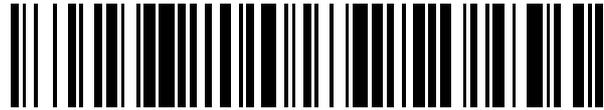


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 394**

51 Int. Cl.:

**C30B 25/14** (2006.01)  
**C23C 16/40** (2006.01)  
**C23C 16/455** (2006.01)  
**C30B 25/16** (2006.01)  
**C30B 29/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2009 PCT/FI2009/050432**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009 WO09144371**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2009 E 09754024 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2286006**

54 Título: **Procedimientos y aparatos para reactores de deposición**

30 Prioridad:

**27.05.2008 US 154879**

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

**24.10.2016**

73 Titular/es:

**PICOSUN OY (100.0%)  
Tietotie 3  
02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**LINDFORS, SVEN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 587 394 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

Procedimientos y aparatos para reactores de deposición

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, a aparatos y procedimientos para reactores de deposición. Más en particular, pero no exclusivamente, la invención se refiere a aparatos y procedimientos para reactores de deposición de este tipo en los que se deposita el material sobre las superficies por medio de reacciones superficiales autosaturantes secuenciales.

**Antecedentes de la invención**

10 El procedimiento de Epitaxia de Capas Atómicas (ALE) fue inventado por el Dr. Tuomo Suntola a principios de la década de 1970. Otro nombre genérico para el procedimiento es el de Deposición de Capas Atómicas (ALD) y se utiliza hoy en día en lugar de ALE. ALD es un procedimiento especial de deposición química en base a la introducción secuencial de al menos dos especies precursoras reactivas en un sustrato que se encuentra dentro de un espacio de reacción calentado. El mecanismo de crecimiento de ALD se basa en las diferencias de fuerza de adhesión entre la adsorción química (quimiosorción) y la adsorción física (fisiosorción). La ALD utiliza quimiosorción y elimina la fisiosorción durante el proceso de deposición. Durante la quimiosorción se forma un enlace químico fuerte entre el o los átomos de una superficie en fase sólida y una molécula que está llegando desde la fase de gas. La unión por fisiosorción es mucho más débil debido a que sólo están involucradas las fuerzas de Van der Waals. Las uniones por fisiosorción son rotas fácilmente por la energía térmica cuando la temperatura local es superior a la temperatura de condensación de las moléculas.

20 Por definición, el espacio de reacción de un reactor de ALD comprende todas las superficies calientes que pueden estar expuestas alternadamente y secuencialmente a cada uno de los precursor de ALD utilizados para la deposición de películas delgadas. Un ciclo de deposición de ALD básico consta de cuatro etapas secuenciales: pulso A, purga A, pulso B y purga B. El pulso A normalmente consiste en vapor precursor metálico y el pulso B en vapor precursor no metálico, especialmente vapor precursor de nitrógeno o de oxígeno. Un gas inactivo, tal como nitrógeno o argón, y una bomba de vacío se utilizan para purgar subproductos gaseosos de la reacción y las moléculas reactantes residuales de la cámara de reacción durante la purga A y la purga B. Una secuencia de deposición comprende al menos un ciclo de deposición. Los ciclos de deposición se repiten hasta que la secuencia de deposición ha producido una capa fina del grosor deseado.

30 Las especies precursoras forman por medio de quimiosorción, un enlace químico a los sitios reactivos de las superficies calientes. Las condiciones se disponen típicamente de tal manera que no más de una monocapa molecular de un material sólido se forma sobre las superficies durante un pulso precursor. El proceso de crecimiento es por lo tanto de auto - terminación o saturativo. Por ejemplo, el primer precursor puede incluir ligandos que permanecen unidos a las especies adsorbidas y saturan la superficie, lo que impide una quimiosorción adicional. La temperatura del espacio de reacción se soporta por encima de las temperaturas de condensación y por debajo de las temperaturas de descomposición térmica de los precursores utilizados, de manera que las especies de moléculas precursoras son quimiosorbidas sobre el o los sustratos esencialmente intactas. Esencialmente intacto significa que los ligandos volátiles podrían despegarse de la molécula precursora cuando las especies de moléculas precursoras son quimiosorbidas sobre la superficie. La superficie se hace esencialmente saturada con el primer tipo de sitios reactivos, es decir, especies adsorbidas de las primeras moléculas precursoras. Esta etapa de quimiosorción es seguida típicamente por una primera etapa de purga (purga A) en la que el exceso del primer precursor y posibles subproductos de la reacción se eliminan de la cámara de reacción. El segundo vapor precursor se introduce entonces en el espacio de reacción. Las moléculas del segundo precursor reaccionan típicamente con las especies adsorbidas de las primeras moléculas precursoras, formando de esta manera el material de película delgada que se desea. Este crecimiento termina una vez que toda la cantidad del primer precursor adsorbido se ha consumido y la superficie se ha saturado esencialmente con el segundo tipo de sitios reactivos. El exceso de segundo vapor precursor y posibles vapores subproductos de reacción se eliminan a continuación por una segunda etapa de purga (purga B). El ciclo se repite hasta que la película ha crecido hasta alcanzar un grosor deseado. Los ciclos de deposición también puede ser más complejos. Por ejemplo, los ciclos pueden incluir tres o más pulsos de vapor reactivo separados por etapas de purga. Todos estos ciclos de deposición forman una secuencia de deposición temporizada que es controlada por una unidad lógica o un microprocesador.

45 Las películas finas que han crecido por ALD son densas, libres de picaduras y tienen un grosor uniforme. Por ejemplo, el óxido de aluminio que ha crecido a partir de trimetilaluminio ( $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ ), también se conoce como TMA, y el agua a 250 - 300°C tiene por lo general una no uniformidad de aproximadamente el 1% sobre una oblea de 100 - 200 mm. Películas delgadas de óxido metálicas que han crecido por ALD son adecuadas para dieléctricos de puerta, aisladores de pantalla electroluminiscente, dieléctricos de condensadores y capas de pasivación. Las películas delgadas de nitruro metálico que han crecido por ALD son apropiadas para las barreras de difusión, por ejemplo, en las estructuras de doble damasquinado.

Los precursores adecuados para los procesos de ALD en varios reactores de ALD se describen, por ejemplo, en el artículo de revisión de R. Puurunen, "Química superficial de deposición de capas atómicas: Un estudio del caso para el proceso de trimetilaluminio / agua", J. Appl. Phys., 97 (2005), pag. 121301, que se incorpora a la presente memoria descriptiva por referencia.

- 5 En un reactor típico, los ciclos de deposición de ALD se aplican a una sola oblea o sustrato. Si bien este tipo de procesamiento de una sola oblea puede ser satisfactorio para un propósito en I + D, no cumple, por ejemplo, los requisitos de producción en masa asequible, tales como el rendimiento de procesamiento del producto o el tiempo medio entre mantenimientos. La patente norteamericana número 4.582.720 por otra parte desvela una disposición en la que se monta una pluralidad de sustratos sobre un soporte con sus superficies dispuestas en planos verticales.
- 10 Una cámara de introducción de sustrato, una cámara de reacción y una cámara de eliminación de sustrato están dispuestas secuencialmente con obturadores entre las mismas, y los sustratos son soportados la cámara de introducción de sustrato, la cámara de reacción y la cámara de eliminación de sustrato, una tras otra.

### Sumario

- 15 Un objeto de la presente invención es proporcionar aparatos y procedimientos adecuados para hacer crecer material sobre las superficies de un lote de obleas o sustratos en un reactor de funcionamiento por lotes.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento que comprende:

- guiar vapor precursor a lo largo de al menos un conducto de alimentación al interior de una cámara de reacción de un reactor de deposición; y
- 20 depositar material sobre las superficies de un lote de sustratos colocados verticalmente en la cámara de reacción mediante el establecimiento de un flujo vertical del vapor precursor en la cámara de reacción y hacer que entre en una dirección vertical entre los citados sustratos colocados verticalmente, de manera que el vapor precursor fluya desde el lado superior de un espacio de reacción al lado inferior del espacio de reacción, esencialmente en la misma dirección vertical paralela a lo largo de cada una de las citadas superficies;
- 25 en el que el citado vapor precursor es alimentado a través de una tapa de la cámara de reacción al interior de un volumen de expansión y desde el volumen de expansión en una dirección vertical a través de una porción de distribución en una parte de la cámara de reacción que contiene los citados sustratos.

Ciertas realizaciones de la invención proporcionan una nueva geometría de flujo de gas en el interior del aparato y un robusto sistema de manipulación de sustrato.

- 30 En ciertas realizaciones, la dirección del citado flujo vertical es de arriba a abajo. En una realización, los sustratos colocados verticalmente forman en un soporte de sustrato, una pila horizontal de sustratos colocados verticalmente con una separación horizontal uniforme.

- En ciertas realizaciones, el citado lote de sustratos colocados verticalmente comprende un conjunto de obleas colocadas en paralelo en un soporte de sustratos móvil, y en el que el citado conjunto de obleas comprende al menos dos obleas. En ciertas realizaciones, el número de sustratos u obleas es muy superior a dos, por ejemplo, aproximadamente cinco, diez, veinte, veinticinco o más, en algunas realizaciones en el intervalo de 8 a 25, en algunas otras realizaciones aún más. Los sustratos pueden ser obleas semiconductoras, tales como obleas de silicio, por ejemplo obleas de 76,2 mm a 304,8 mm. En ciertas realizaciones, los sustratos pueden ser piezas o placas cerámicas, tales como un lote de monolitos piezoeléctricos. En ciertas realizaciones, los sustratos pueden comprender piezas metálicas con diversas geometrías, tales como esferas metálicas.
- 35
- 40

En ciertas realizaciones, el citado soporte de sustratos está unido a una tapa móvil de la cámara de reacción. En ciertas realizaciones, el vapor precursor se alimenta a la cámara de reacción a través de la tapa de la cámara de reacción.

