



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 301 073**

51 Int. Cl.:

**H01J 37/32** (2006.01)

**C23C 16/509** (2006.01)

**C23C 16/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05803234 .3**

86 Fecha de presentación : **23.11.2005**

87 Número de publicación de la solicitud: **1815493**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **08.08.2007**

54

Título: **Cámara de procesamiento al vacío para sustratos de área muy grande.**

30

Prioridad: **24.11.2004 US 630667 P**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.06.2008**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.06.2008**

73

Titular/es: **OC Oerlikon Balzers AG.**  
**9496 Balzers, LI**

72

Inventor/es: **Aing, Phannara;**  
**Delaunay, Laurent;**  
**Jost, Stephan y**  
**Elyaakoubi, Mustapha**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 301 073 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**

Cámara de procesamiento al vacío para sustratos de área muy grande.

5 La presente invención se refiere a equipos de procesamiento al vacío para sustratos con área muy grande, especialmente una cámara de proceso PECVD (deposición química en fase vapor asistida por plasma) (respectivamente un reactor interior) con medios de compensación para la desviación de planicidad.

**Antecedentes de la invención**

10 La presente invención se refiere a cámaras de proceso PECVD de área grande en general, y a cámaras como tales que están a su vez encerradas de nuevo en una segunda cámara de vacío circundante, en particular.

15 Tales “cajas en el interior de una caja” (Plasma Box<sup>TM</sup>) son conocidas en la técnica y están descritas en la Patente Norteamericana N° 4.798.739. La ventaja principal de tales “cajas en el interior de una caja” es que puede mantenerse una presión más baja en la cámara exterior estanca que en el interior de la cámara interior del reactor, de forma tal que puede mantenerse un flujo de gas controlado desde la cámara interior hacia la cámara exterior (“bombeo diferencial”). Una ventaja adicional de tal sistema de “cajas en el interior de una caja” es que la cámara interior puede mantenerse a una temperatura de proceso constante de típicamente en torno a 250°C - 350°C (reactor isotérmico).  
20 Siendo así mantenido constantemente a la temperatura de proceso, un reactor interior como tal permite una distribución de temperatura uniforme y, de este modo, tasas de deposición general uniformes. Sin embargo, con la aparición de sustratos cada vez más grandes (por encima de 2 m x 2 m), se hace cada vez más difícil mantener el reactor interior sustancialmente plano y, consecuentemente, ser capaz de cumplir con las especificaciones de producción requeridas y cargar y descargar los sustratos.

25 Debido a la naturaleza agresiva de los agentes químicos involucrados en el PECVD, las aleaciones de aluminio son los materiales económicos de elección: el aluminio es uno de los pocos materiales conocidos capaces de resistir el ataque de los agentes químicos utilizados en los procesos PECVD, tales como la fluorita, que contienen gases y especies. Sin embargo, desafortunadamente las aleaciones de aluminio tienden a exhibir deformación por fluencia  
30 lenta a temperaturas elevadas e incluso las aleaciones resistentes a la fluencia lenta no pueden eliminar completamente dicha deformación a lo largo del tiempo.

Cualquier deformación y desviación de la planicidad del reactor también ocasiona una deposición no uniforme en el sustrato, dado que la tasa de deposición es (entre otros factores) una función del gap de plasma - es decir, la distancia  
35 entre los electrodos superior e inferior del reactor.

Además, con el fin de cargar y descargar los sustratos, es necesario ser capaz de abrir tanto la cámara exterior como el reactor interior y acceder entonces a los mismos a través de una esclusa de carga. Cualquier abertura como tal debe, nuevamente, ser apto para ser sellado rápida y fiablemente de manera hermética al gas para el proceso de deposición  
40 en curso con el fin de evitar fugas.

**Técnica anterior**

En los reactores PECVD del tipo “cajas en el interior de una caja” conocido en la técnica (documento US  
45 4.798.739), se utilizan barras de acero inoxidable conocidas como “refuerzos” (“stiffeners”) para suspender los reactores interiores desde la cámara exterior. Los propios reactores interiores (por ejemplo, los reactores del sistema Unaxis KAI 1200) están mecanizados a partir de dos mitades casi simétricas herméticas que son abiertas simplemente para mantenimiento y no para fines de carga/descarga. Para fines de carga/descarga, se mecaniza una abertura en una pared lateral del reactor interior, la cual puede ser abierta y cerrada mediante una válvula de ranura de manera hermética. Una horquilla que sostiene un sustrato es introducida dentro de la cámara interior a través de tal abertura. Después,  
50 el sustrato es acomodado mediante un conjunto de pernos verticales. Al retraer la horquilla, esos pernos (elevadores) pueden retraerse verticalmente hasta que el sustrato repose en su posición designada. Entonces, la abertura es sellada mediante una válvula de ranura conocida en la técnica.

**Desventajas de la técnica anterior**

La mayor desventaja del actual diseño de reactor es el tipo de perno/horquilla/abertura lateral para la carga y descarga de los sustratos, como se describió anteriormente. Esto requiere una altura interior uniforme del reactor para  
60 acomodar la horquilla y los pernos. Sin embargo, con tamaños de sustrato muy grandes, la horquilla tiende a doblarse bajo la combinación de su propio peso y del peso del sustrato. El mecanismo de carga/descarga utilizado impone una altura interior cada vez más grande del reactor e impone una altura de abertura grande.

