

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 378**

51 Int. Cl.:

F27B 7/00 (2006.01)
F27B 5/04 (2006.01)
F27B 5/14 (2006.01)
F27B 5/16 (2006.01)
F27D 7/04 (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)
H01L 31/00 (2006.01)
H01L 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2008 E 08011247 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2144026**

54 Título: **Dispositivo de procesamiento y procedimiento para procesar productos de procesamiento apilados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.09.2016

73 Titular/es:

PROBST, VOLKER (100.0%)
Krampnitzer Weg 26 H
14089 Berlin, DE

72 Inventor/es:

PROBST, VOLKER

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 581 378 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

Dispositivo de procesamiento y procedimiento para procesar productos de procesamiento apilados.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de procesamiento para procesar productos de procesamiento apilados, en particular a temperaturas de medias a altas, que comprende una cámara de procesamiento evacuable para recibir un gas de proceso, un dispositivo de transporte de gas para crear un circuito de flujo de gas en la cámara de procesamiento y un dispositivo de calentamiento para calentar el gas que fluye a través de la cámara de procesamiento.

10 Dichos dispositivos se describen en el documento GB1411938 y en el documento WO200/7053016.

15 Un dispositivo de procesamiento conocido de este tipo puede ser un horno de difusión con una cámara de procesamiento definida por un tubo de cuarzo que, por ejemplo, se usa en la fabricación de células fotovoltaicas de capa fina de tipo CIS. En particular, el horno de difusión conocido sirve para fabricar sobre los productos de procesamiento, por ejemplo sustratos de vidrio, que se han recubierto previamente con precursores metálicos, tales como, por ejemplo, cobre, indio y/o galio, usando gases de proceso que contienen azufre y/o selenio, tales como, por ejemplo, gas H_2Se o H_2S , una capa semiconductor de calcopirita, que puede constituir, por ejemplo, la capa absorbente de una célula fotovoltaica.

20 A este fin se introduce un apilamiento de sustratos que se va a procesar y está provisto de un recubrimiento de precursor en el tubo de cuarzo. Después de cerrar el tubo de cuarzo este se evacúa y se rellena con gas inerte las veces necesarias hasta que se logra la pureza deseada con respecto al oxígeno residual y a la humedad residual. A continuación se introduce el gas de proceso H_2Se con un gas portador inerte en una concentración deseada y hasta una presión deseada. Además, el dispositivo de calentamiento, un calentamiento de camisa dispuesto alrededor del tubo de cuarzo, se conecta y se controla de modo que se logre el perfil de temperatura deseado sobre los sustratos.

25 Después de un tiempo de reacción predeterminado a una temperatura de entre $350^{\circ}C$ y $450^{\circ}C$ se evacúa el tubo de cuarzo. A continuación se introduce una mezcla de H_2S y gas portador inerte y la temperatura se aumenta a aproximadamente de $450^{\circ}C$ a $550^{\circ}C$. Después de un tiempo de reacción predeterminado se realiza a continuación un enfriamiento de la disposición hasta temperatura ambiente, así como la eliminación de los gases de proceso tóxicos por medio de ciclos de bombeo y barrido. Después de una aireación del tubo de cuarzo pueden extraerse los sustratos con las capas finas que han reaccionado con los semiconductores de calcopirita.

35 La capa semiconductor producida de este modo es una capa de $Cu(In, Ga)(Se, S)_2$ con un aumento de concentración de Ga típico hacia un electrodo de retorno y un aumento de la concentración de S hacia la superficie. La capa semiconductor está presente prácticamente en forma polifásica con una transición de fase graduada y una distancia de bandas graduada.

40 Se ha demostrado que es problemática en los dispositivos de procesamiento conocidos la geometría de radiación de infrarrojos cilíndrica desfavorable y el sombreado de la radiación de infrarrojos en el apilamiento de sustratos. Las inhomogeneidades térmicas producidas de este modo pueden reducirse solo manteniendo reducidas las velocidades de calentamiento y de enfriamiento. Esto aumenta el tiempo de procesamiento mínimo posible significativamente y limita, por lo tanto, la capacidad de procesamiento claramente. También permanece una dispersión no despreciable del resultado del procesamiento sobre el apilamiento de sustratos.

45 La cámara evacuable está formada por un tubo de cuarzo, dado que los materiales de cámaras de vacío habituales están constituidos por aleaciones metálicas y los metales, así como sus aleaciones, no son estables en vapor de selenio y de azufre, ni en gas H_2Se y H_2S , sino que se corroen. Los productos de corrosión alcanzan como copos o como polvo fino el semiconductor de calcopirita y dañan este por medio de cortocircuitos eléctricos y como irregularidades profundas.

50 Además, solo se puede fabricar una cámara de procesamiento formada por un tubo de cuarzo con un diámetro superior a 80 cm por motivos técnicos de acabado aplicando gastos suplementarios económicamente significativos. El tamaño de una instalación de este tipo para sustratos que se van a procesar está, por lo tanto, limitado.

55 La invención se basa en el objetivo de lograr un dispositivo de procesamiento del tipo mencionado al comienzo del presente documento que se caracterice no solo por una economía mejorada, sino que también posibilite una formación de capas más homogénea.

60 Para lograr este objetivo está previsto un dispositivo de procesamiento con las características de la reivindicación 1.

65 La cámara de procesamiento evacuable del dispositivo de procesamiento según la invención comprende un dispositivo de templado para mantener una región parcial de una pared de la cámara de procesamiento a una temperatura predeterminada. El dispositivo de templado puede comprender, por ejemplo, canales que discurren a través de la pared de la cámara de procesamiento o conducciones tubulares dispuestas, por ejemplo soldadas, en

una cara exterior de la cámara de procesamiento, que discurren con forma de meandro, a través de las que fluye un fluido de templado, por ejemplo aceite caliente.

5 Por medio del dispositivo de templado puede mantenerse la pared de la cámara de procesamiento a una temperatura a la que el material de la pared de la cámara de procesamiento no se corroe, tampoco, con la influencia de la atmósfera de gas de proceso. Se sabe, por ejemplo, que un ataque de corrosión aumenta claramente con la temperatura y a temperaturas en el intervalo inferior a 250°C el acero inoxidable en una atmósfera de gas de proceso que contiene selenio o azufre se corroe de forma poco marcada. Debido a las curvas de presión de vapor conocidas para selenio y azufre no se puede esperar que el selenio o el azufre condensen en las condiciones de
10 procesamiento en las paredes de la cámara de procesamiento templadas. Con estas medidas se asegura que la pared de la cámara de procesamiento está asociada a un reactor del tipo de pared caliente que es estable a largo plazo y, por lo tanto, no proporciona partículas que perjudican el proceso. Además, mediante el templado se asegura que el proceso se pueda controlar muy bien, dado que en general, componentes en forma de vapor o gaseosa del gas de proceso y en particular selenio o azufre, por ejemplo como productos de disociación de H_2Se o H_2S , durante
15 el transcurso del proceso, ni se condensan de forma no controlable ni se reconducen de nuevo al proceso de forma incontrolable.

El templado de la pared de la cámara de procesamiento posibilita en último lugar formar la cámara de proceso no de un tubo de cuarzo, sino de un material metálico, tal como, por ejemplo acero inoxidable, lo que logra libertades
20 significativas en el diseño y, en particular, en el dimensionamiento de la cámara de procesamiento.

