

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 486 307**

51 Int. Cl.:

C23C 14/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011 E 11305604 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.05.2014 EP 2524974**

54 Título: **inyector para un sistema de deposición de vapor bajo vacío**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.08.2014

73 Titular/es:

**RIBER (100.0%)
31 rue Casimir Périer
95870 Bezons, FR**

72 Inventor/es:

**GUYAUX, JEAN-LOUIS;
STEMMELEN, FRANCK y
DE OLIVEIRA, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 486 307 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

Inyector para un sistema de deposición de vapor bajo vacío.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un inyector para un sistema de deposición bajo vacío.

10 **Antecedentes**

10 Los sistemas de deposición bajo vacío conocidos se utilizan para la fabricación de estructuras de películas finas sobre sustratos o paneles de gran tamaño. Por ejemplo tales sistemas se utilizan para la deposición de células solares de CIGS (cobre, indio, galio, selenio) o diodos de OLED (dispositivo orgánico de emisión de luz). Los sistemas de deposición bajo vacío comprenden en general una fuente de evaporación conectada a una cámara de deposición bajo vacío. La fuente de evaporación bajo vacío evapora o sublima materiales, que se transfieren en forma gaseosa a la cámara de deposición bajo vacío. En particular, una fuente de evaporación bajo vacío de este tipo se utiliza para evaporar selenio para la selenización de sustratos de vidrio en sistemas en línea de arriba abajo o de abajo arriba horizontales. La cámara de deposición bajo vacío es apta para recibir sustrato(s) que van a cubrirse por materiales vaporizados, fabricando de ese modo panel(es). Diferentes configuraciones de cámara permiten la deposición o bien sobre un único sustrato o bien sobre una pluralidad de sustratos colocados en la cámara. Los sustratos pueden ser sólidos tal como una lámina de vidrio o flexibles tal como una película metálica o de plástico. Cuando el sustrato es flexible, un sistema de deposición bajo vacío de este tipo es compatible con procedimientos de rodillo.

25 Los sistemas de deposición bajo vacío conocidos también comprenden un inyector conectado a la fuente de evaporación y colocado delante del sustrato. El inyector permite pulverizar los materiales vaporizados a través de aberturas o boquillas sobre una gran superficie. La geometría del inyector depende del tamaño y la geometría del sustrato que va a cubrirse. Para sustratos planos rectangulares de gran área, el inyector comprende un conducto de inyector que se extiende longitudinalmente. El inyector de la técnica anterior comprende boquillas idénticas que son equidistantes y están alineadas a lo largo del eje longitudinal. La longitud del conducto de inyector es por lo menos tan grande como la longitud o la anchura de un sustrato.

35 La figura 1 representa esquemáticamente una vista desde arriba de un sistema de deposición y un sustrato (1). El sistema de deposición comprende una fuente (2) de evaporación conectada a un inyector (3). La cámara de deposición bajo vacío no se representa. El inyector (3) longitudinal se utiliza en combinación con un dispositivo mecánico para conferir un movimiento relativo entre el inyector (3) y el sustrato (1) en una dirección (Y) transversal al eje longitudinal (X) del inyector (3). Durante la deposición, el sustrato (1) o el inyector (3) se mueve a lo largo de la dirección (Y) que es perpendicular al eje longitudinal (X) del inyector (3). Esta configuración permite la deposición de materiales vaporizados sobre toda la superficie del sustrato.