Los refuerzos simples de acero inoxidable, tales como las vigas en forma de T ó H como se conocen en la técnica, no pueden compensar totalmente la deformación y distorsión de los reactores muy grandes, especialmente cuando esos  
65 reactores alcanzan longitudes laterales de más de dos metros. Los refuerzos simples no sólo fallarían en proporcionar un reactor plano a temperatura ambiente, sino especialmente a la temperatura de operación, dado que incluso el acero inoxidable tiende a perder resistencia a temperaturas elevadas. Las soluciones con refuerzos simples tienden

## ES 2 301 073 T3

a pandearse bajo el peso del reactor así como bajo su propio peso, tanto temperatura ambiente como a temperaturas de operación de aproximadamente 300°C.

Las cuestiones mencionadas anteriormente, que resultan principalmente de las diferentes cuestiones de exactitud de forma a las que se debe hacer frente cuando se utilizan tamaños grandes de reactor de más de 2 metros de longitud lateral, requieren un nuevo diseño de reactor.

Hasta ahora, el reactor interior fue concebido en la técnica anterior como una cámara de vacío de una sola pieza. La carga y descarga del reactor se realiza a través de una abertura lateral mecanizada en una pared lateral. El nuevo diseño de reactor tiene que cumplir con los requerimientos de altura óptima mientras procesa el sustrato y la cuestión de la carga mencionada anteriormente que resulta de la horquilla de carga que se dobla. Estos requerimientos ya no son cumplidos por el diseño tradicional de reactor. Adicionalmente, los reactores alcanzan dimensiones cada vez más grandes y tienen que cumplir con las cuestiones relativas a la deformación y expansión crecientes.

### 15 Resumen de la invención

Un reactor de plasma para el tratamiento PECVD de sustratos de gran tamaño según la invención, comprenderá una cámara de proceso de vacío 19 como cámara exterior y por lo menos un reactor interior con alimentación de gas 22 del proceso y una alimentación de RF (radiofrecuencia) 24 conectada eléctricamente a un cabezal electrodo 25 que actúa como antena de RF, comprendiendo también dicho reactor interior una parte inferior del reactor 6 y una parte superior del reactor 2, estando conectado herméticamente por lo menos durante el tratamiento de los sustratos en el reactor de plasma y separado por lo menos durante la carga/descarga de los sustratos. Se describen más adelante realizaciones y características útiles adicionales en las respectivas reivindicaciones dependientes.

### 25 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un reactor según una realización de la invención en estado abierto (1a) y cerrado (1b).

La Figura 2 muestra refuerzos en vista lateral (2a) y longitudinal (2b y 2c) en dos secciones diferentes.

La Figura 3 muestra una placa de estanqueidad utilizada para cerrar herméticamente un reactor según la invención.

La Figura 4 muestra una implementación de una ingeniosa combinación de placa de estanqueidad/separador de estanqueidad.

La Figura 5 es un detalle de un extremo de una placa de estanqueidad.

La Figura 6 muestra una suspensión para una antena de RF según una realización adicional de la invención.

### 40 Descripción detallada de la invención

Por lo tanto, la presente invención está basada en un nuevo concepto de reactor. El reactor está dividido en dos partes; una parte inferior 6 del reactor y una parte superior 2 del reactor (véase la Figura 1). La parte superior 2 del reactor está unida a la cámara de proceso de vacío 19 exterior, preferentemente mediante refuerzos 1 (conexión no mostrada en la Figura 1). La parte inferior 6 del reactor (o partes inferiores en el caso de sistemas de reactores múltiples en una única cámara exterior) es verticalmente movable de forma tal que se abre una abertura entre la pared lateral 11 del reactor y la placa de estanqueidad 9. Cuando el reactor está totalmente abierto, la abertura se amplía y los pernos elevadores 8 comienzan a sobresalir. Entonces, la horquilla de carga (no mostrada en la Figura 1) es capaz de depositar el sustrato sobre los pernos elevadores para la carga, o de retraer el sustrato de los pernos elevadores 8 levantando el sustrato desde abajo, a través de la válvula esclusa 20 de la cámara. Esta apertura de tipo “caja de zapatos invertida” tiene la ventaja principal de que la altura de las paredes 11 del reactor y de este modo el gap de plasma, por consiguiente, pueden ser relativamente pequeños. Si se eligiese una solución de carga/descarga mediante la colocación de una válvula de ranura (en contraposición a la presente invención y como se conoce en la técnica) en la pared del reactor, la altura de la pared 11 habría tenido que ser incrementada sustancialmente para alojar la entrada de una horquilla de carga/descarga, la cual puede doblarse y vibrar con sustratos grandes. Por lo tanto, se limitaría mucho un proceso de deposición económico.

Junto al nuevo concepto de reactor, pueden tomarse medidas adicionales para asegurar el trabajo apropiado del dispositivo de plasma. Una realización adicional de la invención incluye medidas para compensar la deformación y expansión del reactor, que también tienen como resultado cuestiones relativas a la hermeticidad del reactor de dos piezas. Un primer paso para compensar la desviación de planicidad según la presente invención es el uso de separadores de compensación (Figura 2, referencia 4).