Además, se puede fabricar una cámara de procesamiento formada por un material metálico no solo con la misma capacidad de procesamiento, sino sobre todo también con un volumen de cámara más grande, con un gasto económicamente más reducido que un tubo de cuarzo. Mientras se fabrique el horno de difusión de tubo de cuarzo
25 solo con un diámetro de hasta 80 cm, puede adaptarse una cámara de procesamiento formada a partir de un material metálico mediante un aumento y un ensanchamiento correspondientes de forma comparativamente sencilla a un formato de productos de procesamiento, es decir, una superficie del sustrato, más grande.

El dispositivo de procesamiento según la invención comprende además un dispositivo de transporte de gas para crear un circuito de flujo de gas en la cámara de procesamiento y un dispositivo de calentamiento dispuesto en el
30 circuito de flujo de gas creado por el dispositivo de transporte de gas para calentar el gas que fluye a través de la cámara de procesamiento. El dispositivo de calentamiento está dispuesto, en otras palabras, dentro de la cámara de procesamiento, de modo que puede renunciarse a una fuente de calor, por ejemplo una fuente de radiación de infrarrojos, dispuesta en el exterior de la cámara de procesamiento, para calentar el gas de proceso. La cámara de
35 procesamiento no precisa, por lo tanto, optimizarse con respecto a la radiación de infrarrojos, lo que facilita significativamente la construcción de la cámara de procesamiento y además posibilita también la utilización de un material metálico para la fabricación de la cámara de procesamiento.

Adicionalmente al dispositivo de transporte de gas, el dispositivo de procesamiento según la invención presenta también un dispositivo de guiado de gas que recibe el apilamiento de productos de procesamiento y que está
40 dispuesto en la cámara de procesamiento de modo que al menos una parte del circuito de flujo de gas creado discorra a través del dispositivo de guiado de gas. El dispositivo de transporte de gas y el dispositivo de guiado de gas se ocupan, por una parte, de calentar y de enfriar de forma particularmente homogénea el apilamiento de productos de procesamiento por medio de una convección forzada y, por otra parte, de distribuir el gas de forma
45 particularmente homogénea y, con ello, finalmente de la formación particularmente homogénea de capas, por ejemplo de un semiconductor de calcopirita, sobre los productos de procesamiento, por ejemplo sustratos de vidrio.

Además, la combinación de dispositivo de transporte de gas, dispositivo de guiado de gas y dispositivo de calentamiento posibilita una velocidad de calentamiento y de enfriamiento aumentada, con lo que se posibilitan
50 tiempos de procesamiento más cortos y, por lo tanto, un caudal aumentado de los productos de procesamiento.

Al estar dispuesto el dispositivo de procesamiento según la invención para el procesamiento de apilamientos de productos de procesamiento, es decir, para una denominada operación en lotes, el dispositivo de procesamiento presenta en comparación con instalaciones en línea puras una compacidad más elevada, un manejo y una
55 accesibilidad más sencillos, así como una complejidad más reducida.

Los diseños ventajosos de la invención se pueden deducir de las reivindicaciones subordinadas, de la descripción y de los dibujos.

60 Según una primera forma de realización, en la cara interior de la pared de la cámara de procesamiento está previsto un material de aislamiento térmico que es preferentemente resistente a reaccionar en condiciones de procesamiento. El material de aislamiento se forma para proteger adicionalmente la pared de la cámara de procesamiento, por ejemplo de la corrosión, y logra, por otra parte, un desacoplamiento térmico determinado de la pared de la cámara de procesamiento de la atmósfera de gas que se encuentra en la cámara de procesamiento, de modo que pueda controlarse con precisión la temperatura de la atmósfera de gas. El desacoplamiento térmico se
65 basa esencialmente en una capacidad térmica específica reducida y una conductividad térmica reducida, que son

típicas para materiales de aislamiento. Además, el material de aislamiento típico impide que la pared de la cámara de procesamiento se caliente por medio del gas de proceso caliente superando la temperatura predeterminada o que la carga de calor sea demasiado grande. El material de aislamiento térmico es en particular en el caso de convección forzada a través del dispositivo de guiado de gas ventajoso, dado que así la descarga de calor debido a una, en caso contrario, transición térmica buena, se restringe claramente.

El material de aislamiento puede ser, por ejemplo, una cerámica, una vitrocerámica, grafito, incluido un material fibroso, tal como, por ejemplo, carbono reforzado con fibra de carbono (CFC), o un material de aislamiento que contiene fibras de cerámica, por ejemplo constituido por fibras de SiO_2 y Al_2O_3 .

Según otra forma de realización, el dispositivo de guiado de gas presenta por lo menos una placa de separación superior, que define una primera región de la cámara en la cámara de procesamiento por encima del dispositivo de guiado de gas que recibe el apilamiento de productos de procesamiento, y una placa de separación inferior, que define una segunda región de la cámara en la cámara de procesamiento por debajo del dispositivo de guiado de gas que recibe el apilamiento de productos de procesamiento. Adicionalmente, el dispositivo de guiado de gas también presenta dos placas de separación laterales.

Preferentemente, el dispositivo de guiado de gas presenta por lo menos un dispositivo de distribución para la distribución uniforme laminar del flujo de gas, estando dispuesto el apilamiento de productos de procesamiento preferentemente aguas abajo del dispositivo de distribución. El dispositivo de distribución puede ser, por ejemplo, una placa que está provista de ranuras y/u orificios. El dispositivo de distribución y el dispositivo de guiado de gas están constituidos preferentemente por un material resistente a reaccionar, tal como, por ejemplo vitrocerámica, carburo de silicio o nitruro de silicio.

Según la utilización del tipo de los gases de proceso, pueden utilizarse en lugar de los materiales resistentes a reaccionar propuestos en el presente documento también otros materiales, por ejemplo metales o aceros, si estos son resistentes a los gases de proceso.

De forma similar a la pared de la cámara de procesamiento también pueden proveerse las superficies del dispositivo de guiado de gas de un material de aislamiento térmico que sea preferentemente resistente a reaccionar en condiciones de procesamiento. De este modo se desacopla térmicamente también el dispositivo de guiado de gas por lo menos ampliamente de la atmósfera de gas en la cámara de procesamiento, de modo que el dispositivo de procesamiento, en particular en el caso dinámico de una modificación de referencia de la temperatura, presenta en total una masa térmica más pequeña, con lo que la temperatura del gas de proceso en la cámara de procesamiento puede controlarse más rápidamente y de forma más precisa. Por medio de su resistencia a la reacción frente a componentes reactivos del gas de proceso, el material de aislamiento produce además una protección adicional para el dispositivo de guiado de gas, por ejemplo, frente a la corrosión.

Según otra forma de realización, el dispositivo de transporte de gas comprende por lo menos un ventilador, que presenta preferentemente un material resistente a reaccionar. El ventilador es concebible en distintas formas de realización y no está limitado al principio mostrado en las figuras. Es importante que el ventilador sea lo más eficaz posible en el transporte de gases de proceso. El ventilador puede estar fijado a un eje motor que se extiende hasta la cámara de procesamiento y que preferentemente presenta también un material resistente a reaccionar. Mediante la utilización del material resistente a reaccionar también están protegidos el ventilador y/o el eje motor frente al ataque de componentes reactivos del gas de proceso y en particular frente a la corrosión.

Ventajosamente, el ventilador está dispuesto en la región de una cara frontal del apilamiento de productos de procesamiento. Esta disposición del ventilador contribuye a un flujo de circulación particularmente homogéneo del apilamiento de productos de procesamiento con gas de proceso y, por lo tanto, a una separación de capas y una reacción de capas particularmente homogéneas.