40 La figura 2 representa esquemáticamente una vista a lo largo de una sección longitudinal de un sistema de deposición tal como se representa en la figura 1. El sistema de deposición comprende una fuente (2) de evaporación conectada al conducto de un inyector (3) en una cámara (5) de deposición bajo vacío. El inyector (3) comprende un difusor (4) que se extiende a lo largo de su eje longitudinal. Se coloca un sustrato (1) que va a cubrirse por materiales de deposición en la cámara (5) de deposición bajo vacío. En la configuración de arriba abajo, el inyector (3) está por encima de un sustrato (1) que va a cubrirse por una capa de deposición, siendo la distancia entre el inyector (3) y el sustrato (1) de aproximadamente 50 mm. Sin embargo, según el material que va a vaporizarse y el rendimiento de deposición esperado, la distancia entre el inyector y el sustrato puede variar. El sustrato (1) está situado sobre rodillos (6a, 6b) en un plano paralelo al eje longitudinal (X) del inyector (3). El inyector (3) longitudinal recibe materiales vaporizados procedentes de la fuente (2) a través de un orificio de entrada (no representado) en un extremo de dicho inyector. El difusor (4) pulveriza dichos materiales vaporizados sobre el sustrato (1) a lo largo de la longitud del difusor.

55 La uniformidad de la deposición es de principal importancia para el procedimiento de deposición de película fina, tal como fabricación de semiconductores, pantallas de panel plano, dispositivos orgánicos de emisión de luz o células solares. Sin embargo, la obtención de una alta uniformidad de deposición a través de la superficie de un sustrato sigue siendo difícil utilizando sistemas de deposición bajo vacío de la técnica anterior, especialmente puesto que el tamaño de sustrato tiende a aumentar. Especialmente, es difícil obtener la uniformidad de la deposición a lo largo de un eje longitudinal X paralelo al difusor debido a varios parámetros que se detallarán a continuación.

60 Además, algunos materiales vaporizados no se depositan sobre el sustrato sino que difunden al interior de la cámara de deposición y finalmente se depositan sobre las paredes de la cámara. En especial, se cree que se pierde una gran proporción del material difundido en las extremidades del difusor. La difusión de materiales vaporizados en sistemas de deposición bajo vacío de la técnica anterior conduce por tanto a una pérdida importante de materiales. El rendimiento de deposición promedio se limita actualmente a aproximadamente el 85%.

Además, los materiales vaporizados tales como selenio o azufre utilizados en los sistemas de deposición de vapor son corrosivos. El difusor puede corroerse por estos materiales. Como resultado de esta corrosión, se modifica la geometría de las boquillas, lo que modifica el patrón de difusión a lo largo del tiempo. Por tanto, los difusores de la técnica anterior también presentan un problema de repetibilidad de los perfiles de difusión a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, durante el procedimiento de deposición, una parte de los materiales vaporizados se descompone sobre las paredes internas de la boquilla. Los materiales descompuestos pueden obstruir la abertura de salida de una boquilla. La obstrucción de una única abertura de boquilla en una máquina de deposición de vapor bajo vacío puede afectar a la uniformidad en el grosor y/o la composición del material depositado sobre un sustrato. En este caso, se requiere la limpieza de la boquilla.

Además, podría utilizarse una misma máquina de deposición para diferentes tipos de aplicaciones, o diferentes sustratos con dimensiones variables. Dependiendo de las aplicaciones, en ocasiones se requiere sustituir el difusor por otro difusor que presente un número optimizado de aberturas de salida de boquilla, posiciones, geometría y/o rendimiento de boquilla optimizados.

Las operaciones de cambio o limpieza del difusor habitualmente requieren dar la vuelta a la máquina de deposición de vapor bajo vacío. Sin embargo, el tiempo de inactividad de cada etapa de procesamiento se transforma en costes de fabricación aumentados. Por tanto, el tiempo de inactividad de cada herramienta de procesamiento se controla estrechamente y debe mantenerse al mínimo.

El documento US 2010/0248416 da a conocer un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho inyector unos insertos de boquilla desmontables para la sustitución y/o la posibilidad de intercambio de los insertos de boquilla.

Problema técnico

Uno de los objetivos de la invención es mejorar la uniformidad de la deposición de materiales vaporizados, en particular a lo largo del eje del inyector. La uniformidad de la deposición se define en relación con el grosor de la capa depositada que varía entre el valor máximo superior Th_{max} y un valor mínimo inferior Th_{min} de manera proporcional a:

$$\frac{Th_{max} - Th_{min}}{Th_{max} + Th_{min}}$$

Esta uniformidad tiene que ser la menor posible.