La Figura 2a - c ilustra cómo puede compensarse el pandeo por gravedad de los refuerzos 1 y, de este modo, de la parte superior 2 del reactor, mediante separadores de compensación 4. Unos tornillos 5 unen la parte superior 2 del reactor (por ejemplo, hechos de una aleación de aluminio) con los refuerzos 1. Unos ganchos 3 del refuerzo se acoplan, por ejemplo, a una ranura mecanizada dentro del refuerzo 1. Los separadores de compensación 4 de diferentes espesores están dispuestos entre el refuerzo 1 y la parte superior 2 del reactor, y permiten compensar el pandeo de los

refuerzos 1 durante la operación del reactor de plasma a temperaturas elevadas. Los refuerzos 1 de nuevo están unidos a placas transversales en sus extremos (no mostrado). Utilizando un refuerzo 1 de la parte superior del reactor, que está soportado y unido a la cámara exterior por los extremos, y eligiendo cuidadosamente los espesores de los separadores de compensación 4, que son más gruesos en los extremos de los refuerzos (Figura 2b), más delgados hacia el medio (Figura 2c) y faltantes en el centro, puede compensarse el pandeo a la temperatura de operación. El pandeo de la parte superior del reactor necesita ser más compensado en el medio que sobre los extremos, tal como se ilustra mediante la curvatura del refuerzo 1 en la Figura 2a. En consecuencia, los refuerzos en la parte inferior (lado inferior) del reactor también muestran una curvatura ligeramente hacia abajo hacia el centro, pero tienen los separadores de compensación más gruesos, dispuestos entre el refuerzo 1 y la parte inferior 6 del reactor en el centro del refuerzo. Las ranuras mecanizadas en el refuerzo 1 y en el gancho 3 del refuerzo pueden adaptarse además a la expansión térmica entre la parte superior del reactor y el refuerzo.

La Figura 3 muestra un medio adicional para la compensación de la desviación de planicidad: mediante el empleo de una placa de estanqueidad 9a con muelles de placa 10. Una desviación adicional de la planicidad de la pared lateral 11 del reactor contra la parte inferior 6 del reactor, que podría no ser compensada por los separadores de compensación de los refuerzos, influirá negativamente sobre la estanqueidad del reactor. La placa de estanqueidad 9a está concebida para compensar esta desviación, dado que la placa 9a es elástica hasta cierto punto y está presionada hacia la parte inferior 6 del reactor sobre el lado interior del reactor. Además, un separador de estanqueidad 9b bajo el centro de la placa de estanqueidad (Figura 4) sirve para evitar que la placa de estanqueidad sea apretada sobre toda la longitud existente entre la pared 11 del reactor y la parte inferior 6 del reactor. De este modo se logra el actual sellado en dos lugares: entre la placa de estanqueidad 9a y la parte inferior del reactor sobre el lado interior, y entre la placa de estanqueidad 9a y la pared 11 del reactor sobre el lado exterior (parte superior) del reactor.

Los separadores de estanqueidad 9b ofrecen una posición de cierre bien definida; éstos hacen posible que las placas de estanqueidad 9a - que están presionadas completamente contra la pared 11 por el muelle de placa 10 - se contraigan o expandan libremente hacia fuera desde el centro. Con una longitud lateral de reactor de aproximadamente 2,5 metros, puede compensarse de este modo una distorsión máxima de aproximadamente 2 mm.

Dado que tanto el reactor interior como el recipiente exterior están bajo vacío durante el funcionamiento, el sello sólo necesita ser hermético a la diferencia de presión entre ambos, que está típicamente en el rango de  $10^{-2}$  a  $10^{-3}$  mbar.

En la Figura 4, las flechas finas ilustran cómo se explica la expansión térmica del sello. De forma general, la placa de estanqueidad 9a está unida de forma fija en el centro y puede contraerse y expandirse hacia las esquinas.

La Figura 5 ilustra un detalle del extremo de una placa de estanqueidad 9a en el cual ésta se une a otra placa de estanqueidad 9a en una esquina: se proporciona un reborde para compensar la expansión térmica.

En otra realización, sin embargo menos preferida, el sello puede alcanzarse alternativamente mediante una junta tórica elástica situada en una ranura trapezoidal sobre el lado más bajo (parte inferior) de la pared 11 del reactor. Dado que el reactor está destinado a ser abierto y cerrado varios miles de veces, que la temperatura en el reactor es alta y que las especies químicas en el plasma son muy agresivas, el material de una junta tórica como tal está fuertemente sometido a tensiones. Los materiales actuales para una junta tórica como tal apenas cumplen tales requerimientos.