Para aumentar adicionalmente la velocidad de flujo y la homogeneidad del flujo de gas se dispone, de forma ventajosa, otro ventilador en la región de la otra cara frontal del apilamiento de productos de procesamiento. En esta disposición de dos ventiladores un ventilador está diseñado preferentemente de modo que el gas de proceso se conduzca hacia el apilamiento de productos de procesamiento, mientras que el otro ventilador conduce el gas de proceso desde el apilamiento de productos de procesamiento. Un ventilador opera, en otras palabras, con una denominada operación de empuje, mientras que el otro opera en una operación de succión.

El material resistente a reaccionar del ventilador o del eje motor puede ser, por ejemplo, un material cerámico, tal como, por ejemplo, nitruro de silicio o carburo de silicio.

Preferentemente, la propulsión del ventilador o las propulsiones de los ventiladores se pueden operar también en direcciones de giro invertidas, de modo que el circuito de flujo de gas pueda invertirse.

Según otra forma de realización, el dispositivo de calentamiento comprende al menos un elemento de calentamiento resistente a la corrosión. En particular, el dispositivo de calentamiento puede diseñarse como apilamiento de placas

de elementos de calentamiento de resistencia. A este respecto, pueden utilizarse, por ejemplo, elementos de calentamiento de grafito o de carburo de silicio como calentadores de meandros en forma de placas o como varillas de calentamiento. En función del régimen de velocidad de flujo de gas, la potencia del calentador y la superficie de la matriz del calentador pueden lograrse velocidades de calentamiento de los productos de procesamiento de algunos grados Celsius por minuto hasta algunos grados Celsius por segundo.

Según otra forma de realización está previsto un dispositivo de enfriamiento y preferentemente está dispuesto en el circuito de flujo de gas, que preferentemente comprende al menos un elemento de enfriamiento y en particular un enfriador de apilamiento de placas o un enfriador de haz de tubos. El elemento de enfriamiento puede mantenerse a una temperatura de, por ejemplo, aproximadamente 200°C por medio de un aparato de templado con aceite. En función de la velocidad del flujo de gas, la potencia del enfriador y la superficie de la disposición de enfriadores pueden lograrse velocidades de enfriamiento de hasta algunos grados Celsius por minuto sobre los productos de procesamiento.

Según otra forma de realización están previstos elementos de desviación de gas, mediante los que puede desviarse el circuito de flujo de gas de modo que esté dispuesto o bien el dispositivo de calentamiento o bien el dispositivo de enfriamiento en el circuito de flujo de gas. Los elementos de desviación de gas posibilitan en caso de un ajuste correspondiente un calentamiento o un enfriamiento particularmente rápido de los productos de procesamiento a una temperatura deseada.

Tal como se ha mencionado ya, los sustratos planos de productos de procesamiento, en particular sustratos de vidrio, para la fabricación de capas finas semiconductoras, pueden comprender preferentemente calcopirita, preferentemente capas semiconductoras de compuestos I-III-VI y en particular capas semiconductoras de $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{Se,S})_2$, por ejemplo para células fotovoltaicas. En general, el semiconductor de calcopirita está constituido por elementos de los grupos I, III y VI, pudiendo elegirse como elemento del grupo I, por ejemplo, Cu, como elemento del grupo III, por ejemplo, In y/o Ga y como elemento del grupo VI, por ejemplo, Se y/o S.

Un dispositivo del tipo descrito anteriormente es adecuado, por lo tanto, por ejemplo para la fabricación de capas finas semiconductoras, en particular para células fotovoltaicas.

Otro objeto de la invención es además un procedimiento para el procesamiento de productos de procesamiento apilados, en particular a temperaturas de medias a elevadas, con las características de la reivindicación 11, mediante el que pueden lograrse de forma correspondiente las ventajas mencionadas anteriormente.

Otro objeto de la invención es además una instalación de procesamiento para procesar productos de procesamiento apilados con por lo menos un dispositivo de procesamiento del tipo descrito anteriormente, presentando el dispositivo de procesamiento una abertura de carga, a través de la que puede introducirse el apilamiento de productos de procesamiento en el dispositivo de guiado de gas, y una abertura de descarga, a través de la que puede extraerse el apilamiento de productos de procesamiento del dispositivo de guiado de gas.

Ventajosamente, la instalación de procesamiento comprende otro dispositivo de procesamiento, que está dispuesto de forma adyacente con respecto al primer dispositivo de procesamiento y presenta una abertura de carga, que está alineada con la abertura de descarga del primer dispositivo de procesamiento. La abertura de carga y/o la abertura de descarga pueden o puede, a este respecto, poder cerrarse mediante una puerta, en particular una válvula de platillo.

Preferentemente, el otro dispositivo de procesamiento es un dispositivo de refrigeración, que presenta un dispositivo de enfriamiento, que está dispuesto en un circuito de flujo de gas que se crea en una cámara de procesamiento evacuable del dispositivo de refrigeración por medio de un dispositivo de transporte de gas. Además, la instalación de procesamiento puede comprender una cámara de alimentación dispuesta antes del primer dispositivo de paso continuo visto en la dirección de circulación.

Por medio de la disposición adyacente de varios dispositivos de procesamiento la instalación de procesamiento forma una instalación de paso continuo para el apilamiento de productos de procesamiento que se va a procesar. Se trata en cierto modo también de una "instalación en lotes en línea", que reúne las ventajas de una operación de paso continuo en continuo con las de una operación en lotes.

Se entiende de por sí que el número de dispositivos de procesamiento no está limitado a dos. Más bien, la instalación de procesamiento puede comprender, por ejemplo, un número n de dispositivos de procesamiento y un número m de dispositivos de refrigeración, siendo n y m números naturales y teniendo validez únicamente para la variante más sencilla de una instalación de procesamiento de combinación en lotes-en línea que $n = m = 1$.

A continuación la invención se describe a modo de ejemplo mediante las formas de realización preferentes con referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

figura 1: una vista transversal esquemática de un dispositivo de realización según la invención;

figura 2: una vista en sección longitudinal esquemática del dispositivo de procesamiento a lo largo de la línea A-A de la figura 1;

5 figura 3: una vista en sección longitudinal esquemática de una instalación de procesamiento según la invención con un dispositivo de procesamiento del tipo mostrado en la figura 1 y la figura 2 y un dispositivo de refrigeración dispuesto al lado y

10 figura 4: una vista en sección longitudinal esquemática más de una forma de realización alternativa de una instalación de procesamiento según la invención con una cámara de alimentación dispuesta antes del dispositivo de procesamiento y un dispositivo de refrigeración dispuesto después de dispositivo de procesamiento.

15 En la figura 1 se representa un dispositivo de procesamiento 10 según la invención, que está previsto para la formación de capas finas semiconductoras de $\text{Cu(In, Ga)(Se, S)}_2$ sobre sustratos de vidrio 12, que se utilizarán para la fabricación de células fotovoltaicas.

20 El dispositivo de procesamiento 10 comprende una cámara de procesamiento evacuable 14, que está limitada por una pared de cámara de procesamiento 16. La pared de cámara de procesamiento 16 está constituida por acero inoxidable y se mantiene por medio de un dispositivo de templado 18 a una temperatura en el intervalo de 150°C a 250°C.