- 45 En ciertas realizaciones, el vapor precursor es guiado a través de la tapa de la cámara de reacción al interior de un volumen de expansión y desde el volumen de expansión en una dirección vertical a través de una placa de distribución al interior de una parte de la cámara de reacción que contiene los citados sustratos.

- En cierta realización, el tamaño de la cámara de reacción está optimizado específicamente para el tamaño del lote de sustratos colocados verticalmente o para el tamaño de un soporte de sustratos que soporta los citados sustratos. De esta manera se pueden obtener ahorros en el consumo de precursor. En ciertas realizaciones, el tamaño de la cámara de reacción se puede ajustar, por ejemplo, con una porción de ajuste o por medio de la sustitución de un cuerpo de cámara de reacción.
- 50

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende:

al menos un conducto de alimentación configurado para alimentar vapor precursor al interior de una cámara de reacción de un reactor de deposición;

5 estando configurada la citada cámara de reacción para depositar material sobre las superficies de un lote de sustratos colocados verticalmente en la cámara de reacción y hacer que entre en una dirección vertical entre los citados sustratos colocados verticalmente, de manera que el vapor precursor fluye desde el lado superior de un espacio de reacción al lado inferior del espacio de reacción, esencialmente en la misma dirección vertical paralela a lo largo de cada una de las citadas superficies;

una tapa de la cámara de reacción;

10 un volumen de expansión; y  
una porción de distribución; en el que  
el aparato está configurado para alimentar el citado vapor precursor a través de la citada tapa de la cámara de reacción al interior del citado volumen de expansión y desde el volumen de expansión en una dirección vertical a través de la citada porción de distribución al interior de una parte de la cámara de reacción que  
15 contiene los citados sustratos.

En ciertas realizaciones, el aparato comprende un cuerpo de cámara de reacción estacionario y una tapa de la cámara de reacción móvil capaz de alojar un soporte de sustratos para múltiples sustratos.  
En ciertas realizaciones, el lote es accesible desde el lado superior del reactor.

20 Los procedimientos y aparatos pueden estar destinados para hacer crecer material o películas delgadas sobre superficies calientes por reacciones superficiales secuenciales autosaturantes por debajo de la presión atmosférica. El aparato puede ser un aparato de ALD (Deposición de Capas Atómicas) o un aparato de ALE (Epitaxia de Capas Atómicas) o similar. El grosor deseado de las películas delgadas estaría comprendido típicamente en la zona que se extiende desde una monocapa o capa molecular hasta 1000 nm o más.

25 Varias realizaciones ejemplares de la presente invención se ilustran en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue en la descripción detallada de la invención, así como en las reivindicaciones dependientes adjuntas a la misma. Las realizaciones se ilustran con referencia a aspectos seleccionados de la invención. Una persona experta en la técnica podrá apreciar que cualquier realización de la invención se puede combinar con otra u otras realizaciones dentro del mismo aspecto. Además, cualquier realización puede aplicarse a otros aspectos, ya sea sola o en combinación con otra u otras realizaciones.  
30

### Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

35 la figura 1 muestra una vista en sección transversal de la cámara de reacción de un reactor de deposición con un conducto de alimentación y el conducto de escape de acuerdo con una realización;

la figura 2 muestra otra vista en sección transversal de la cámara de reacción del reactor de deposición de la figura 1;

la figura 3 muestra una realización alternativa;

la figura 4 muestra un dibujo del conjunto del aparato de la figura 1;

40 la figura 5 muestra un dibujo de conjunto de una cámara de reacción de acuerdo con otra realización;

la figura 6 muestra una vista frontal de la cámara de reacción de la figura 5;

la figura 7 muestra una vista en sección transversal a lo largo del conducto A - A en la figura 6;

la figura 8 muestra una vista en perspectiva de un reactor de deposición en una posición abierta de acuerdo con una realización;

45 la figura 9 muestra una vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en la posición abierta;

la figura 10 muestra otra vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en la posición abierta;

la figura 11 muestra otra vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 encontrándose una tapa del reactor en una posición abierta y el soporte de sustratos en su lugar en el interior del reactor;

la figura 12 muestra una vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en una posición por defecto;

5 la figura 13 muestra otra vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en una posición por defecto;

la figura 14 muestra con más detalle una unión del soporte de sustratos a una tapa de la cámara de reacción de acuerdo con una realización; y

la figura 15 muestra otra vista del dibujo presentado en la figura 14.

## 10 Descripción detallada

En la descripción que sigue, la tecnología de Deposición de Capas Atómicas (ALD) se utiliza como un ejemplo. El propósito, sin embargo, no es limitarse estrictamente a esa tecnología sino que se tiene que reconocer que ciertas realizaciones pueden ser aplicables también en los procedimientos y aparatos que utilizan otras tecnologías de deposición a escala atómica comparables.

15 Los fundamentos de un mecanismo de crecimiento de ALD son conocidos por los expertos. Los detalles de los procedimientos de ALD también se han descrito en la parte introductoria de esta solicitud de patente. Estos detalles no se repiten aquí, pero se hace una referencia a la parte de introducción a ese respecto.

20 La figura 1 muestra ciertos detalles de un aparato (o reactor) de ALD en una vista en sección transversal. El aparato comprende una cámara de reacción formada por un cuerpo 110 de la cámara de reacción, la brida superior 120 de la cámara de reacción, y la tapa 130 de la cámara de reacción. El aparato comprende, además, conductos de alimentación 141, 142 de la cámara de reacción y una guía de escape 150 de la cámara de reacción. El número de conductos de alimentación pueden variar dependiendo de la implementación.

Un soporte de sustratos 160 se ha bajado sobre el fondo de la cámara de reacción. El soporte de sustratos 160 soporta un lote de sustratos u obleas 170 colocados verticalmente.

25 Durante un período de pulso de vapor precursor, el vapor precursor fluye a lo largo de un conducto de alimentación 141 (como está indicado por la flecha 101) en una dirección vertical en la tapa 130 de la cámara de reacción desde el lado inferior a través de un canal mecanizado a través de la brida superior 120. El flujo realiza un giro de 90 grados (como está indicado por la flecha 102) en la tapa 130 y entra en una dirección horizontal en un espacio por encima de los sustratos 170 a través de un conducto horizontal. (Sin embargo el giro no necesariamente tiene que ser de 90 grados). Este espacio puede ser denotado como un volumen de expansión 180. Por debajo del volumen de expansión 180, el aparato comprende una parte (o placa) de distribución 190 que puede ser, por ejemplo, una malla o placa perforada y puede estar unida a la tapa 130. El flujo realiza otro giro en el volumen de expansión 180 y entra en una dirección vertical de arriba a abajo a través de la porción de distribución al interior del espacio de reacción de la cámara de reacción (como está indicado por las flechas 103). En el espacio de reacción, el vapor precursor entra en una dirección vertical entre los sustratos colocados verticalmente 170. En el espacio intermedio entre los sustratos 170, el flujo de precursor reacciona con sitios reactivos sobre superficies de sustrato. En una realización, el flujo de precursor va en una dirección vertical a lo largo de las superficies esencialmente paralelas de sustratos desde el lado superior de la cámara de reacción al lado inferior de la cámara de reacción hacia la guía de escape 150. Los subproductos de la reacción y moléculas restantes del precursor gaseoso se purgan hacia fuera de la cámara de reacción en una etapa de purga posterior (como está indicado por las flechas 104).

En una realización, el conducto de alimentación 141 se utiliza para alimentar vapor precursor de un primer precursor y gas portador y de purga inactivo y el conducto de alimentación 142 se utiliza para alimentar el vapor precursor de un segundo precursor y portador inactivo y gas de purga al interior de la cámara de reacción.

45 En una realización alternativa, el vapor precursor fluye al interior de la tapa 130 de la cámara de reacción en una dirección horizontal desde un lado a través de un canal mecanizado a través de la tapa 130 (que no se muestra en la figura 1). En esta realización, la brida superior no necesita tener el canal vertical que se ha mencionado. En otra realización alternativa, el vapor precursor fluye de nuevo en una dirección vertical al interior de la tapa 130 de la cámara de reacción desde el lado inferior, pero pasa totalmente la brida superior 120. En esta realización, el diámetro horizontal de la brida superior 120 puede ser, por ejemplo, más pequeño que el diámetro horizontal de la tapa 130, lo que permite el paso.

La figura 2 muestra otra vista en sección transversal del aparato de la figura 1. En esta figura la sección transversal ha sido tomada con un plano virtual girado 90 grados en comparación con el de la figura 1. Si la sección transversal

en la figura 1 presenta una vista frontal de la sección transversal, en la figura 2 puede presentar una vista desde la izquierda, por ejemplo.

La colocación de sustratos (u obleas) 170 en el soporte de sustratos 160 puede ser visualizada mejor en la figura 2. Los sustratos 170 se han colocado en una posición vertical de manera que la superficie de cada sustrato 170 está en un plano vertical. Los sustratos 170 pueden estar situados en línea unos con los otros en el soporte de sustratos 160, y cuando se dice que están en línea pueden ser paralelos unos con los otros. Los sustratos 170 son soportados por el soporte de sustratos 160.