La Figura 6 muestra otra parte del reactor en la cual necesita compensarse la expansión térmica: la suspensión de la antena de radiofrecuencia (RF) 12. Las flechas en la Figura 6 indican la libertad de contracción/expansión. Las suspensiones soportan la antena en su lugar; éstas no alimentan la actual energía de RF. La energía de RF es alimentada a través de la antena dentro del plasma, la cual, por esa razón, se calienta considerablemente y se expande térmicamente en consecuencia. Si no fuera utilizada la suspensión en un reactor de plasma, el problema de la expansión/contracción podría ser solventado fácilmente agregando una ranura de dilatación como se muestra con las flechas entre la parte superior 2 del reactor (puesta a tierra) y la suspensión 14, y aislando eléctricamente entonces la parte superior del reactor de la antena empleando cerámicas aislantes sobre una parte apropiada de la suspensión. Sin embargo, dado que el reactor es operado bajo vacío, deben evitarse gaps y grandes caídas de potencial con el fin de evitar la ignición del plasma parásito. Dado que, en este caso, no puede evitarse un huelgo entre la parte superior 2 del reactor y la suspensión 14 debido a la expansión/contracción térmica, se evita una caída de potencial llevando la parte superior 14 de la suspensión al mismo potencial que la parte superior 2 del reactor, mediante la aislación de la parte inferior 17 de la suspensión (que tiene el mismo potencial que la antena de RF 12) por medio de un cilindro cerámico (parte media, 16), el cual tiene una rosca en la parte interior para acoplar la parte superior 14 y la parte inferior 17 de la suspensión una a otra. La parte superior 14 y la parte inferior 17 de la suspensión están separadas adicionalmente por un pequeño huelgo, que es demasiado pequeño para ser susceptible al plasma parásito. Adicionalmente, los separadores de RF 18, con un potencial flotante, son empleados sobre la antena para evitar plasma parásito en el espacio entre la parte superior 2 del reactor y la antena 12.

En otra realización, menos preferida, el equivalente de la parte cerámica en la mitad de la suspensión es un cilindro cerámico con dos roscas de tornillo que sobresalen en sus extremos. Sin embargo, los tornillos de cerámica son propensos a romperse fácilmente.

## Ventajas de la invención

El reactor según la presente invención está destinado a tamaños de sustrato muy grandes (tales como sustratos para pantallas de cristal líquido) y para uso en una cámara de vacío exterior (como un Plasma Box<sup>TM</sup>). Debido a su gran tamaño - expansión térmica (que puede estar en el rango de centímetros con longitudes de reactor en el rango de metros) y deformación general (tal como deformación por fluencia lenta) - presenta severos problemas de estanqueidad y de suspensión de los elementos que tiene que ser acoplados a la cámara exterior. La mayor ventaja de la presente invención es que el reactor es hermético desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de operación (aproximadamente 300°C). Otra ventaja importante es que, utilizando el principio de apertura por “caja de zapatos invertida” del reactor, pueden evitarse grandes aberturas en la pared del reactor (como se conocen en la técnica) y, de este modo, el gap de plasma puede mantenerse pequeño, lo cual es esencial para la productividad del reactor.

El reactor según la presente invención es, de este modo, eficiente, económico y fácil de fabricar y mantener.