Otro objetivo de la invención es aumentar el rendimiento de deposición de un sistema de deposición de vapor.

Otro objetivo de la invención es mejorar la repetibilidad del procedimiento de deposición a lo largo del tiempo.

Otro objetivo complementario de la invención es reducir el tiempo de inactividad de una máquina de deposición de vapor bajo vacío necesario para limpiar o sustituir el difusor.

Otro objetivo complementario de la invención es mejorar la versatilidad del difusor de una máquina de deposición de vapor bajo vacío para diferentes aplicaciones.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona por tanto un inyector para un sistema de deposición de vapor bajo vacío, comprendiendo dicho inyector un conducto de inyección apto para recibir materiales vaporizados procedentes de una fuente de evaporación bajo vacío y un difusor que comprende una pluralidad de boquillas para difundir dichos materiales vaporizados al interior de una cámara de deposición bajo vacío, comprendiendo cada boquilla un canal adecuado para conectar dicho conducto de inyección a dicha cámara de deposición. Según la invención, dicho difusor presenta una distribución de boquillas que varía espacialmente, comprendiendo por lo menos una de dichas boquillas por lo menos un inserto de difusor desmontable, comprendiendo dicho difusor medios de recepción de inserto de difusor y comprendiendo dicha inserto de difusor medios de unión aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción, y dicho difusor comprende por lo menos un inserto de difusor apto para obturar una boquilla.

Según diversos aspectos de la invención, distribución de boquillas que varía espacialmente significa que:

- dicho difusor comprende por lo menos dos boquillas que presentan diferentes geometrías de canal

y/o

- dicho difusor comprende por lo menos tres boquillas alineadas a lo largo de un eje longitudinal y que presentan separaciones diferentes entre dos boquillas adyacentes.

Según diferentes aspectos de la realización preferida de la invención:

- 5
- dicho inserto de difusor comprende por lo menos una abertura de entrada en un extremo de un canal que emerge dentro de dicho conducto de inyección y por lo menos una abertura de salida en otro extremo de dicho canal que emerge fuera de dicho conducto de inyección;

- 10
- dichos medios de recepción del difusor comprenden una rosca interna y dichos medios de unión del inserto de difusor comprenden una rosca externa ajustada a dicha rosca interna de difusor;

- dichos medios de recepción del difusor comprenden una rosca externa y dichos medios de unión del inserto de difusor comprenden una rosca interna ajustada a dicha rosca externa de difusor.

15

La invención también se refiere a un sistema de deposición bajo vacío que comprende una fuente de evaporación bajo vacío, un inyector y una cámara de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho inyector un conducto de inyección apto para recibir materiales vaporizados procedentes de la fuente de evaporación bajo vacío y un difusor que comprende una pluralidad de boquillas para difundir dichos materiales vaporizados al interior de la cámara de deposición bajo vacío, comprendiendo cada boquilla un canal apto para conectar dicho conducto de inyección a dicha cámara de deposición, en el que dicho difusor presenta una distribución de boquillas que varía espacialmente.

La invención también se refiere a un procedimiento para calibrar un inyector, que comprende las siguientes etapas:

- 25
- (a) disponer un difusor que comprende una pluralidad de boquillas distribuidas a lo largo de un eje longitudinal siguiendo una configuración inicial en el que por lo menos una de dichas boquillas comprende por lo menos un inserto de difusor desmontable y en el que por lo menos un inserto de difusor desmontable es apto para obturar una boquilla;

- 30
- (b) depositar materiales vaporizados sobre un sustrato utilizando dicho difusor en dicha configuración inicial;

- (c) medir un perfil de uniformidad de dichos materiales depositados;

- 35
- (d) modificar la distribución espacial de dichas boquillas en función de dicho perfil de uniformidad medido, con el fin de reducir la no uniformidad de los materiales depositados.