25 En el presente ejemplo de realización, el dispositivo de templado 18 está formado por conducciones tubulares 20 dispuestas en la cara exterior de la cámara de procesamiento 14, en particular soldadas a la pared de la cámara de procesamiento 16, que rodean en forma de meandros la cámara de procesamiento 14, a través de las que fluye un aceite caliente adecuado. Como alternativa o adicionalmente, el aceite caliente también fluye, no obstante, a través de canales (no mostrados) incorporados de forma correspondiente en la pared de la cámara de procesamiento 16. Adicionalmente la cara exterior de la pared de la cámara de procesamiento 16 puede estar provista de un material de aislamiento térmico.

30 En una cara interior de la pared de la cámara de procesamiento 16 está revestida la cámara de procesamiento 14 por lo menos casi totalmente con un material de aislamiento térmico 22 pobre en partículas resistente a la corrosión, que es resistente al calor hasta una temperatura de por lo menos 1000°C. El material de aislamiento térmico 22 puede ser una cerámica, una vitrocerámica, grafito, incluido un material fibroso, tal como, por ejemplo, carbono reforzado con fibra de carbono (CFC), o un material de aislamiento que contiene fibras de cerámica, por ejemplo constituido por fibras de SiO_2 y Al_2O_3 .

35 En una región central de la cámara de procesamiento 14 está dispuesto un dispositivo de guiado de gas 24. El dispositivo de guiado de gas 24 comprende una placa de separación superior 26 y una placa de separación inferior 28. Adicionalmente a las placas de separación superior e inferior 26, 28 pueden estar previstas una placa de separación frontal y una placa de separación trasera (no mostradas). Habitualmente, no obstante, las placas de separación frontal y posterior faltan, dado que su función puede cumplirse por medio de las paredes laterales de la cámara térmicamente aislada, que incluyen puertas o válvulas de vacío dispuestas en las mismas.

40 Las placas de separación superior e inferior 26, 28, así como dado el caso también las placas de separación frontal y trasera, están formadas por material resistente a la corrosión, tal como, por ejemplo, un material cerámico, tal como, por ejemplo, carburo de silicio o nitruro de silicio o un material vitrocerámico. Además, todas las placas de separación están recubiertas con una capa del material de aislamiento térmico 22 ya mencionado.

45 El dispositivo de guiado de gas 24 comprende además un primer dispositivo de distribución 30, que está dispuesto en la región de una primera cara frontal (en la figura 1 en la izquierda) del dispositivo de guiado de gas 24 entre las placas de separación 26, 28, y un segundo dispositivo de distribución 32, que está dispuesto en la región de una segunda cara frontal (en la figura 1 en la derecha) del dispositivo de guiado de gas 24 entre las placas de separación 26, 28. Los dispositivos de distribución 30, 32 están formados en cada caso por un material resistente a la corrosión, tal como, por ejemplo, carburo de silicio, nitruro de silicio o un material vitrocerámico. Como se puede deducir de la figura 2, en el caso de los dispositivos de distribución 30, 32 en el presente ejemplo de realización se trata en cada caso de una placa que está provista de una pluralidad de ranuras 33 orientadas verticalmente y en particular alineadas con los sustratos de vidrio 12. Como alternativa o adicionalmente, puede estar formada en la placa o en cada una de las placas también una pluralidad de orificios.

50 Las placas de separación superior e inferior 26, 28, el primer y el segundo dispositivo de distribución 30, 32 y dado el caso también las placas de separación frontal y trasera no mostradas forman un recubrimiento para el sustrato 12, que está diseñado con una densidad, aproximadamente, elevada de huecos, para poder conducir un flujo de gas 35 que fluye a través del dispositivo de guiado de gas 24 en el encapsulamiento y no puede desviarse lateralmente a través del mismo.

En una región de la cámara 34 dispuesta entre la placa de separación superior 26 y la pared de la cámara de procesamiento 16 está dispuesto un dispositivo de calentamiento 36, por ejemplo una matriz de calentamiento en meandros de carburo de silicio, mientras que en una región de la cámara 38 dispuesta entre la placa de separación inferior 28 y la pared de la cámara de procesamiento 16 está dispuesto un dispositivo de enfriamiento 40, por ejemplo un enfriador de apilamiento de placas. Como alternativa, el dispositivo de enfriamiento 40 está dispuesto en la región de la cámara superior 34 y el dispositivo de calentamiento 36 en la región de la cámara inferior 38.

En la región de un extremo (en la figura 1 el extremo derecho) del dispositivo de calentamiento 36 está dispuesto un dispositivo de entrada de gas 42, que se extiende a través de la pared de la cámara de procesamiento 16 y posibilita alimentar a la cámara de procesamiento 14 desde el exterior un gas de proceso 44, en el presente ejemplo de realización un gas que contiene selenio o azufre, tal como, por ejemplo, H_2S o H_2Se . Aunque el dispositivo de entrada de gas 42 puede estar dispuesto básicamente en un sitio discrecional de la cámara de procesamiento 14, la disposición mostrada en la figura 1 es particularmente ventajosa, dado que el gas de proceso 44 alimentado a través del dispositivo de entrada de gas 42 en operación normal fluye a través del dispositivo de calentamiento 36 y por lo tanto indirectamente después de la entrada en la cámara de procesamiento 14 se calienta.

En la región de la primera cara frontal del dispositivo de guiado de gas 24 está dispuesto por lo menos un primer ventilador 46 del primer dispositivo de distribución 30, que se acciona a través de un primer eje de accionamiento que se extiende a través de la pared de la cámara de procesamiento 48. En la cara opuesta del dispositivo de guiado de gas 24 están dispuestos dos segundos ventiladores 50 en la región del segundo dispositivo de distribución 32, que se accionan por medio de unos segundos ejes motores 52 que se extienden a través de la pared de la cámara de procesamiento 16.

Tanto los primeros y segundos ventiladores 46, 50 como también los primeros y segundos ejes motores 48, 52 están formados por un material resistente a la corrosión, tal como, por ejemplo, un material cerámico, en particular nitruro de silicio o carburo de silicio. Los primeros ventiladores 46 se accionan de modo que se introduzca gas en el dispositivo de guiado de gas 24, mientras que los segundos ventiladores 50 se accionan simultáneamente de modo que se extraiga gas del dispositivo de guiado de gas 24. Mediante el funcionamiento de los ventiladores 46, 50 se crea por lo tanto un circuito de flujo de gas que está orientado en la vista mostrada en la figura 1 en dirección contraria a las agujas del reloj, es decir, que mediante el gas de proceso 44 introducido a través del dispositivo de entrada de gas 42 en la cámara de procesamiento 14 fluya de derecha a izquierda a través del dispositivo de calentamiento 36, después hacia abajo y de izquierda a derecha a través del dispositivo de guiado de gas 24 y a continuación hacia arriba y de nuevo de derecha a izquierda a través del dispositivo de calentamiento 36.

Para controlar adicionalmente el flujo de gas en la cámara de procesamiento 14 están previstos un par superior de elementos de desviación de gas 54 conmutables y un par inferior de elementos de desviación de gas 56 conmutables. Los elementos de desviación de gas superiores 54 están dispuestos de modo que el flujo de gas de proceso 44 desde el dispositivo de guiado de gas 24 en la región de la cámara superior 34 o desde la región de la cámara superior 34 en el dispositivo de guiado de gas 24 se permita, se estrangule o se impida totalmente. De forma correspondiente, los elementos de desviación de gas inferiores 56 están dispuestos de modo que el flujo de gas de proceso 44 desde el dispositivo de guiado de gas 24 en la región de la cámara inferior 38 o desde la región de la cámara inferior 38 en el dispositivo de guiado de gas 24 se permita, se estrangule o se impida totalmente.