## Referencias utilizadas en las figuras

- 1 Refuerzo (por ejemplo, de acero inoxidable)
- 2 Parte superior del reactor (por ejemplo, de aleación de aluminio)
- 3 Gancho del refuerzo
- 4 Separador de compensación
- 5 Tornillo
- 6 Parte inferior del reactor
- 7 Sustrato
- 8 Perno (elevador) para el soporte del sustrato
- 9 9a placa de estanqueidad
- 9b separador de estanqueidad
- 10 Muelle de placa
- 11 Pared lateral (del reactor)
- 12 Antena de RF (por ejemplo, de aluminio)
- 13 Tapa de la suspensión
- 14 Parte superior de la suspensión (por ejemplo, de aluminio)
- 15 Anillos reductores de la fricción y partículas (por ejemplo, de cerámica)
- 16 Parte media de la suspensión (por ejemplo, de cerámica)
- 17 Parte inferior de la suspensión (por ejemplo, de aluminio)
- 18 Separadores de RF
- 19 Cámara de proceso de vacío
- 20 Válvula esclusa de la cámara
- 21 Suspensión
- 22 Alimentación de gas del proceso
- 23 Red de bombeo
- 24 Alimentación de RF
- 25 Cabezal electrodo
- 26 Escape.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un reactor de plasma para deposición química en fase vapor asistida por plasma (PECVD) para el tratamiento de sustratos de gran tamaño, que comprende una cámara de proceso de vacío (19) como cámara exterior y por lo menos un reactor interior con una alimentación de gas (22) del proceso, y una alimentación de RF (radiofrecuencia) (24) conectada eléctricamente a un cabezal electrodo (25) que actúa como antena de RF, comprendiendo también dicho reactor interior una parte inferior (6) del reactor y una parte superior (2) del reactor, estando conectado herméticamente por lo menos durante el tratamiento de los sustratos en el reactor de plasma y separado por lo menos durante la carga/descarga de los sustratos.
- 10 2. El reactor de plasma según la reivindicación 1, en el cual la cámara de proceso de vacío (19) muestra una abertura con una válvula esclusa (20) de la cámara, permitiendo la carga y descarga de sustratos dentro de la cámara de proceso de vacío (19).
- 15 3. El reactor de plasma según las reivindicaciones 1 - 2, en el cual unos pernos (8) en la parte inferior del reactor soportan el sustrato (7) a ser tratado.
- 20 4. El reactor de plasma según las reivindicaciones 1 - 3, en el cual la parte inferior (6) del reactor es movable verticalmente para separar y sellar la parte superior (2) del reactor y la parte inferior (6) del reactor.
- 25 5. El reactor de plasma según las reivindicaciones 1 - 4, en el cual una placa de estanqueidad (9, 9a) interactúa con una pared lateral (11) de la parte superior (2) del reactor para ser presionada de manera hermética contra la parte inferior (6) del reactor.
- 30 6. El reactor de plasma según la reivindicación 5, en el cual, en el estado cerrado de dicho reactor interior, la placa de estanqueidad (9a) está concebida para ser apretada por medio de muelles (10) a una parte interior de la parte inferior (6) del reactor y a la pared lateral (11) del reactor.
- 35 7. El reactor de plasma según la reivindicación 5, en el cual un separador de estanqueidad (9b) está dispuesto bajo el centro de la placa de estanqueidad (9a).
- 40 8. El reactor de plasma según las reivindicaciones 1 - 5, en el cual unos refuerzos (1) soportan la parte superior (2) del reactor y/o la parte inferior (6) del reactor.
- 45 9. El reactor de plasma según la reivindicación 8, en el cual los refuerzos (1) están conectados a la parte superior (2) del reactor y/o a la parte inferior (6) del reactor mediante separadores de compensación (4) con espesores elegidos para compensar la expansión térmica durante la operación.
- 50 10. El reactor de plasma según la reivindicación 9, en el cual los separadores de compensación (4) dispuestos entre el refuerzo (1) y la parte superior (2) del reactor son más gruesos en el extremo y más finos hacia el medio del refuerzo (1).
- 55 11. El reactor de plasma según la reivindicación 9, en el cual los separadores de compensación (4) dispuestos entre el refuerzo (1) y la parte inferior (6) del reactor son más gruesos en el centro del refuerzo (1).
12. El reactor de plasma según las reivindicaciones 9 - 11, en el cual unos tornillos (5) unen el refuerzo (1) y la parte superior (2) del reactor o la parte inferior (6) del reactor respectivamente, con la ayuda de ganchos (3) del refuerzo y separadores de compensación (4).
13. El reactor de plasma según las reivindicaciones 1 - 12, en el cual una suspensión (21) conecta una antena de RF (12) y la parte superior (2) del reactor, comprendiendo dicha suspensión una parte superior (14), una parte media (16) y una parte inferior (17), estando dicha parte superior (14) al mismo potencial que la parte superior (2) del reactor, estando dicha parte inferior (17) al mismo potencial que la antena de RF (12) y la parte media (16) y conectando y aislando eléctricamente dicha parte media (16) a dicha parte superior (14) y dicha parte inferior (17).
14. El reactor de plasma según la reivindicación 13, que comprende además unos separadores de RF (18) en el espacio entre la parte superior (2) del reactor y la antena de RF (12).
15. Un método para tratar un sustrato en un reactor de plasma según la reivindicación 1, que comprende las etapas de (a) apertura del reactor interior mediante el descenso vertical de la parte inferior (6) del reactor, (b) la apertura de una válvula esclusa (20) de la cámara que da acceso al reactor interior, (c) la colocación del sustrato (7) sobre pernos (6), (d) la elevación vertical de la parte inferior (6) del reactor hasta que el reactor interior es cerrado, (e) el cierre de la válvula esclusa (20) de la cámara y (f) el tratamiento del sustrato.

