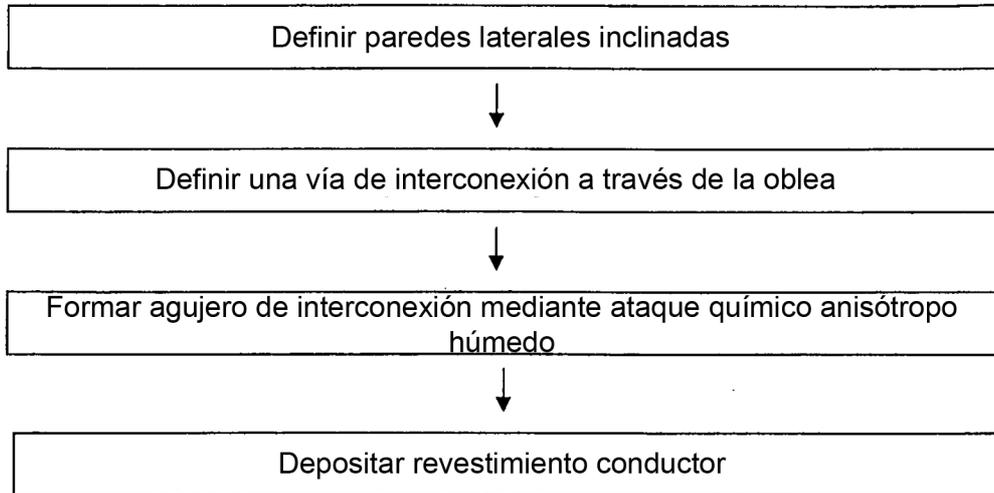


Fig. 19

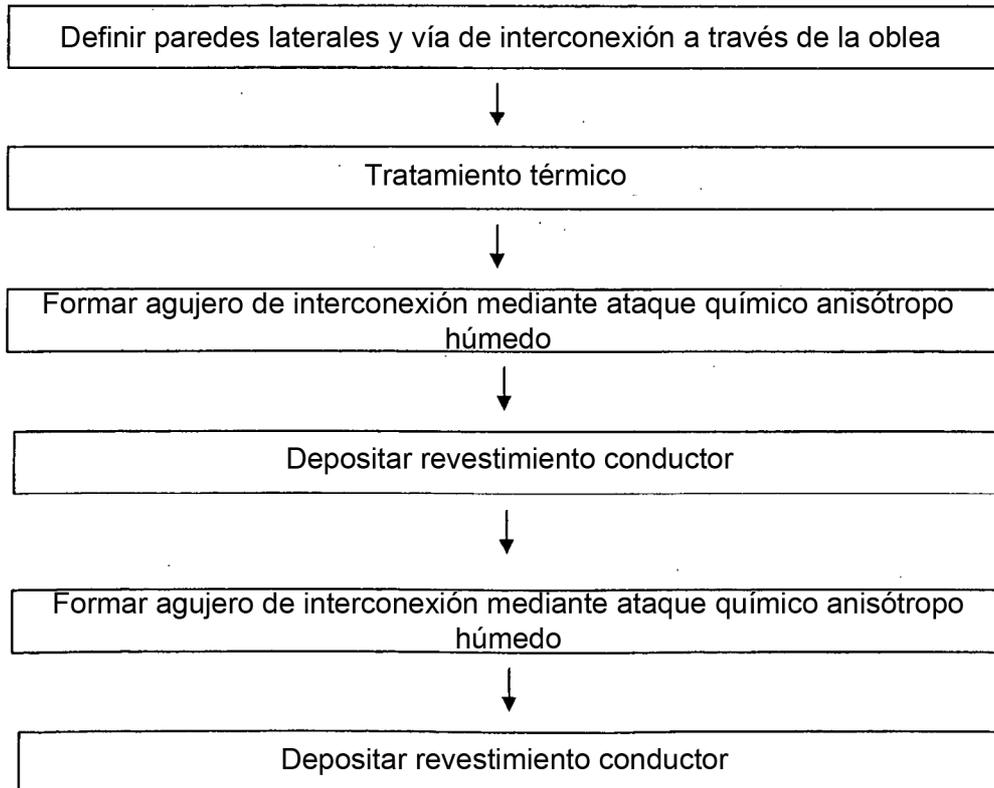


Fig. 20