Dicho procedimiento puede comprender la implementación repetida de las etapas (b) a (d) hasta que el perfil de uniformidad sea satisfactorio. Ventajosamente, la repetición de las etapas (b) a (d) se implementa hasta que se obtiene una uniformidad predeterminada de \pm el 7% o mejor.

40

La modificación de la distribución espacial de dichas boquillas incluye:

- modificación de la geometría de por lo menos un canal de boquilla,

45

o

- modificación del paso entre dos canales.

50

Según una variante favorita, la modificación de la distribución espacial de dichas boquillas comprende una sustitución del inserto de difusor desmontable por otro inserto de difusor desmontable.

Ventajosamente, según una realización preferida del procedimiento de la invención, cada una de dichas boquillas comprende un inserto de difusor desmontable tal como se ha dado a conocer anteriormente, de modo que se facilita la modificación de la distribución espacial de dichas boquillas y puede consistir simplemente en una sustitución de los insertos de difusor desmontables por otros insertos de difusor desmontables.

La invención también se refiere a un procedimiento para fabricar un difusor para un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, que comprende las siguientes etapas:

- 60
- (e) fabricar un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho inyector un difusor que comprende por lo menos una pluralidad de medios de recepción de inserto de difusor alineados a lo largo de un eje longitudinal,

- 65
- (f) fabricar un inserto de difusor desmontable que comprende unos medios de unión aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción de dicho difusor, en el que por lo menos un inserto de difusor desmontable es apto para obturar una boquilla

(g) montar dicho inserto de difusión desmontable con dicho difusor.

5 Todavía otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para fabricar un difusor para un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(h) Proporcionar un inyector que comprende un difusor que comprende un conducto de inyección y por lo menos una pluralidad de medios de recepción de inserto de difusor alineados a lo largo de un eje longitudinal;

10 (i) Modelar el perfil de difusión de un inserto de difusor utilizando modelos de flujo de difusión;

(j) Corregir el perfil de difusión de un conjunto de una pluralidad de insertos en función de las posiciones respectivas de cada inserto a lo largo del eje longitudinal de dicho difusor;

15 (k) Comparar el perfil de difusión deseado con el perfil de difusión modelado del conjunto de insertos de difusor;

(l) Definir la distribución de insertos de difusor correspondiente al perfil de difusión deseado;

20 (m) Insertar insertos de difusor que comprenden medios de unión aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción de dicho difusor en los medios de recepción correspondientes en el que por lo menos un inserto de difusor desmontable es apta para obturar una boquilla.

La invención se aplica en particular a sistemas de deposición de vapor bajo vacío para implementar la etapa de selenización de células solares de tipo CIGS.

25 La presente invención también se refiere a las características dadas a conocer en la siguiente descripción y que han de considerarse solas o según cualquier combinación técnica factible.

30 Breve descripción de los dibujos

Esta descripción se facilita sólo para fines ilustrativos no limitativos y se entenderá mejor cuando se haga referencia a los dibujos adjuntos en los que:

35 - la figura 1 representa esquemáticamente una vista desde arriba de un sistema de deposición y un sustrato que va a cubrirse por materiales vaporizados;

- la figura 2 representa esquemáticamente una vista lateral del sistema de deposición de la figura 1 a lo largo de una sección longitudinal;

40 - la figura 3 representa mediciones de un grosor de capa depositada en función de la posición sobre el sustrato a lo largo del eje longitudinal del inyector;

- la figura 4 representa esquemáticamente una vista desde abajo de un sistema de deposición y un sustrato que va a cubrirse;

45 - la figura 5 representa esquemáticamente diferentes boquillas que presentan diferentes geometrías de canal;

- la figura 6 representa esquemáticamente un inserto de difusor unido a un difusor según una realización de la invención;

50 - la figura 7 representa una configuración de posiciones de insertos con respecto a un sustrato que va a cubrirse, según una realización de la invención;

55 - la figura 8 representa esquemáticamente una vista en corte parcial de un inyector, según una realización de la invención;

- la figura 9 representa a una vista en perspectiva de un inserto de difusor desmontable, según una forma de realización de la invención.