En la situación representada en la figura 1 se encuentran los elementos de desviación de gas superiores 54 en una posición abierta, de modo que sea posible una circulación del gas de proceso a través de la región superior de la cámara de proceso 14, es decir, a través del dispositivo de guiado de gas 24 y el dispositivo de calentamiento 36.

Los elementos de desviación de gas inferiores 56 se encuentran, por el contrario, en una posición cerrada, es decir, que impiden una circulación del gas de proceso 44 a través de la región inferior de la cámara de procesamiento 14 y en particular a través del dispositivo de enfriamiento 40. En la situación representada en la figura 1 circula por lo tanto exclusivamente gas de proceso caliente, lo que contribuye al mantenimiento de la temperatura de procesamiento deseada, por ejemplo en el intervalo de $400^{\circ}C$ a $600^{\circ}C$. Si, por el contrario, los elementos de desviación de gas superiores 54 se cierran y los elementos de desviación de gas inferiores 56 se abren, el gas de proceso 44 fluye a través del dispositivo de enfriamiento 40, y los sustratos de vidrio 12 se enfrían a una temperatura reducida, por ejemplo $250^{\circ}C$.

Para cargar la cámara de procesamiento 14, el dispositivo de procesamiento 10 presenta en su cara frontal una abertura de carga 60 realizada en una pared de la cámara de procesamiento 16, que puede cerrarse por medio de una válvula de plato 62 u otra puerta adecuada.

Los sustratos de vidrio 12 que se van a procesar están dispuestos en un soporte 64, por ejemplo un carro dispuesto sobre rodillos, de forma orientada verticalmente y distanciados entre sí, para formar un apilamiento de productos de procesamiento 66, también denominado lote. El apilamiento de productos de procesamiento 66 se introduce a través de la abertura de carga 60 en la cámara de procesamiento 14 y se aloja en el dispositivo de guiado de gas 24. Después de cerrar la abertura de carga 60 se realiza una evacuación y un barrido de forma repetida de la cámara de procesamiento 14, para reducir el contenido de oxígeno y de agua de la cámara de procesamiento 14 en todo lo

posible.

5 Para evacuar la cámara de procesamiento 14 se provee la pared de la cámara de procesamiento 16 de una abertura de succión (no mostrada) a la que está conectada una instalación de bomba que tampoco se muestra. Para limpiar la cámara de procesamiento 14 está prevista una entrada de gas adecuada en la pared de la cámara de procesamiento 16, a través de la que se puede introducir gas de barrido, tal como, por ejemplo N_2 , en la cámara de procesamiento 14.

10 En cuanto la atmósfera de la cámara de procesamiento 14 presente un estado inicial definido, se conectan los ventiladores 46, 50, se activa el dispositivo de calentamiento 36 y se introduce gas nitrógeno en la cámara de procesamiento 14. Los elementos de desviación de gas superiores 54 se abren en este punto temporal y los elementos de desviación de gas inferiores 56 se cierran, tal como se representa en la figura 1, para posibilitar un calentamiento de los sustratos de vidrio 12.

15 En cuanto la temperatura de la cámara de procesamiento 14 haya alcanzado la temperatura de inicio de la reacción necesaria, se introduce un gas de proceso 44 que contiene selenio, por ejemplo H_2Se , a través del dispositivo de entrada de gas 42 en la cámara de procesamiento 14. La temperatura de inicio de la reacción puede encontrarse entre temperatura ambiente y $400^\circ C$.

20 Después de que el gas de proceso 44 haya fluido por encima de los sustratos de vidrio 12 durante un periodo determinado a un perfil de temperatura determinado, a una concentración del gas deseada, por ejemplo en el intervalo del 0,2% al 50% y a una velocidad de flujo de gas deseada, se desconectan los ventiladores 46, 50 y la cámara de procesamiento 14 se evacua.

25 Durante la introducción posterior de un gas de proceso 44 que contiene azufre, por ejemplo H_2S , a través del dispositivo de entrada de gas 42 en la cámara de procesamiento 14, los ventiladores 46, 50 se conectan de nuevo. La temperatura de procesamiento se aumenta de nuevo, por ejemplo a entre $400^\circ C$ y $600^\circ C$, y se mantiene durante un periodo determinado a una temperatura de referencia. A este respecto se regula la velocidad de flujo de gas y la concentración de gas deseadas, esta última, por ejemplo, en el intervalo del 0,2% al 50%.

30 Tras finalizar el proceso de calentamiento se llevan los elementos de desviación de gas superiores 54 a su posición cerrada y se abren los elementos de desviación de gas inferiores 56, de modo que ahora el gas de proceso 44 se guía a través del dispositivo de enfriamiento 40 y se realiza un enfriamiento de los sustratos de vidrio 12 a una temperatura, por ejemplo, en el intervalo de $350^\circ C$ a $150^\circ C$, por ejemplo de $250^\circ C$.

35 Después de una nueva evacuación con bomba de la cámara de procesamiento 14 y un llenado con nitrógeno, el procesamiento del apilamiento de productos de procesamiento 66 se concluye, pudiendo extraerse este de la cámara de procesamiento 14.

40 Las velocidades de calentamiento y de enfriamiento se pueden ajustar en un intervalo amplio que puede lograrse con el dispositivo de procesamiento 10, por ejemplo velocidades de calentamiento en el intervalo de menos de 1 K/min a 60 K/min y según el diseño de la cámara de procesamiento 14 también superiores, posibilitan que el procesamiento del apilamiento de productos de procesamiento 66 en la cámara de procesamiento 14, es decir, en el presente ejemplo de realización la selenización y la sulfuración de los productos de procesamiento, se lleve a cabo en menos de 2 horas.

Básicamente es posible extraer el apilamiento de productos de procesamiento 66 a través de la abertura de carga 60 de la cara frontal 58 del dispositivo de procesamiento 10.

50 En el presente ejemplo de realización, el dispositivo de procesamiento 10 presenta en su cara trasera 68, no obstante, una abertura de descarga realizada en la pared de la cámara de procesamiento 16, que al igual que la abertura de carga 60 puede cerrarse por medio de una válvula de plato 72 u otra puerta adecuada. El equipamiento del dispositivo de procesamiento 10 con una abertura de carga 60 y una abertura de descarga 70 opuesta tiene la ventaja de que el dispositivo de procesamiento 10 se puede usar como dispositivo de paso continuo y se puede acoplar con otros dispositivos de tratamiento.

60 En la figura 3 se muestra, a modo de ejemplo, una instalación de procesamiento que comprende un dispositivo de procesamiento 10 y un dispositivo de refrigeración 10' conectado al mismo en el lado de la salida. El dispositivo de refrigeración 10' está diseñado de forma similar al dispositivo de procesamiento 10 con la única diferencia de que la región de la cámara superior 34 carece del dispositivo de calentamiento 36 dispuesto en la misma. Dado que el dispositivo de refrigeración 10' está previsto exclusivamente para enfriar los sustratos de vidrio 12 y que un gas de enfriamiento, en particular un gas inerte, tal como, por ejemplo, nitrógeno, fluirá exclusivamente a través del dispositivo de guiado de gas 24' y de la región de la cámara inferior 38' que comprende el dispositivo de enfriamiento 40', carece además de los elementos de desviación de gas superior e inferior 54, 56. Por motivos de claridad, en la figura 3 no se representa ninguno de los dos dispositivos de distribución 32.