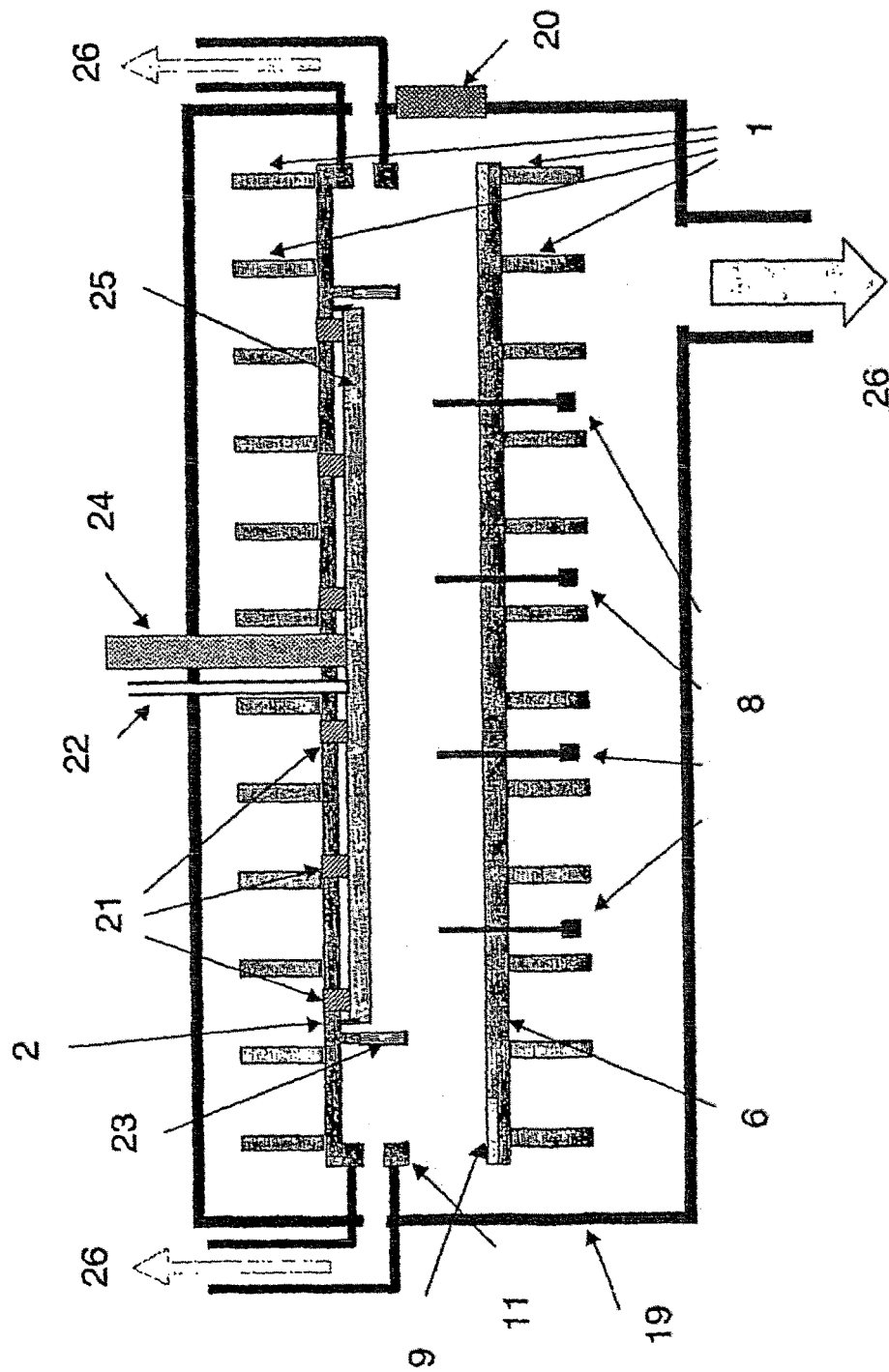


Fig. 1a

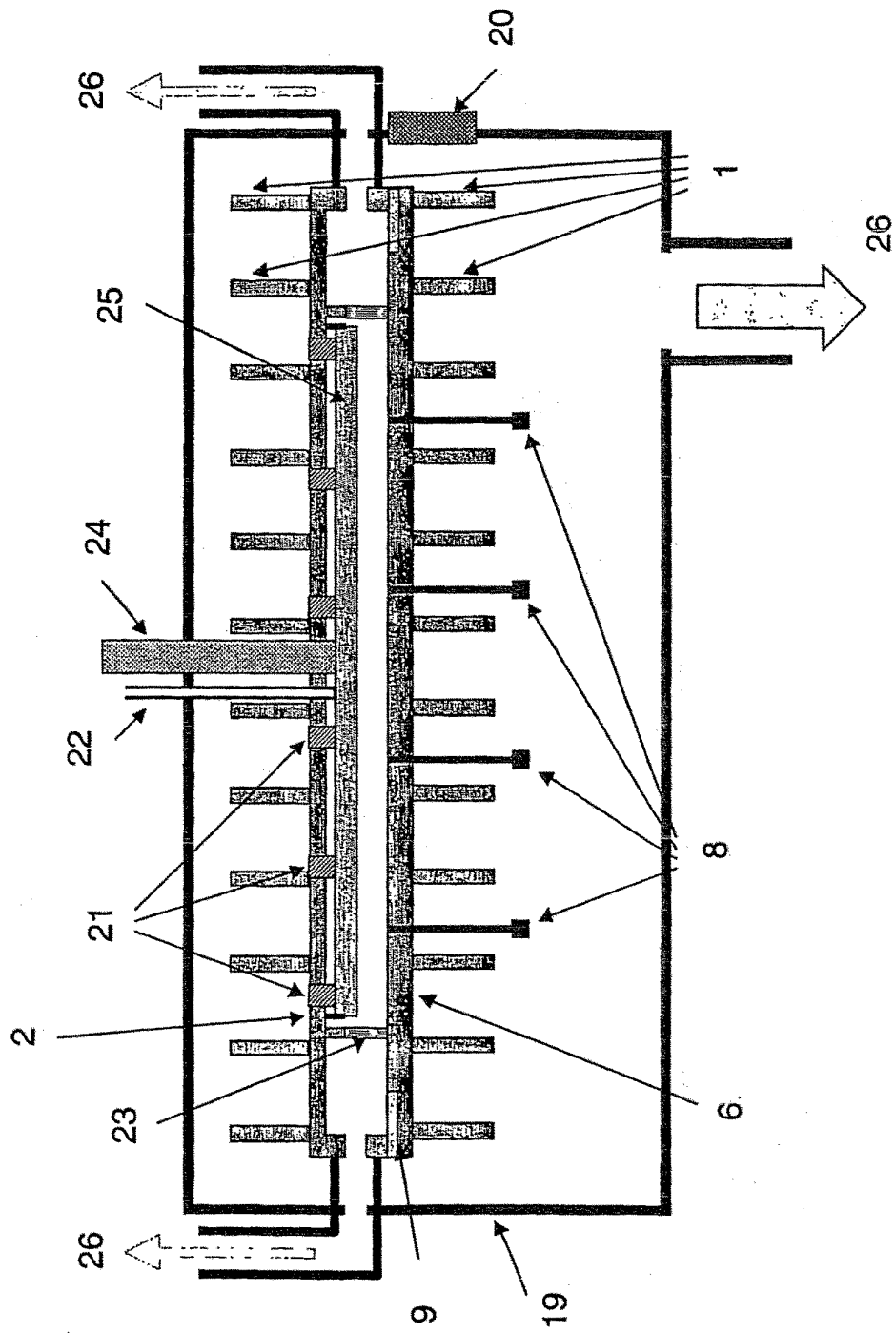