60 Descripción detallada

La figura 3 representa un perfil de uniformidad de una capa depositada obtenida mediante un sistema de deposición bajo vacío de la técnica anterior tal como se representa en las figuras 1 y 2. De manera más precisa, el perfil de uniformidad de la figura 3 se obtiene midiendo el grosor de una capa de selenio en función de la posición sobre un sustrato (1) de vidrio a lo largo del eje longitudinal X del inyector (3). Las dimensiones globales del sustrato (1) de vidrio son 60x40 cm. La posición X = 0 corresponde al borde del sustrato orientado hacia el orificio de entrada (3a)

del inyector (3). La posición $X = 60$ cm corresponde al borde del sustrato orientado hacia el extremo opuesto (3b) del inyector (3). Se derivan varias observaciones del perfil de uniformidad de la figura 3. En primer lugar, el grosor del selenio depositado es similar (aproximadamente $2,3 \mu\text{m}$) en los bordes del sustrato, es decir en las posiciones $X=0$ y $X=60$ cm, respectivamente. Sin embargo, la deposición es claramente no uniforme a través del sustrato. El perfil muestra un grosor pico local en el centro del sustrato ($X=30$ cm) y dos mínimos locales a los lados. Además, el perfil no es simétrico con respecto a un eje Y que pasa a través del centro del sustrato. La no uniformidad mide la diferencia estadística entre el grosor mínimo, máximo y promedio. La no uniformidad en el grosor asciende hasta aproximadamente $\pm 8,9\%$ en la figura 3.

La figura 4 representa esquemáticamente una vista desde arriba de un sistema de deposición y un sustrato (1), según una realización de la invención. La fuente (2) de evaporación está conectada al inyector (3) a través de un tubo (8) de conexión y una brida (9) de conexión. El inyector (3) comprende un difusor (4) que se extiende a lo largo de su eje longitudinal. Se coloca un sustrato (1) que va a cubrirse por materiales de deposición en la cámara (5) de deposición bajo vacío. La cámara de deposición bajo vacío presenta una anchura 2^*V . El difusor (4) presenta una longitud W . El sustrato (1) presenta una anchura D . La longitud W del difusor es ligeramente mayor que la anchura D del sustrato. La anchura 2^*V de la cámara de deposición bajo vacío es mayor que la longitud W de difusor (4). En algunas configuraciones, pueden colocarse varios sustratos uno al lado del otro en la cámara de deposición bajo vacío para aumentar el rendimiento. Por ejemplo, dos sustratos que presentan una anchura de $D/2$ pueden colocarse uno junto al otro en la misma cámara de deposición, para recibir simultáneamente materiales de deposición vaporizados procedentes de un único difusor (4).

En la figura 4 se presenta un sistema de deposición bajo vacío. La fuente (2) vaporiza o sublima materiales por encima de la temperatura de evaporación o sublimación para dichos materiales. La temperatura del selenio es de aproximadamente 350°C . El inyector (3) se calienta con el fin de evitar que los materiales vaporizados se condensen dentro del inyector. Posiblemente, también se calientan las paredes de la cámara (5) de deposición. Por tanto, el sustrato (1) recibe radiación térmica del inyector (3) y de cualquier otra parte caliente de la cámara (5) de deposición. Sin embargo, la radiación térmica recibida por el sustrato no se distribuye uniformemente a través de la superficie del sustrato. Este calentamiento no uniforme da como resultado variaciones espaciales en la temperatura del sustrato. Puede medirse la no uniformidad en la temperatura del sustrato. Las temperaturas medidas en el sustrato en general no son simétricas con respecto a un eje Y que pasa a través del centro de la cámara de deposición y transversal al eje longitudinal X . Como resultado, los materiales vaporizados tienden a condensarse en ubicaciones que presentan temperaturas relativamente inferiores, mientras que los materiales depositados en ubicaciones de temperatura superior son más fácilmente propensos a difusión de nuevo o evaporación de nuevo.