La separación entre los sustratos 170 es pequeña con el fin de mejorar la eficiencia del espacio de reacción. La separación, sin embargo, es lo suficientemente grande para permitir que el flujo de precursor entre correctamente entre los sustratos 170. En ciertas realizaciones, se selecciona una separación sustancialmente uniforme típicamente en un rango de 1 a 10 mm, en una realización en un rango de 2 a 5 mm. En el ejemplo presentado en las figuras 1 y 2, el número de sustratos en el lote es 16.

El tamaño de la cámara de reacción se puede optimizar específicamente para el tamaño del lote de sustratos colocados verticalmente o para el tamaño de un soporte de sustratos que soporta los citados sustratos. De esta manera se pueden lograr ahorros en el consumo de precursor.

En ciertas realizaciones, el tamaño de la cámara de reacción se puede ajustar, por ejemplo, con la inserción de una porción de ajuste que limita el espacio dentro de la cámara de reacción o mediante la sustitución de la cámara de reacción o del cuerpo 110 de la cámara de reacción por uno de tamaño diferente.

La figura 3 muestra otra vista en sección transversal del aparato de la figura 1 en otra realización. En esta realización, la cámara de reacción es una cámara de reacción delgada que comprende un soporte de sustratos delgado 160 con una cantidad menor de sustratos 170. El número de sustratos en esta realización es de dos. El reactor delgado presentado en la figura 3 se ha obtenido, por ejemplo, mediante la sustitución de la cámara de reacción más grande (o de tamaño normal) que se muestra en la figura 2 por una más delgada.

En ambos aparatos presentados en la figura 2 y en la figura 3, el tamaño del soporte de sustratos 160 que soporta los sustratos 170 se ha seleccionado de manera que el soporte de sustratos 160 con los sustratos 170 llena sustancialmente el lado inferior de la cámara de reacción. De esta manera, la eficiencia en el consumo de los precursores se puede mejorar.

La figura 4 muestra un dibujo del conjunto del aparato de la figura 1. El soporte de sustratos 160 puede ser levantado de la cámara de reacción o bajado al interior de la cámara de reacción agarrando la parte de elevación o gancho 465 con un dispositivo de elevación externo (no mostrado en la figura 4) y moviéndolo en la dirección deseada. La tapa amovible 130 de la cámara de reacción puede ser presionada contra la brida superior 120 de la cámara de reacción y obturada por una junta de tolerancia o de proximidad. La junta de tolerancia denota una construcción en la que dos superficies esencialmente similares (tales como superficies planas lisas o superficies planas rugosificadas, por ejemplo, con chorro de perlas de vidrio) están en estrecho contacto una con la otra impidiendo el flujo de gases entre las citadas superficies.

El material del soporte de sustratos 160 comprende típicamente acero inoxidable, níquel, titanio, carburo de silicio (por ejemplo, SiC hecho de grafito por infiltración de vapor químico) o cuarzo. En una realización, el soporte de sustratos 160 está recubierta con una película delgada amorfa (por ejemplo, 100 a 200 nm de  $Al_2O_3$ ) para proteger la superficie de soporte contra los productos químicos de origen corrosivo antes de poner en uso el soporte de sustrato.

La figura 5 muestra un dibujo del conjunto de una cámara de reacción de acuerdo con otra realización. En esta realización, hay tres conductos de alimentación 141 - 143 conectados a una brida superior 120 sustancialmente rectangular de la cámara de reacción. La cámara de reacción puede ser levantada desde el reactor con la ayuda del brazo de elevación retirable 515 con fines de mantenimiento o de reemplazo. El soporte de sustratos 160 puede ser levantado de la cámara de reacción o bajado al interior de la cámara de reacción agarrándolo sobre la parte de elevación o gancho 465 con un dispositivo de elevación externo 568.

La figura 6 muestra una vista frontal de la cámara de reacción de la figura 5 en una posición por defecto (o cerrada). La tapa amovible 130 de la cámara de reacción está obturada contra la brida superior 120 de la cámara de reacción con una junta de tolerancia o de proximidad.

La figura 7 muestra una vista en sección transversal de la cámara de reacción a lo largo del conducto A - A que se muestra en la figura 6. Durante un período de pulso de vapor precursor, el vapor precursor fluye a lo largo de un conducto de alimentación 143 (como está indicado por la flecha 701) en una dirección vertical. El flujo hace un giro de 90 grados y entra en una dirección horizontal en la brida superior 120 de la cámara de reacción desde un lado. (El giro, sin embargo, no necesariamente tiene que ser de 90 grados.) El flujo de vapor precursor continúa a lo largo de un conducto horizontal dentro de la brida superior 120 y entra en el volumen de expansión 180. Por debajo del

5 volumen de expansión 180, el aparato comprende una parte (o placa) de distribución 190 que puede ser, por ejemplo, una malla o placa perforada. La porción de distribución 190 en esta realización está unida a la tapa 130 de la cámara de reacción con una espiga distanciadora 785. El flujo hace otro giro en el volumen de expansión 180 y entra en una dirección vertical de arriba a abajo a través de la porción de distribución 190 al interior del espacio de reacción de la cámara de reacción (como está indicado por las flechas 103). En el espacio de reacción, el vapor precursor entra en una dirección vertical entre los sustratos colocados verticalmente 170 mantenidos por el soporte de sustratos 160 (aunque los sustratos 170 no se muestran en la figura 7). A partir de esto el proceso continúa de manera similar a la que se describe en relación con la figura 1.

10 La figura 8 muestra una vista en perspectiva de determinados detalles de un reactor de deposición en una posición abierta de acuerdo con una realización. El reactor comprende una cámara de vacío 805 que está formado por un accesorio redondo, por ejemplo, una boquilla completa ISO con bridas atornilladas a la boquilla, o un accesorio CF o similar. La anchura de la conexión es lo suficientemente grande para dar cabida a una cámara de reacción para un lote obleas de 100 a 300 mm y calentadores dependiendo de la realización.

15 Una tapa 831 de la cámara de vacío está integrada con la tapa 130 de la cámara de reacción formando de este modo un sistema de tapas. El soporte de sustratos 160 que soporta un lote de sustratos 170, colocado verticalmente uno junto al otro en un conducto horizontal, se adjunta al sistema de tapas. La cámara de reacción se puede cargar en una dirección vertical desde el lado superior mediante la reducción del sistema de tapas a la que está unido el soporte de sustratos 160 con sustratos 170. Esto se puede hacer, por ejemplo, por un dispositivo de carga adecuado. Una cubierta 895 del aparato tiene una abertura a través de la cual se ajusta el sistema de tapas.

20 La figura 9 muestra una vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en la posición abierta. El soporte de sustratos 160 está unido con su parte de unión superior o gancho 465 a una contraparte en el sistema de tapas. La porción de distribución 190 está unida al sistema de tapas con espigas distanciadoras 785.

25 La figura 10 muestra una vista en perspectiva de la sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en la posición abierta. Los conductos de alimentación 141, 142 de la cámara de reacción también son visibles en la figura 10.

La figura 11 muestra otra vista en perspectiva en la sección transversal del reactor de deposición de la figura 8, estando una tapa del reactor en una posición abierta y el soporte de sustratos en su lugar dentro de la cámara de reacción.

30 La figura 12 muestra una vista en perspectiva de la sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en una posición de funcionamiento por defecto.

35 La figura 13 muestra otra vista en sección transversal del reactor de deposición de la figura 8 en la posición de funcionamiento por defecto. En este ejemplo, el número de sustratos en el lote es de 25. Durante un período de pulso de vapor precursor, el vapor precursor fluye a lo largo de un conducto de alimentación 141 (como está indicado por la flecha 101) en una dirección vertical en la tapa 130 de la cámara de reacción desde el lado inferior a través de un canal de mecanizado a través de la brida superior 120. El flujo realiza un giro de 90 grados (como está indicado por la flecha 102) en la tapa 130 y entra en una dirección horizontal en el volumen de expansión 180 por encima de los sustratos 170 a través de un conducto horizontal. (El giro, sin embargo, no necesariamente tiene que ser de 90 grados.) Por debajo del volumen de expansión 180, el aparato comprende una parte (o placa) de distribución 190 que puede ser, por ejemplo, una malla o placa perforada y puede estar unida a la tapa 130. El flujo hace otro giro en el volumen de expansión 180 y entra en una dirección vertical de arriba a abajo a través de la porción de distribución en el espacio de reacción de la cámara de reacción (como está indicado por las flechas 103). En el espacio de reacción, el vapor precursor entra en una dirección vertical entre los sustratos 170 colocados en el soporte de sustratos en una posición vertical. En el espacio intermedio entre los sustratos 170, el flujo de precursor reacciona con sitios reactivos sobre las superficies de sustrato. El flujo de precursor va en una dirección vertical a lo largo de las superficies de sustrato hacia la guía de escape 150. Los subproductos de reacción y las moléculas precursoras restantes son purgadas fuera de la cámara de reacción en una etapa de purga posterior (como está indicado por las flechas 104).

45 La temperatura de la cámara de reacción puede ser controlada por el o los elementos calentadores. De acuerdo con una realización, el calentamiento de la cámara de reacción es proporcionado por una o más resistencias 1301. En una realización, la o las resistencias de calentamiento 1301 son calentadas eléctricamente. Se pueden conectar a una fuente de alimentación controlada por ordenador (no mostrada).