5 El dispositivo de refrigeración 10' está acoplado por medio de una sección de unión 74 con el dispositivo de procesamiento 10 y está dispuesto al lado del mismo de modo que la abertura de carga 60' del dispositivo de refrigeración 10' esté alineada con la abertura de descarga 70 del dispositivo de procesamiento 10. La abertura de carga 60' del dispositivo de refrigeración 10' puede abrirse y cerrarse por medio de una válvula de plato 62' simultáneamente con, o independientemente de, la abertura de descarga 70 del dispositivo de procesamiento 10.

10 Mediante la disposición del dispositivo de procesamiento 10 y el dispositivo de refrigeración 10' en línea, es posible mover el apilamiento de productos de procesamiento 66 tras finalizar el procesamiento en el dispositivo de procesamiento 10 a través de la abertura de descarga 70 y la abertura de carga 60' al dispositivo de refrigeración 74.

Tras introducir el apilamiento de productos de procesamiento 66 en el dispositivo de refrigeración 10', la válvula de plato 72 se cierra de nuevo y el dispositivo de procesamiento 10 se carga con un nuevo apilamiento de productos de procesamiento 66.

15 Simultáneamente puede enfriarse el primer apilamiento de productos de procesamiento 66, que ahora se encuentra en el dispositivo de refrigeración 10', aún más, por ejemplo a 80°C, haciendo pasar gas nitrógeno en circulación por los sustratos de vidrio 12 y a través del dispositivo de enfriamiento 40' por medio del accionamiento de los ventiladores 50'. Después de una evacuación final y una última carga del dispositivo de refrigeración 10' puede extraerse el apilamiento de productos de procesamiento 66 a través de una abertura de descarga 70' del dispositivo de refrigeración 10'. El dispositivo de refrigeración 10' está listo ahora para recibir el siguiente apilamiento de productos de procesamiento 66 del dispositivo de procesamiento 10.

20 Como se muestra en la figura 4, puede disponerse antes del dispositivo de procesamiento 10 una cámara de alimentación 76, mediante la que se impide que en la carga del dispositivo de procesamiento 10 con un apilamiento de productos de procesamiento 66 penetre la atmósfera del entorno en la cámara de procesamiento 14.

25 Además, un mecanismo de transporte para mover el soporte 64 que porta el apilamiento de productos de procesamiento 66 a través de la instalación de procesamiento puede comprender un mecanismo de empuje para empujar el soporte 64 y el apilamiento de productos de procesamiento 66 desde la cámara de alimentación 76 a la cámara de procesamiento 14, así como un mecanismo de extracción para llevar el soporte 64 y el apilamiento de productos de procesamiento 66 de la cámara de procesamiento 14 al dispositivo de refrigeración 10'. De este modo se puede impedir que las partes móviles del mecanismo de transporte entren en contacto con regiones calientes y corrosivas de la instalación de procesamiento.

30 Por medio del procesamiento de apilamientos de paso continuo descrito anteriormente, también denominado procesamiento en lotes en línea, es posible formar en un periodo de ciclo completo de menos de 2 horas las capas finas semiconductoras de calcopirita deseadas sobre los sustratos de vidrio 12.

Listado de números de referencia

	10	Dispositivo de procesamiento
5	12	Sustrato de vidrio
	14	Cámara de procesamiento
	16	Pared de la cámara de procesamiento
10	18	Dispositivo de templado
	20	Conducto tubular
15	22	Material de aislamiento térmico
	24	Dispositivo de guiado de gas
	26	Placa de separación superior
20	28	Placa de separación inferior
	30	Primer dispositivo de distribución
25	32	Segundo dispositivo de distribución
	33	Ranuras
	34	Región de la cámara superior
30	35	Flujo de gas
	36	Dispositivo de calentamiento
35	38	Región de la cámara inferior
	40	Dispositivo de enfriamiento
	42	Dispositivo de entrada de gas
40	44	Gas de proceso
	46	Primer ventilador
45	48	Primer eje de accionamiento
	50	Segundo ventilador
	52	Segundo eje de accionamiento
50	54	Elemento de desviación de gas superior
	56	Elemento de desviación de gas inferior
55	58	Cara frontal
	60	Abertura de carga
	62	Válvula de plato
60	64	Soporte
	66	Apilamiento de productos de procesamiento
65	68	Cara trasera

70 Abertura de descarga

72 Válvula de plato

5 74 Sección de unión

76 Cámara de alimentación

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de procesamiento (10) para procesar productos de procesamiento apilados (12) con una cámara de procesamiento evacuable (14) para recibir un gas de proceso (44), que comprende un dispositivo de templado (18), para mantener por lo menos una región parcial de una pared (16) de la cámara de procesamiento (14) a una temperatura predeterminada, un dispositivo de transporte de gas (46, 50) para crear un circuito de flujo de gas en la cámara de procesamiento (14) mediante convección forzada, un dispositivo de calentamiento (36) dispuesto en el circuito de flujo de gas creado por el dispositivo de transporte de gas (46, 50) para calentar el gas, y un dispositivo de guiado de gas (24), que está diseñado para recibir el apilamiento de productos de procesamiento (66) y está dispuesto en la cámara de procesamiento (14) de modo que por lo menos una parte del circuito de flujo de gas creado discorra a través del dispositivo de guiado de gas (24), estando en una cara interior de la pared de la cámara de procesamiento (16) previsto un material de aislamiento térmico (22), que es resistente a reaccionar en condiciones de procesamiento.
2. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 1, caracterizado por que el dispositivo de guiado de gas (24) presenta por lo menos un placa de separación superior (26), que define una primera región de la cámara (34) en la cámara de procesamiento (14) por encima del dispositivo de guiado de gas (24), y una placa de separación inferior (28), que define una segunda región de la cámara (38) en la cámara de procesamiento (14) por debajo del dispositivo de guiado de gas (24), estando las superficies del dispositivo de guiado de gas (24) provistas de un material de aislamiento térmico (22), que es resistente a reaccionar en condiciones de procesamiento.
3. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el dispositivo de guiado de gas (24) presenta por lo menos un dispositivo de distribución (30, 32) para la distribución laminar uniforme del flujo de gas.
4. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 3, caracterizado por que el apilamiento de productos de procesamiento (66) está dispuesto aguas abajo del dispositivo de distribución (30).
5. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que el dispositivo de distribución (30, 32) está formado por una placa provista de unas ranuras (33) y de unos orificios.
6. Dispositivo de procesamiento (10) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de transporte de gas comprende por lo menos un ventilador (46), que presenta un material resistente a reaccionar, estando dispuesto el ventilador (46) preferentemente en la región de una de las caras frontales del apilamiento de productos de procesamiento (66) y/o fijado a un eje de accionamiento (48) que se extiende hacia el interior de la cámara de procesamiento (14) y constituido preferentemente por un material resistente a reaccionar.
7. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 6, caracterizado por que por lo menos otro ventilador (50) está dispuesto en la región de la otra cara frontal del apilamiento de productos de procesamiento (66).
8. Dispositivo de procesamiento (10) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por un dispositivo de entrada de gas (42) para introducir un gas que contiene azufre o selenio en el circuito de flujo de gas.
9. Dispositivo de procesamiento (10) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de calentamiento (36) comprende por lo menos un elemento de calentamiento resistente a reaccionar, que comprende unos elementos de calentamiento resistentes al grafito o al carburo de silicio.
10. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 9, caracterizado por que el elemento de calentamiento resistente al grafito o al carburo de silicio está diseñado como apilamiento de calentamiento de meandros con forma de placa o como un haz de varillas de calentamiento.
11. Dispositivo de procesamiento (10) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un dispositivo de enfriamiento (40) dispuesto en el circuito de flujo de gas.
12. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 11, caracterizado por que el dispositivo de enfriamiento puede templar a un intervalo de temperatura ambiente a 250°C y comprende por lo menos un elemento de enfriamiento y/o un enfriador de apilamiento de placas o un enfriador de haz de tubos.
13. Dispositivo de procesamiento (10) según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que presenta un elemento de desviación de gas (54, 56), mediante el cual puede desviarse el circuito de flujo de gas de modo que esté dispuesto o bien el dispositivo de calentamiento (36) o bien el dispositivo de enfriamiento (40) en el circuito de flujo de gas.
14. Procedimiento para procesar productos de procesamiento apilados (12), recibiendo el apilamiento de productos de procesamiento (66) durante una fase de procesamiento en un dispositivo de guiado de gas (24), que está dispuesto en una cámara de procesamiento (14) que recibe un gas, estando en la cara interior de la pared de la