Fig. 1b



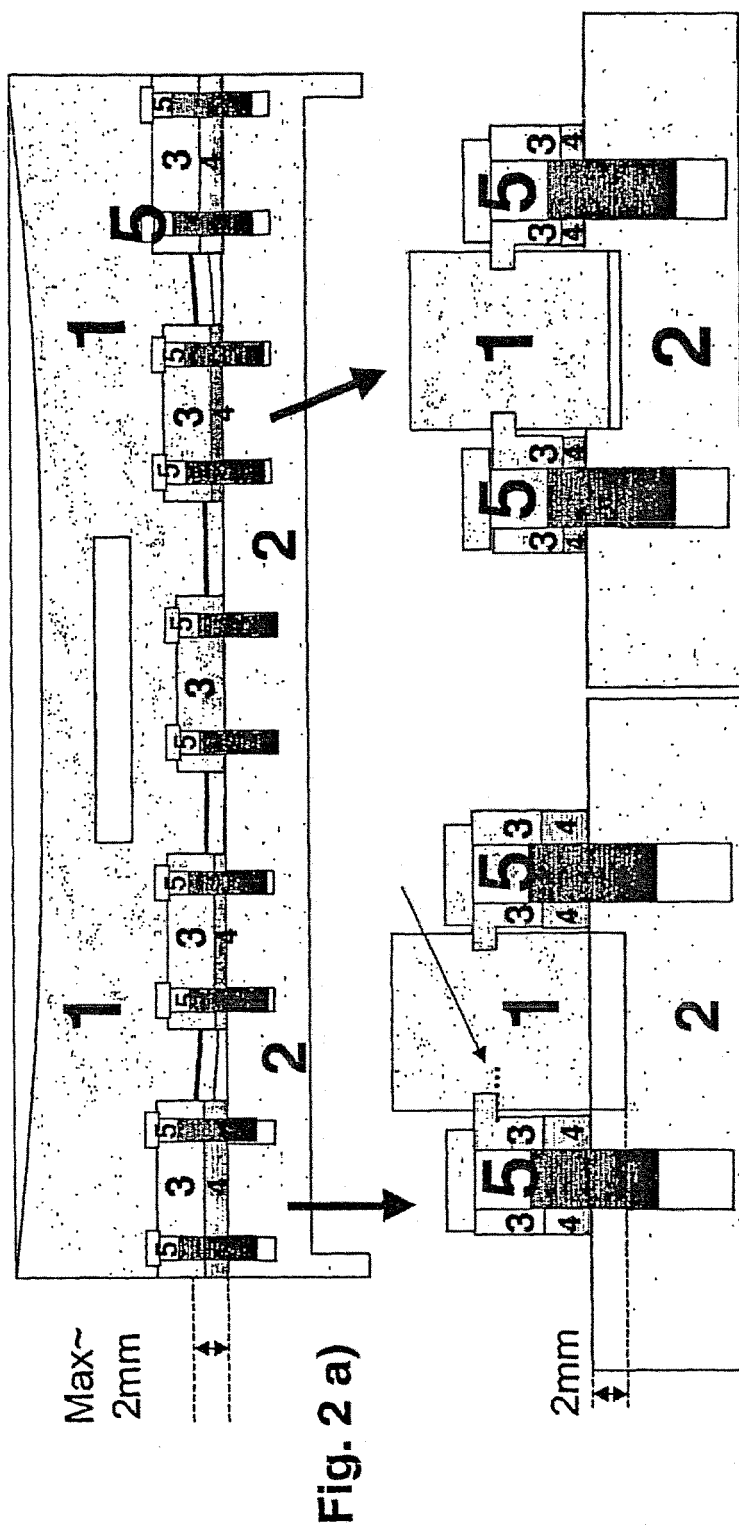


Fig. 2 c)

Fig. 2 b)