50 La figura 14 muestra con más detalle una unión de un soporte de sustratos a una tapa de la cámara de reacción de acuerdo con una realización. El soporte de sustratos 160 está unido con su lado superior de unión o ganchos 465 a una contraparte 1456 en el sistema de tapa. La porción de distribución 190 está unida al sistema de tapas con las espigas distanciadoras 785.

55

La figura 15 muestra otra vista del dibujo presentado en la figura 14. Visibles son la porción de distribución 190 y los orificios 1521 - 1523 en la tapa 130 de la cámara de reacción para los conductos de alimentación 141 - 143, respectivamente, a través del cual el flujo de precursor o de gas de purga inactivo entra en la tapa 130 de la cámara de reacción. El número de los orificios de la tapa 130 de la cámara de reacción y el número de los conductos de alimentación relacionados varía típicamente de 2 a 4 o incluso un número mayor capaz de recibir vapor químico de fuente de 2 o más sistemas de fuente en comunicación de fluido controlada por ordenador con los citados conductos de alimentación.

A continuación se presenta un ejemplo de deposición de película delgada sobre un lote de sustratos (se hace referencia a las figuras 1 - 15 que se han descrito en lo que precede):

En primer lugar la cámara de reacción se presurizó a la presión ambiente. La tapa 130 de la cámara de reacción se levantó con un mecanismo de elevación (no mostrado) a una posición superior exponiendo el espacio interior de la cámara de reacción. El mecanismo de elevación se hizo funcionar con un elevador neumático. En otras realizaciones se puede utilizar un motor de paso a paso para el mecanismo de elevación. El soporte de sustratos 160 cargado con un número de sustratos se bajó con una parte de elevación 465 dentro del cuerpo 110 de la cámara de reacción. La tapa 130 de la cámara de reacción se bajó con el mecanismo de elevación a una posición más baja obturando la cámara de reacción. Al mismo tiempo, la cámara de vacío circundante 805 ha sido obturada contra el aire de la habitación con la tapa amovible 831 de la cámara de vacío en este sistema de tapas dual en el que la tapa 130 de la cámara de reacción se une a la tapa 831 de la cámara de vacío. A continuación, la cámara de reacción fue bombeada con una fuente de vacío hasta alcanzar el vacío. El gas de purga inactivo que comprende nitrógeno o argón circuló a través de los conductos de alimentación 141 - 143 a los conductos dentro de la brida superior 120 de la cámara de reacción y adicionalmente en el espacio de reacción. La combinación de bombeo con una fuente de vacío y purga con gas inactivo estabiliza la presión del espacio de reacción, preferiblemente a aproximadamente a una presión absoluta de 1 a 5 hPa. La temperatura del soporte de sustratos 160 se estabilizó a una temperatura de deposición. En este ejemplo, la temperatura de deposición era de +300°C para hacer crecer óxido de aluminio  $Al_2O_3$  por ALD a partir de trimetilaluminio de TMA y vapores de agua  $H_2O$ . La fuente de TMA (no mostrada) se encontraba en comunicación de fluido controlada por ordenador con el primer conducto de alimentación 141. La fuente de  $H_2O$  (no mostrada) se encontraba en comunicación de fluido controlada por ordenador con el segundo conducto de alimentación 142. El tercer conducto de alimentación 143 se reservó para una tercera fuente química. En este ejemplo se utilizó el conducto de alimentación sólo para gas de purga inactivo. Cuando se alcanzó la temperatura de deposición programada, la secuencia de deposición se activó con el sistema de control automatizado. Durante el período de pulso A, el vapor de TMA se introdujo con una válvula de pulsación automatizada (no mostrada) en el primer conducto de alimentación 141 y empujó con gas portador inactivo que comprende gas nitrógeno (en otras realizaciones el gas argón también es adecuado) el espacio de reacción, en el que las moléculas de TMA fueron quimiosorbidas en todas las superficies calentadas dentro de la cámara de reacción. Las superficies de los sustratos normalmente se saturaron con moléculas de TMA o especies deficientes en ligandos generadas a partir de moléculas de TMA durante aproximadamente 0,05 a 1 s, dependiendo del tamaño del lote de sustratos. Después de que la fuente de TMA fue aislada con la primera válvula de pulsación automatizada del primer conducto de alimentación 141 y el sistema inició el período de purga A. A continuación circuló un gas de purga inactivo a través de los conductos de alimentación 141 - 143 empujando moléculas gaseosas de TMA residual y subproductos de reacción superficial desde la cámara de reacción a la guía de escape 150 y adicionalmente hacia la fuente de vacío (no mostrada). El período de purga A duró típicamente alrededor de 1 a 10 s, dependiendo del tamaño del lote de sustratos. A continuación, durante el período de pulso B, el vapor de  $H_2O$  se introdujo con una válvula de pulsación automatizada (no mostrada) en el segundo conducto de alimentación 142 y empujó con gas portador inactivo que comprende gas nitrógeno o argón el interior del espacio de reacción, en el que las moléculas de  $H_2O$  fueron quimioabsorbidas en todas las superficies calentadas dentro de la cámara de reacción. La superficie del sustrato típicamente se satura de ligandos OH- en aproximadamente 0,05 a 2 s, dependiendo del tamaño del lote de sustratos. A continuación, en el comienzo del período de purga B, la fuente de  $H_2O$  se aisló con la segunda válvula de pulsación automatizada desde el segundo conducto de alimentación 142. El gas inactivo que circulaba entonces a través de los conductos de alimentación 141 - 143 al interior de la cámara de reacción empujó moléculas gaseosas de  $H_2O$  residual y productos de reacción superficial de la cámara de reacción a la guía de escape 150 y adicionalmente hacia la fuente de vacío (no mostrada). Estas cuatro etapas (pulso A, purga A, pulso B y purga B) generaron una nueva película delgada de  $Al_2O_3$  de 1 A terminada sobre las superficies de sustratos. La secuencia pulsante automatizada repite estas cuatro etapas 500 veces, lo que resulta en el crecimiento de 50 nm de película delgada de  $Al_2O_3$  con una excelente no uniformidad del 1% en 25 piezas de 100 mm de obleas de silicio. Después de completar la secuencia de pulsar productos químicos de origen y de purgar la cámara de reacción, la cámara de reacción se presurizó a la presión ambiente, y las tapas (tapa 831 de la cámara de vacío y tapa 130 de la cámara de reacción) se levantaron a la posición superior exponiendo el espacio interior de la cámara de reacción que aloja el lote de sustratos. El soporte de sustratos 160 que tiene un número de sustratos (no mostrado) se descargó con una parte de elevación 465 desde el cuerpo 110 de la cámara de reacción y se colocó en una mesa de refrigeración separada (no mostrada).

Se han presentado varias realizaciones. Se debe apreciar que en este documento, cada una de las palabras comprenden, incluyen y contienen se utiliza como expresiones abiertas sin exclusividad pretendida.

5 La descripción anterior se ha proporcionado a modo de ejemplos no limitativos de implementaciones y realizaciones particulares de la invención, de una descripción completa e informativa del mejor modo contemplado actualmente por los inventores para llevar a cabo la invención. Sin embargo, es claro para una persona experta en la técnica que la invención no está limitada a los detalles de las realizaciones presentadas más arriba, sino que puede ser implementada en otras realizaciones utilizando medios equivalentes sin desviarse de las características de la invención.

10 Además, algunas de las características de las realizaciones anteriormente descritas de esta invención se puede utilizar ventajosamente sin el uso correspondiente de otras características. De esta manera, la descripción anterior debe ser considerada como meramente ilustrativa de los principios de la presente invención, y no limitativa de la misma. Por lo tanto, el alcance de la invención solamente está limitado por las reivindicaciones de patente adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
- 5                   guiar vapor precursor a lo largo de al menos un conducto de alimentación al interior de una cámara de reacción de un reactor de deposición; y  
                   depositar material sobre las superficies de un lote de sustratos colocados verticalmente en la cámara de reacción mediante el establecimiento de un flujo vertical del vapor precursor en la cámara de reacción y hacer que entre en una dirección vertical entre los citados sustratos colocados verticalmente, de manera que el vapor precursor fluya desde el lado superior de un espacio de reacción al lado inferior del espacio de reacción esencialmente en la misma dirección vertical paralela a lo largo de cada una de las citadas superficies;
- 10                   en el que el citado vapor precursor es alimentado a través de una tapa de la cámara de reacción al interior de un volumen de expansión y desde el volumen de expansión en una dirección vertical a través de una porción de distribución al interior de una parte de la cámara de reacción que contiene los citados sustratos.
- 15                   2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el citado lote de sustratos colocados verticalmente comprende un conjunto de obleas colocadas en paralelo dentro de un soporte de sustratos, y en el que el citado conjunto de obleas comprende al menos dos obleas.
- 20                   3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el citado soporte de sustratos es cargado en la cámara de reacción y es descargado desde la cámara de reacción desde el lado superior de la citada cámara de reacción.
4. El procedimiento de la reivindicación 2 o 3, en el que el citado soporte de sustratos está unido a una tapa amovible de la cámara de reacción.
5. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la porción de distribución comprende una placa de distribución.
- 25                   6. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que una película delgada es depositada sobre superficies de sustrato por reacciones superficiales de autosaturación secuenciales.
7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que el tamaño de la cámara de reacción está optimizado específicamente para el tamaño del lote de sustratos colocados verticalmente o para el tamaño de un soporte de sustratos que soporta los citados sustratos.
- 30                   8. Un aparato que comprende:
- al menos un conducto de alimentación configurado para la alimentación de vapor precursor al interior de una cámara de reacción de un reactor de deposición;  
                   estando configurada la citada cámara de reacción para depositar material sobre las superficies de un lote de sustratos colocados verticalmente en la cámara de reacción mediante el establecimiento de un flujo vertical de vapor precursor en la cámara de reacción y hacer que entre en una dirección vertical entre los citados sustratos colocados verticalmente, de manera que el vapor precursor fluye desde el lado superior de un espacio de reacción al lado inferior del espacio de reacción, esencialmente en la misma dirección vertical paralela a lo largo de cada una de las citadas superficies;
- 35                   una tapa de la cámara de reacción;  
                   un volumen de expansión; y  
                   una porción de distribución; en el que
- 40                   el aparato está configurado para alimentar el citado vapor precursor a través de la citada tapa de la cámara de reacción al interior del citado volumen de expansión y desde el volumen de expansión en una dirección vertical a través de la citada porción de distribución al interior de una parte de la cámara de reacción que contiene los citados sustratos.
- 45                   9. El aparato de la reivindicación 8, en el que el citado lote de sustratos colocados verticalmente comprende un conjunto de obleas colocadas en paralelo dentro de un soporte de sustrato, y en el que el citado conjunto de obleas comprende al menos dos obleas.
10. El aparato de la reivindicación 9, que comprende:
- 50                   una tapa de la cámara de reacción configurada para la unión con el citado soporte de sustrato.
11. El aparato de cualquier reivindicación precedente, en el que la porción de distribución comprende una placa de distribución.