- 5 cámara de procesamiento previsto un material de aislamiento térmico, que es resistente a reaccionar en condiciones de procesamiento, manteniéndose por lo menos una región parcial de la pared (16) de la cámara de procesamiento (14) a una temperatura predeterminada por medio de un dispositivo de templado (18), creándose un circuito de flujo de gas en la cámara de procesamiento (14) por medio de una convección forzada de modo que por lo menos una parte del circuito de flujo de gas creado discorra a través del dispositivo de guiado de gas (24) y el gas se caliente por medio de un dispositivo de calentamiento (36) dispuesto en el circuito de flujo de gas.
- 10 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que durante la fase de procesamiento se introduce un gas de proceso (44), que contiene azufre o selenio y, por ejemplo, comprende H_2S o S_2Se , por medio de un dispositivo de entrada de gas (42), en la cámara de procesamiento (14).
- 15 16. Procedimiento según la reivindicación 14 o 15, caracterizado porque los productos de procesamiento comprenden sustratos planos, en particular sustratos de vidrio previamente recubiertos (12) para la fabricación de capas finas semiconductoras para células fotovoltaicas.
- 20 17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado por que las capas finas semiconductoras comprenden unas capas semiconductoras de calcopirita, preferentemente unas capas semiconductoras de compuestos I-III-VI, y en particular unas capas semiconductoras de $Cu(In,Ga)(Se,S)_2$.
- 25 18. Instalación de procesamiento para el procesamiento de productos de procesamiento apilados (12) con al menos un dispositivo de procesamiento (10) según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que el dispositivo de procesamiento (10) presenta una abertura de carga (60), a través de la cual puede introducirse el apilamiento de productos de procesamiento (66) en el dispositivo de guiado de gas (24), y una abertura de descarga (70), a través de la cual puede extraerse el apilamiento de productos de procesamiento (66) del dispositivo de guiado de gas (24).
19. Instalación de procesamiento según la reivindicación 18, caracterizada por que comprende otro dispositivo de procesamiento (10'), que está dispuesto de manera adyacente con respecto a un dispositivo de procesamiento (10) y que presenta una abertura de carga (60'), que está alineada con la abertura de descarga (70) de un dispositivo de procesamiento (10).