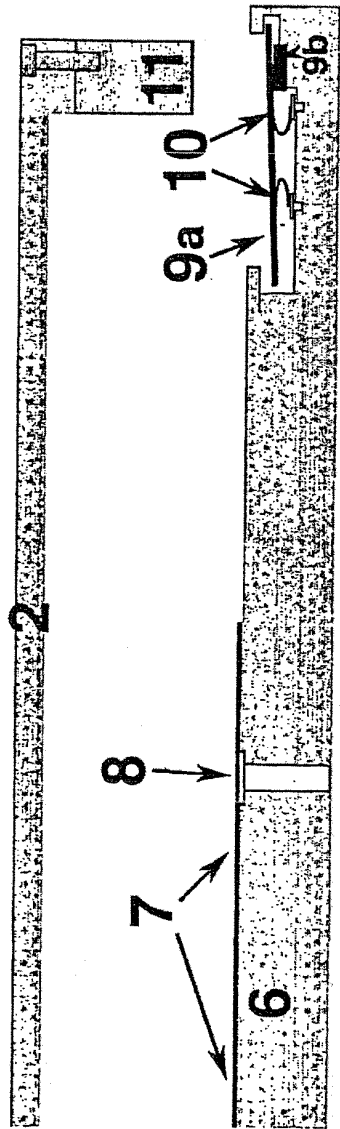


Fig 3

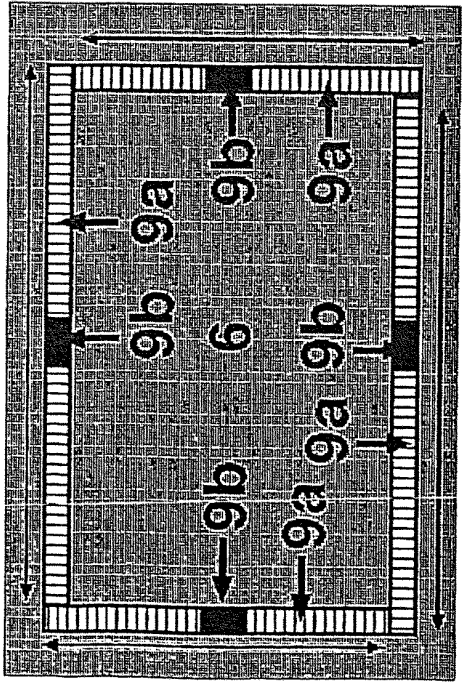


Fig 4

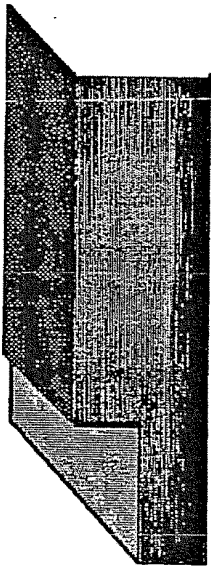


Fig. 5

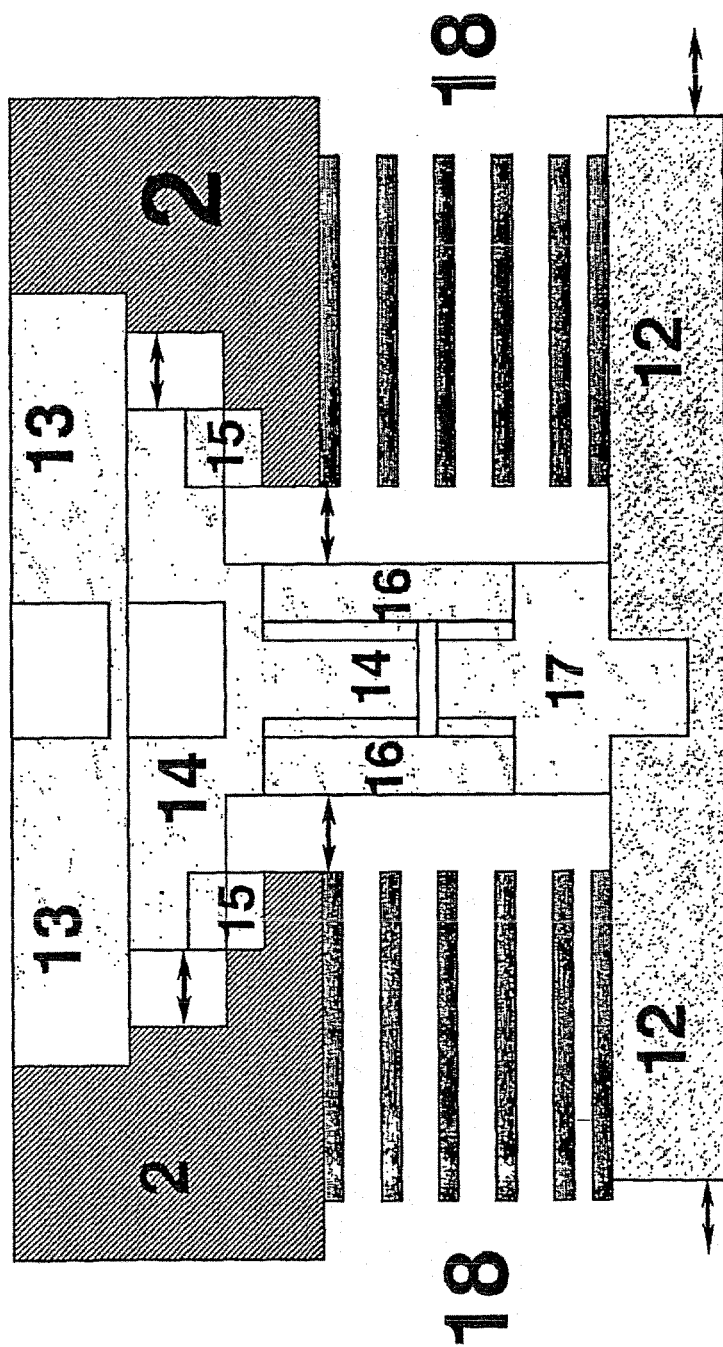


Fig. 6