12. El aparato de cualquier reivindicación precedente, en el que el aparato está configurado para depositar una película delgada sobre superficies de sustrato por reacciones superficiales autosaturantes secuenciales.
  13. El aparato de cualquier reivindicación precedente, en el que el tamaño de la cámara de reacción está optimizado específicamente para el tamaño del lote de sustratos colocados verticalmente o para el tamaño de un soporte de sustratos que soporta los citados sustratos.
- 5

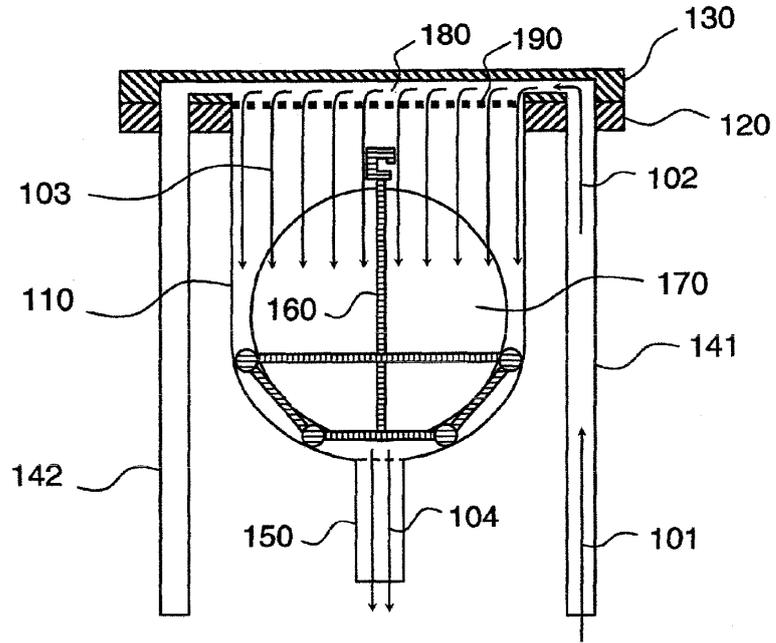


Fig. 1

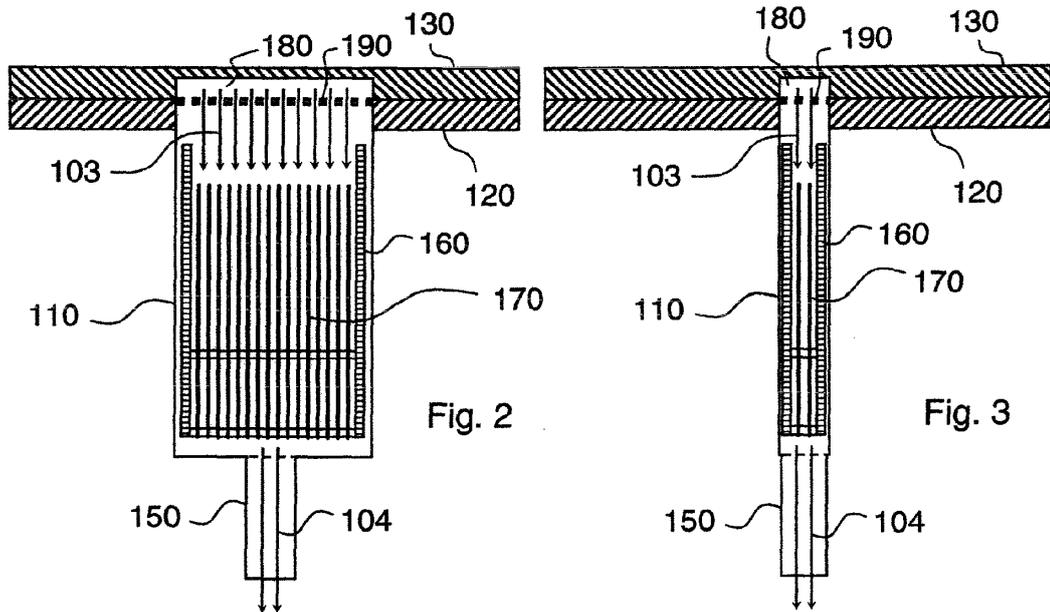


Fig. 2

Fig. 3

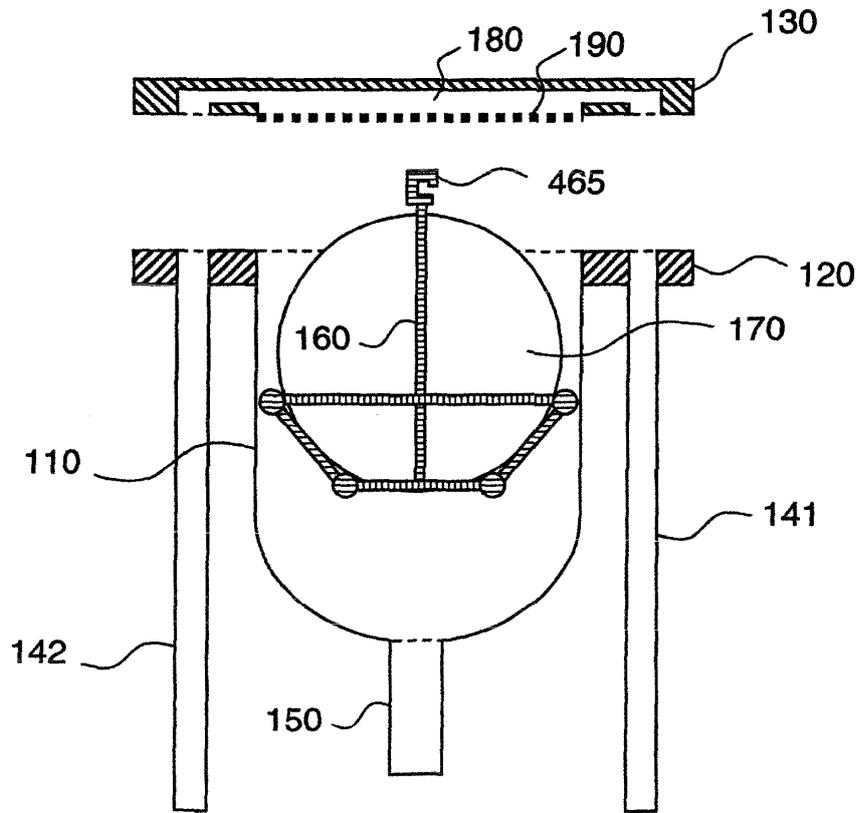


Fig. 4

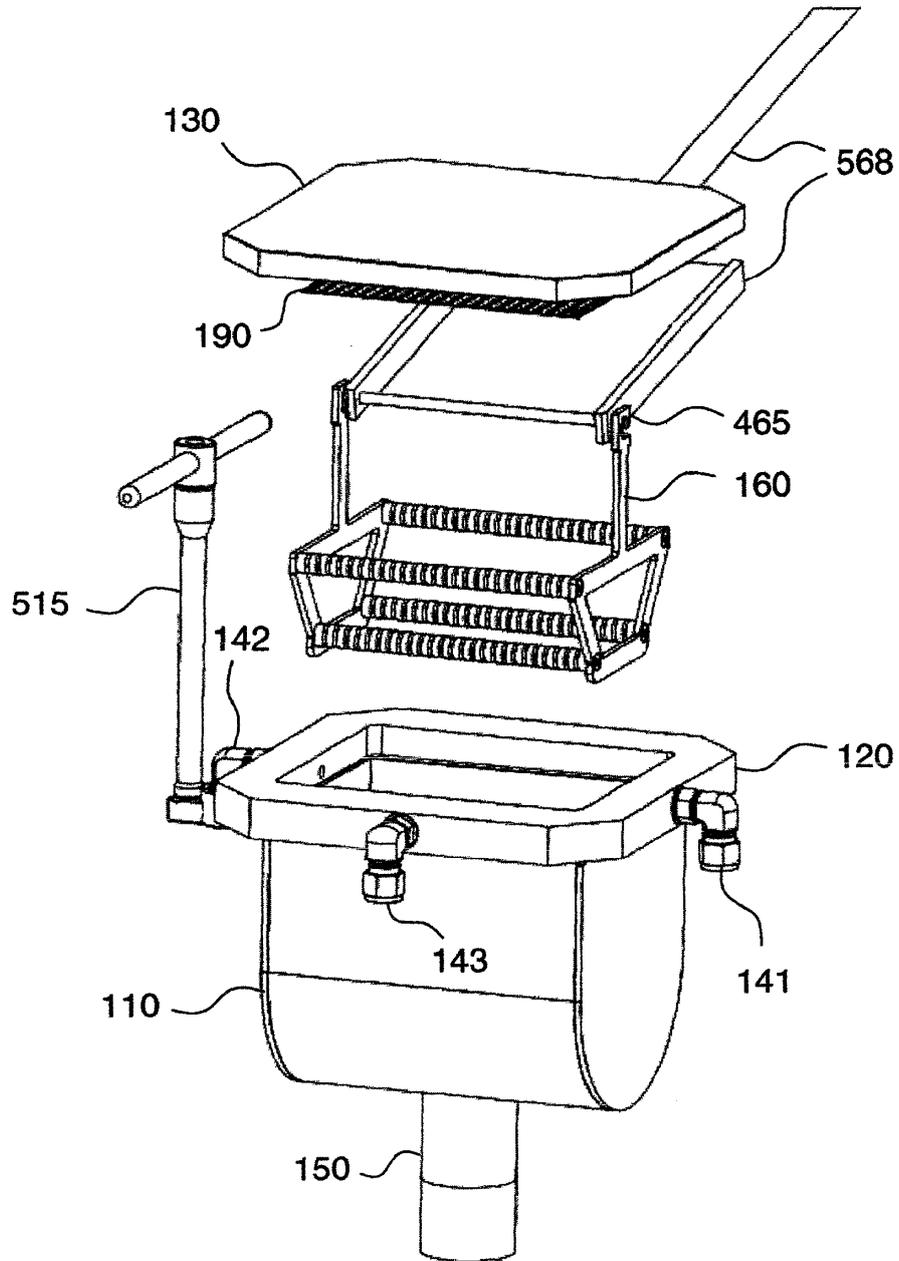
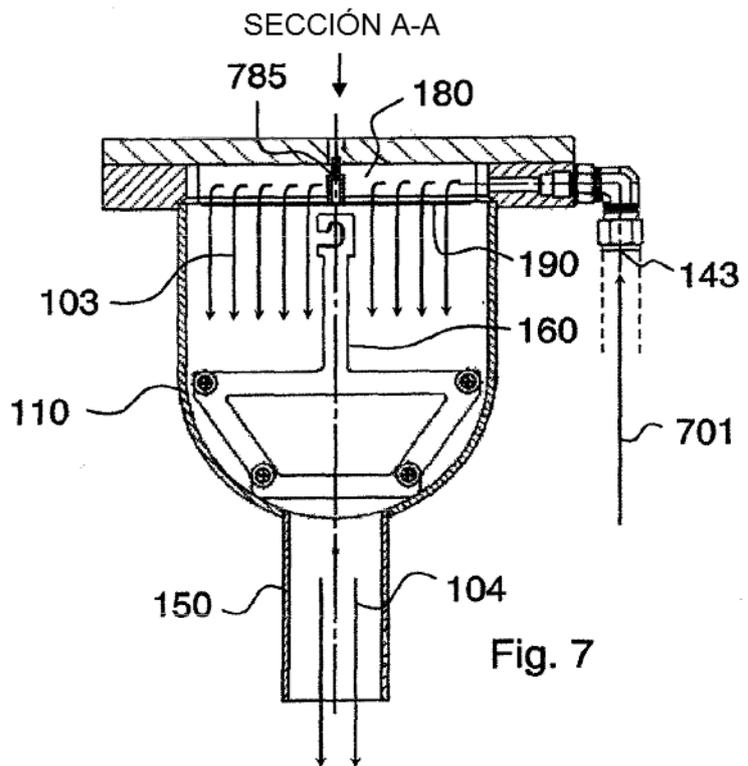
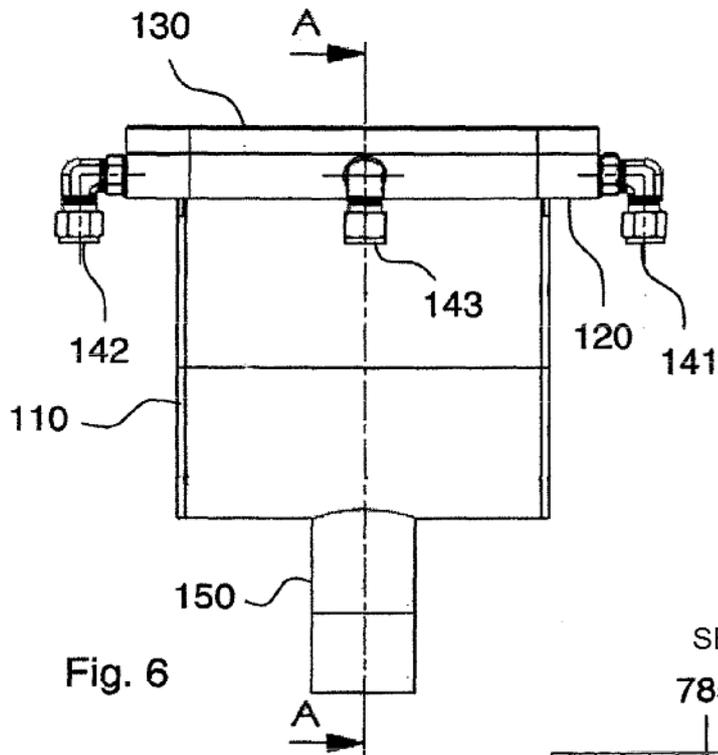