Fig. 1

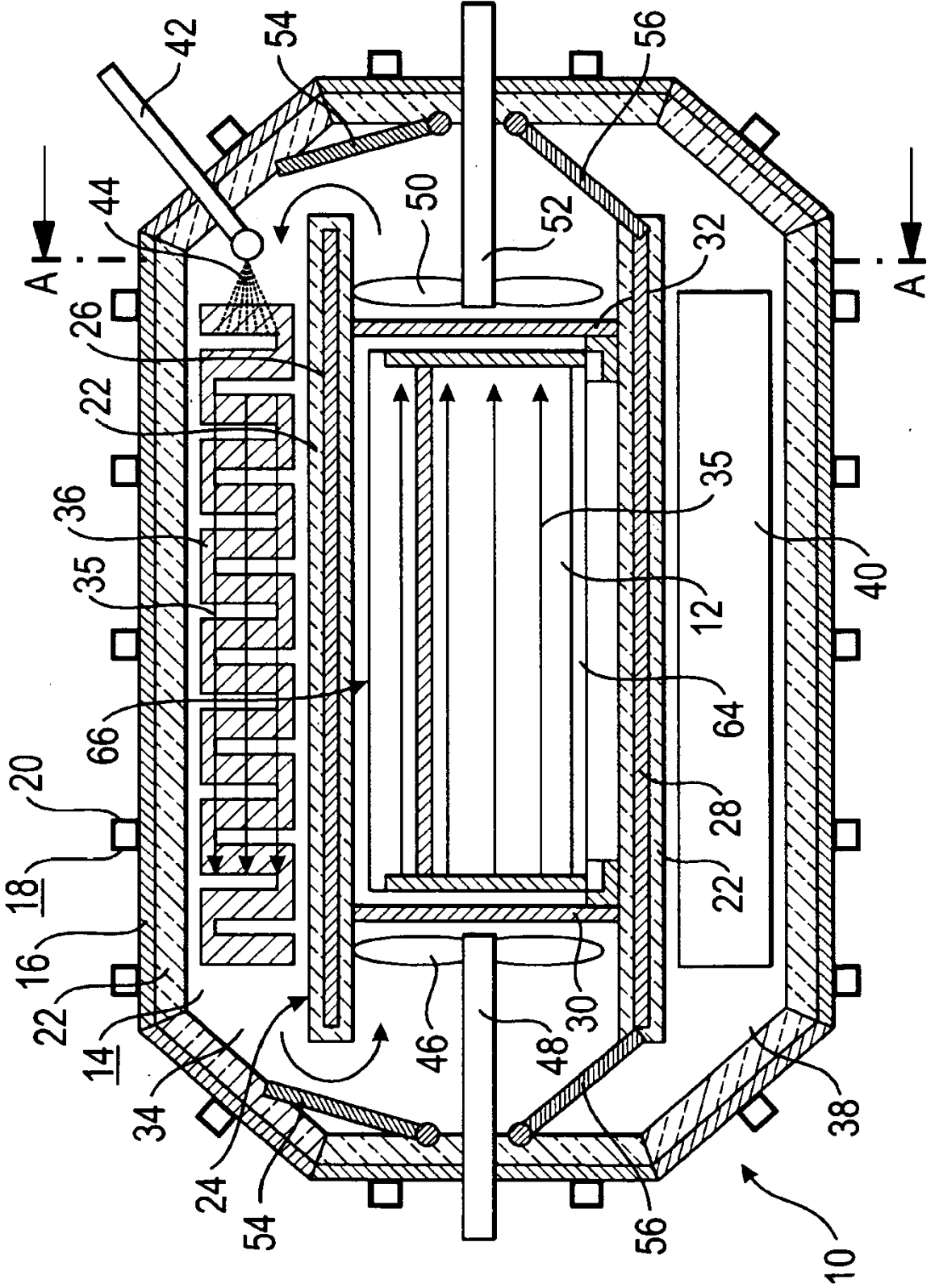


Fig. 2

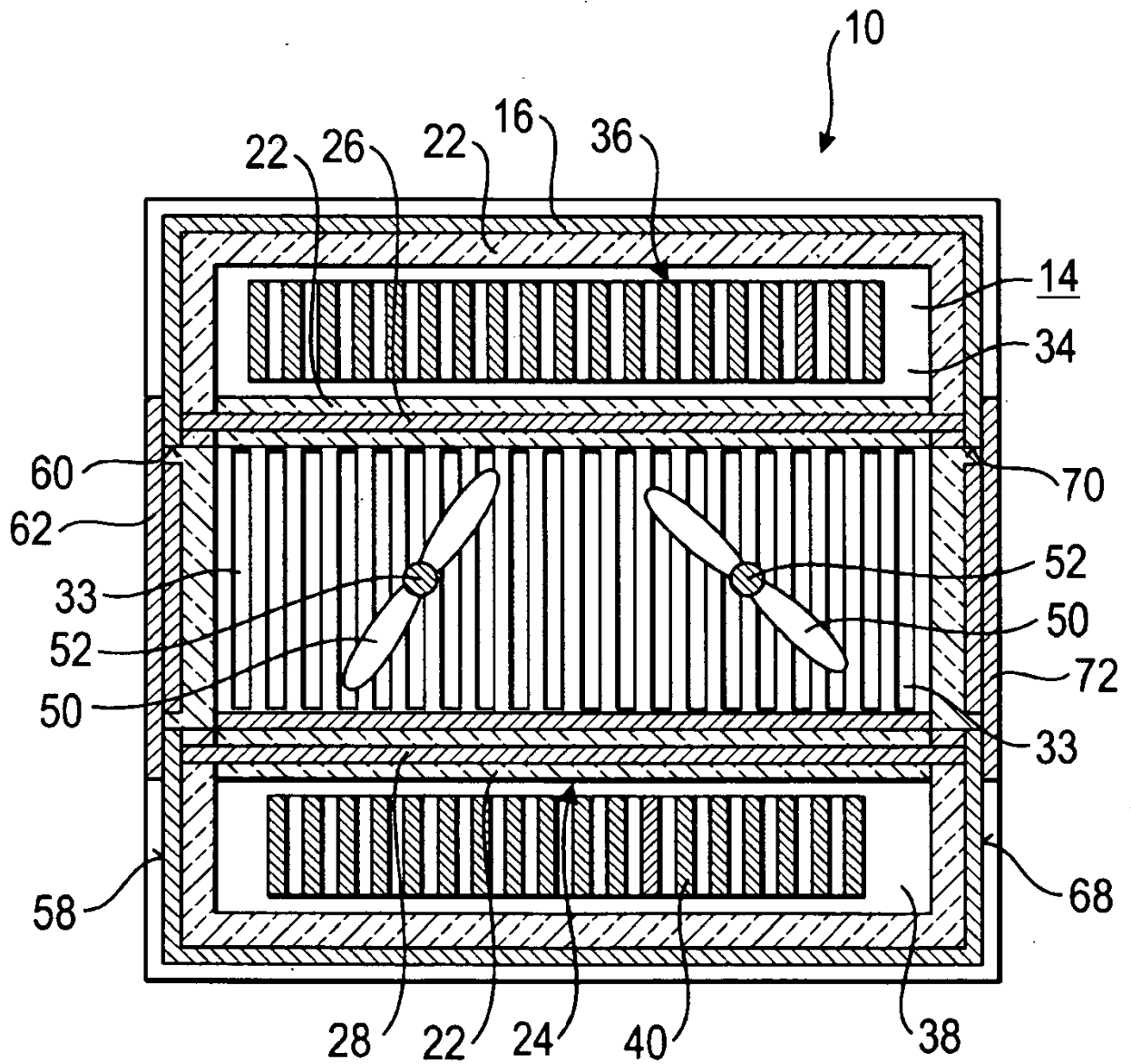


Fig. 3

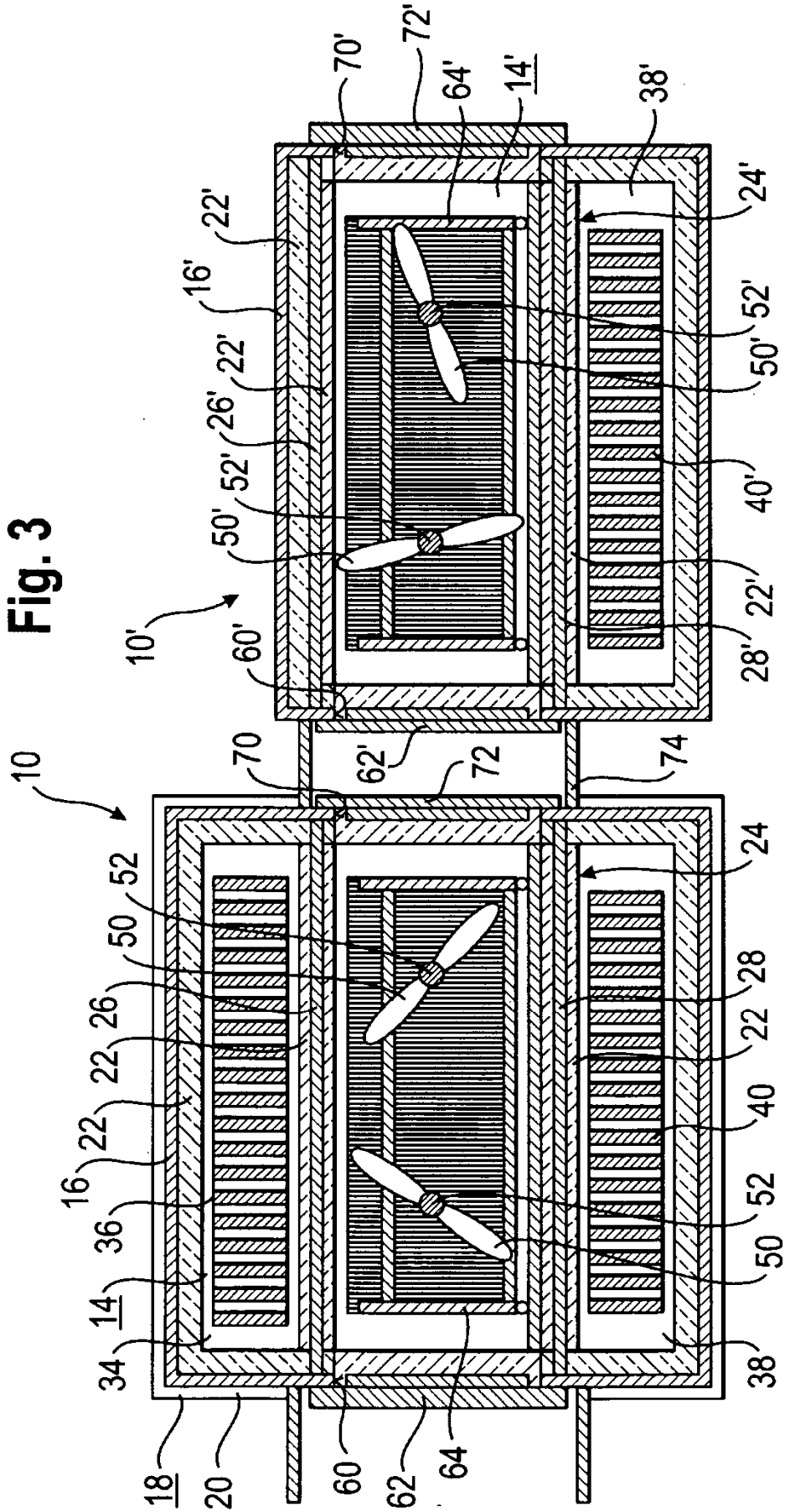


Fig. 4