Fig. 5



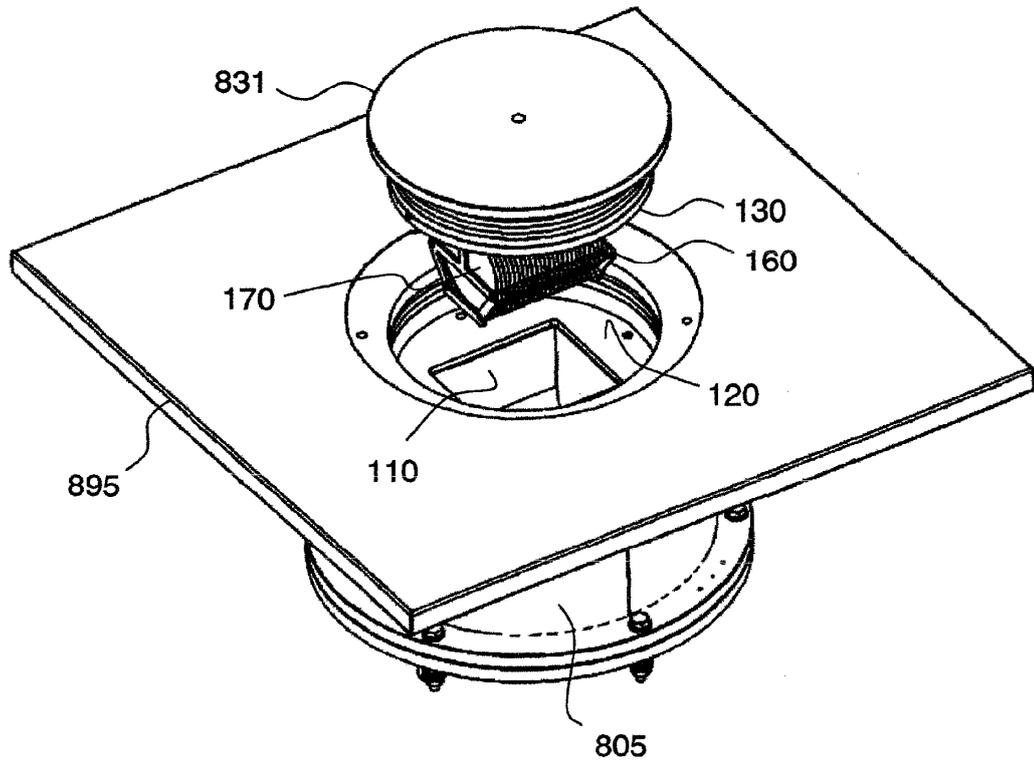


Fig. 8

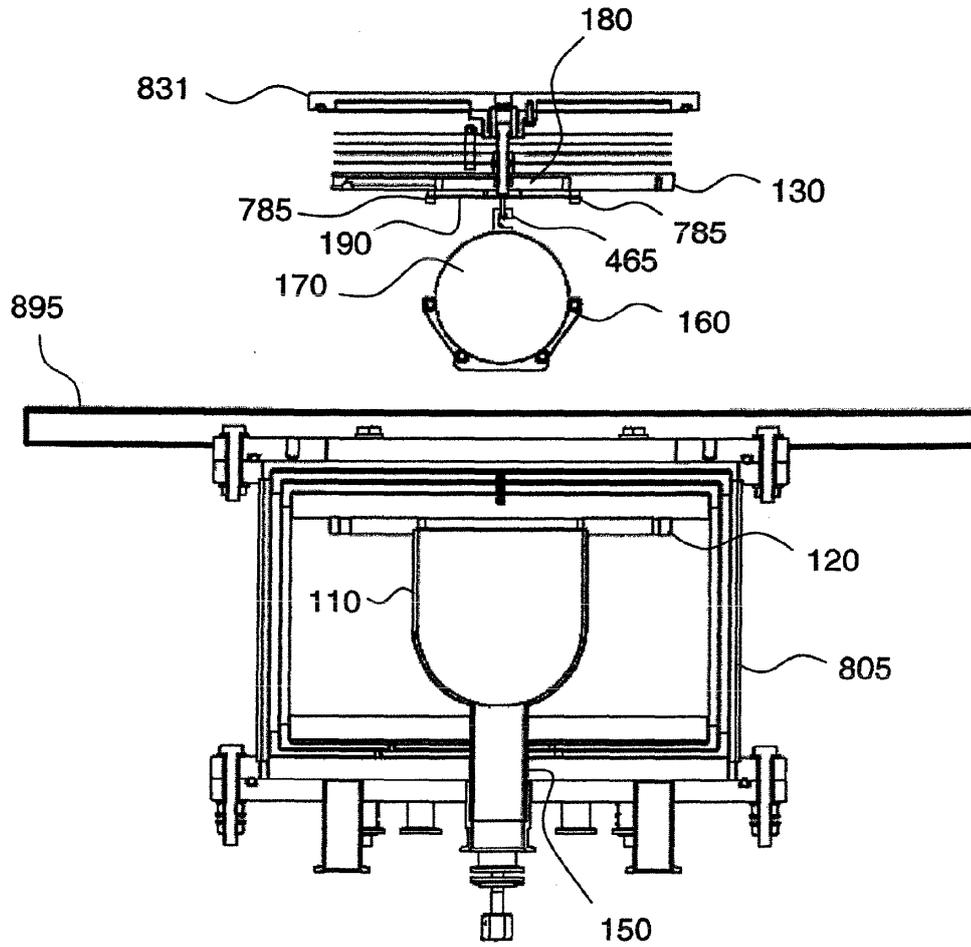


Fig. 9

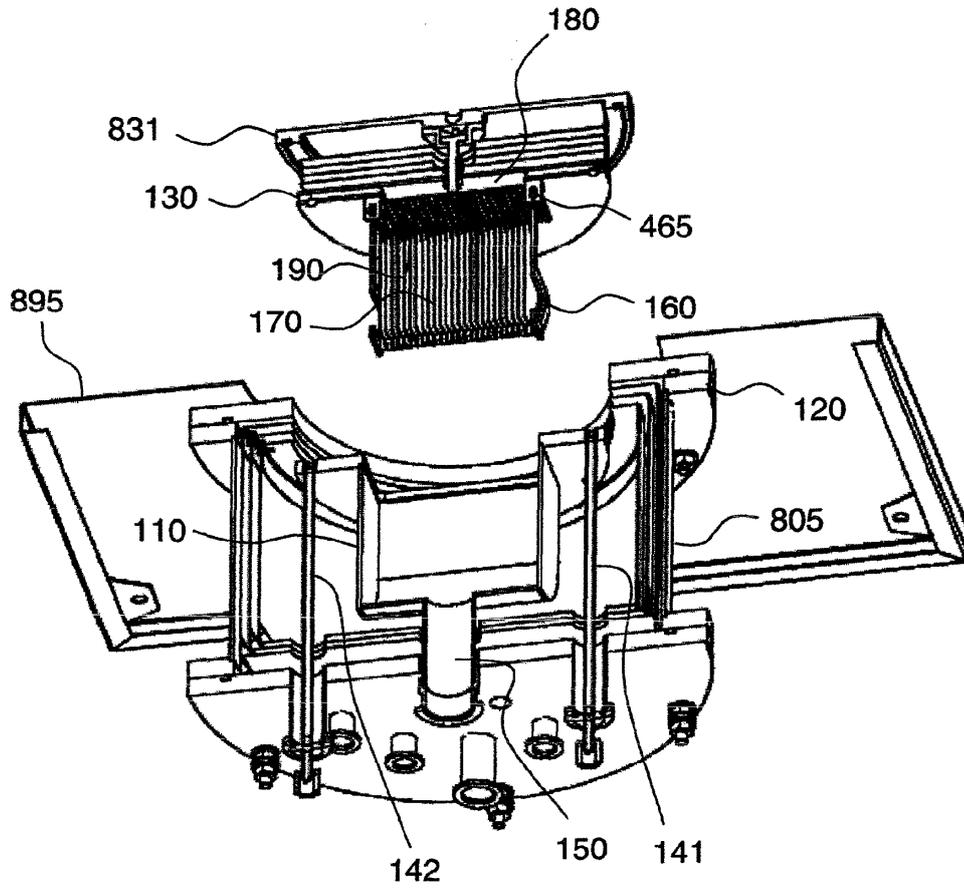


Fig. 10

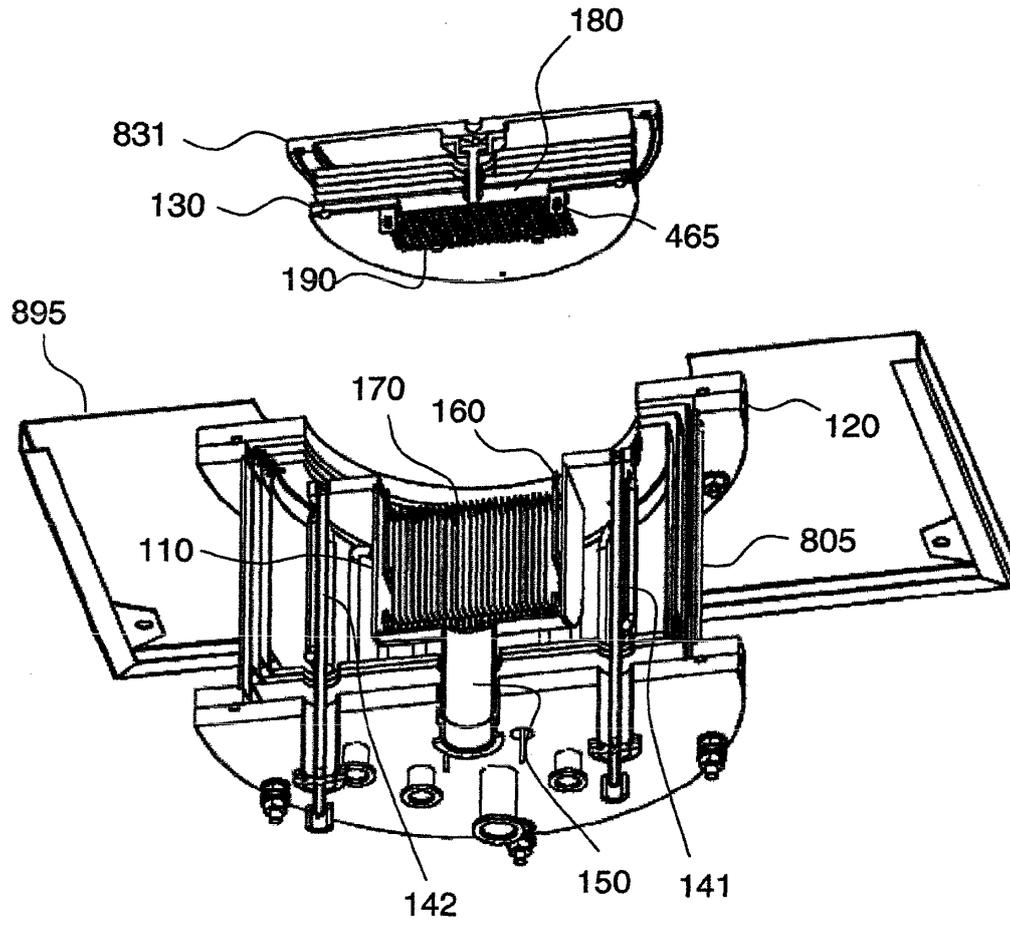


Fig. 11

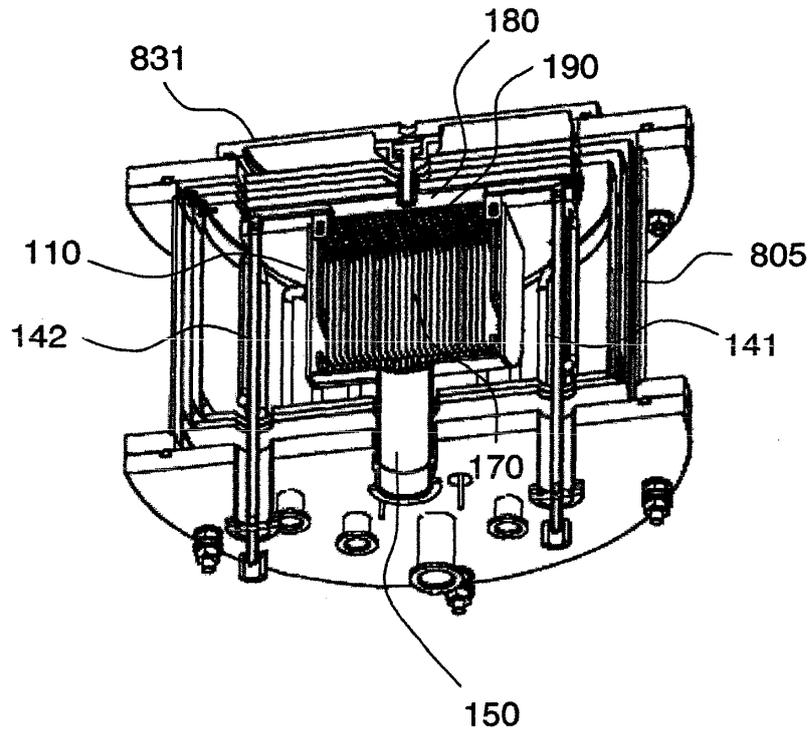


Fig. 12

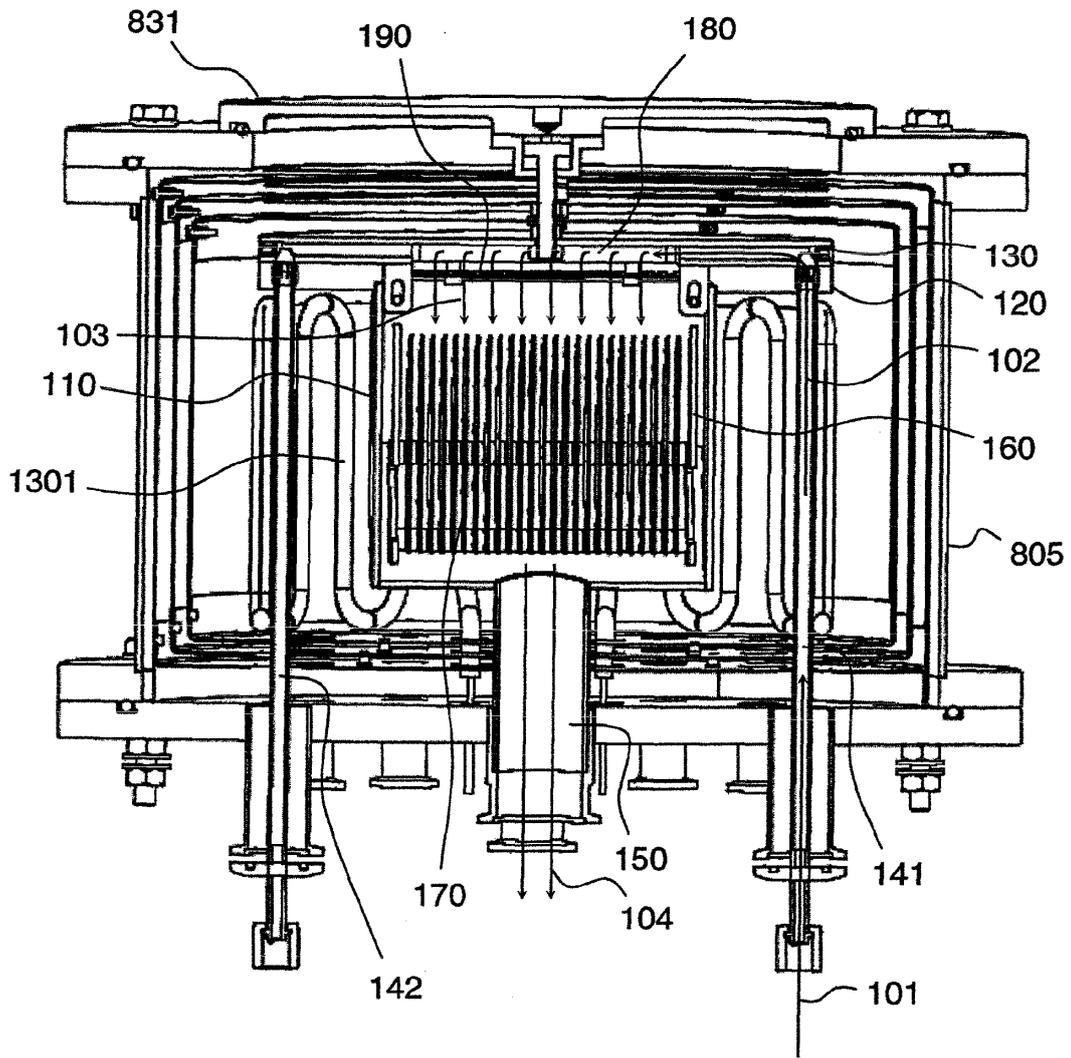


Fig. 13

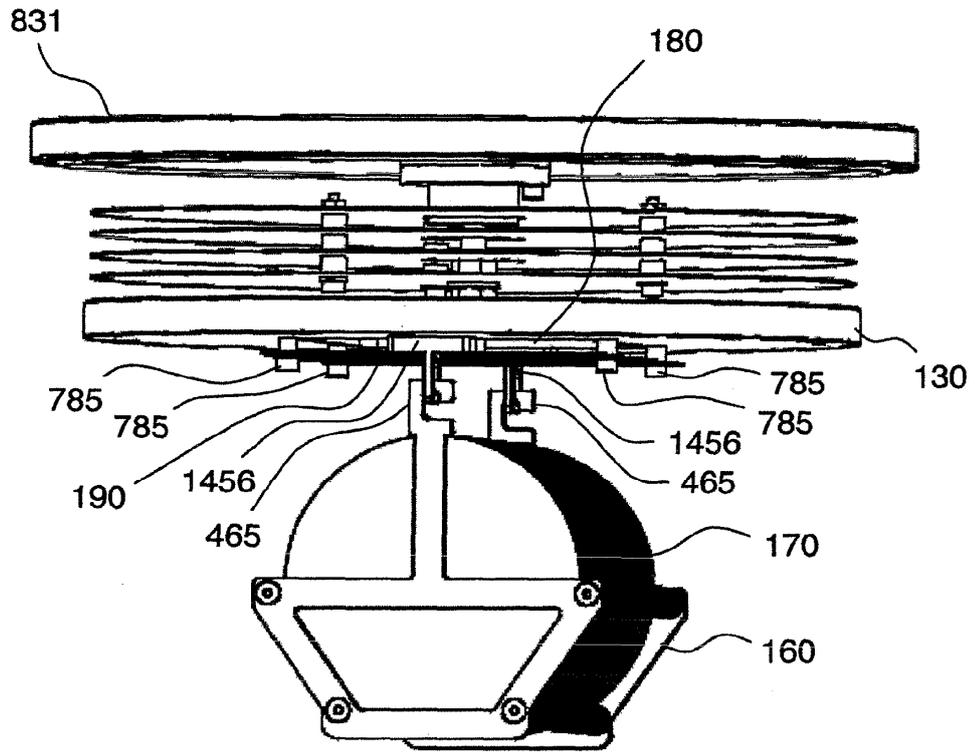


Fig. 14

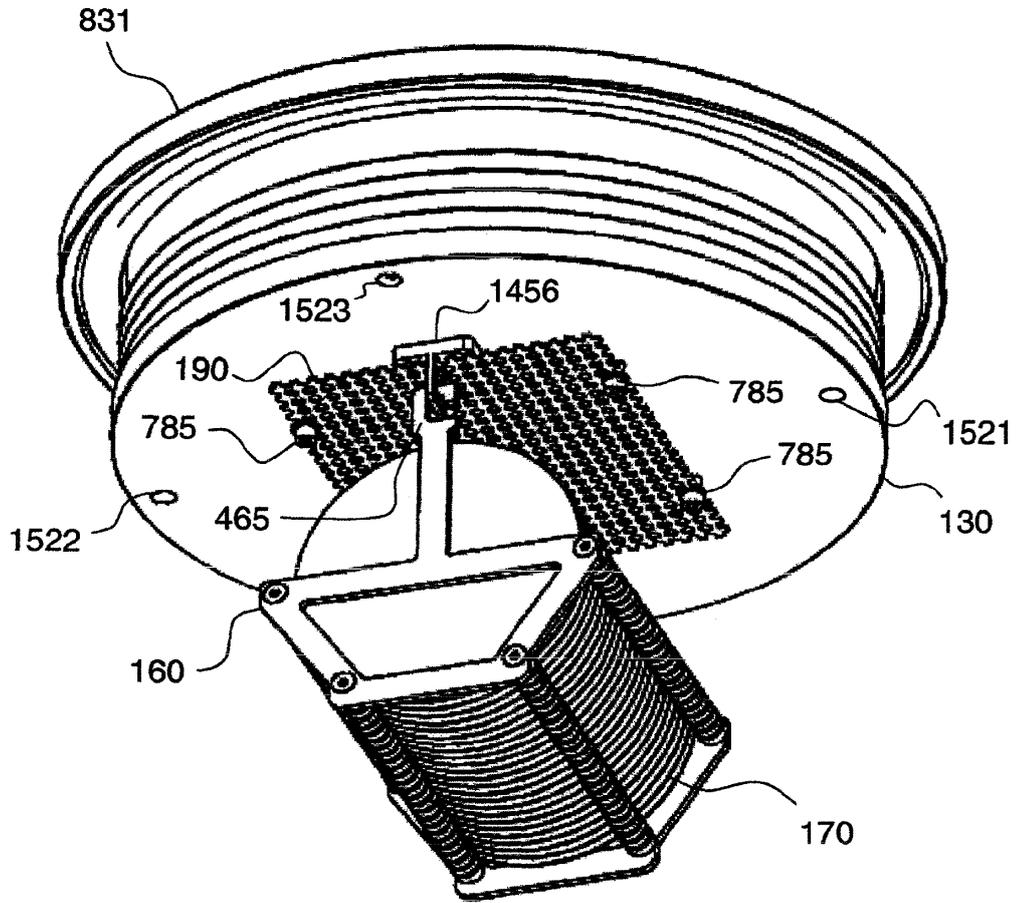


Fig. 15