Otro aspecto se refiere a la geometría del inyector (3) tal como se representa en la figura 4. El conducto de inyector recibe materiales vaporizados procedentes de un orificio de entrada en un extremo (3a) de su eje longitudinal. Sin embargo, el flujo de materiales no es constante a lo largo del eje del inyector, debido a una disminución de presión desde el orificio de entrada (3a) hasta el extremo opuesto (3b) del inyector (3).

A su vez, las variaciones espaciales de la temperatura del sustrato combinadas con la configuración del inyector conducen a una deposición no uniforme de materiales vaporizados sobre el sustrato (1) a lo largo del eje longitudinal del inyector. El perfil de grosor medido en la figura 3 resulta probablemente por tanto de efectos combinados de inyección asimétrica y de la no uniformidad de la temperatura del sustrato.

Según un aspecto de la invención, el difusor (4) comprende boquillas de diferente geometría y/o una distribución espacialmente no uniforme de boquillas a lo largo del eje longitudinal del inyector, con el fin de disminuir la no uniformidad del grosor de los materiales depositados sobre el sustrato. De manera más precisa, el difusor (4) comprende por lo menos dos boquillas que presentan diferentes geometrías de canal o por lo menos tres boquillas alineadas a lo largo de un eje longitudinal y que presentan separaciones diferentes entre dos boquillas adyacentes.

La figura 5 representa esquemáticamente una vista en corte longitudinal de un difusor (4) según una realización de la invención. La forma del inyector (3) es un cilindro hueco con una sección transversal anular y un eje longitudinal X . El difusor (4) puede mecanizarse en un lado del cuerpo de inyector. El difusor (4) también puede ser una pieza mecánica separada, unida contra una abertura en el cuerpo de inyector (3). El difusor (4) comprende una pluralidad de boquillas (9a, 9b, ..., 9j) alineadas a lo largo del eje longitudinal X . Cada boquilla (9a, 9b, ..., 9j) comprende generalmente un canal (13), una abertura de entrada (11) que emerge dentro del conducto de inyección y una abertura de salida (12) que emerge fuera del conducto de inyección. Los difusores de la técnica anterior presentan generalmente una distribución periódica de boquillas idénticas a lo largo del eje longitudinal con un paso constante entre boquillas adyacentes.

Según una realización de la invención, las diferentes boquillas del difusor presentan diferentes características geométricas. La figura 5 representa esquemáticamente diferentes tipos de insertos que, cuando se insertan en los medios de recepción del difusor constituyen boquillas. Por ejemplo, el inserto y la boquilla (9a) y el inserto y la boquilla (9b) presentan un canal recto, una abertura de entrada y una abertura de salida. Sin embargo, el diámetro del canal de la boquilla (9b) es mayor que el diámetro del canal de la boquilla (9a). Por tanto, la boquilla (9b) produce un flujo de difusión mayor que la boquilla (9a). Diferentes boquillas pueden presentar diferentes tamaños de abertura

de salida y/o diferentes formas de canal, abertura de entrada y/o de salida. Un inserto y boquilla (9a) presenta un canal cilíndrico con una sección transversal circular; otro inserto y boquilla (9k) puede presentar un canal cónico. Una boquilla puede comprender una abertura de entrada y/o de salida biselada. El difusor (4) puede comprender diferentes boquillas que presentan diferentes longitudes de canal.

5 Otro inserto y boquilla (9f) comprende un canal que conecta una única abertura de entrada con una pluralidad de aberturas de salida. A la inversa, otra boquilla puede comprender un canal que conecta una pluralidad de aberturas de entrada a una única abertura de salida. Otra boquilla puede comprender una pluralidad de canales, conectando cada canal una o varias aberturas. Según una realización, un inserto y boquilla (9i) comprende un canal cilíndrico que presenta un eje central perpendicular al eje longitudinal X y dicha boquilla comprende una pluralidad de aberturas de salida laterales. Según otra realización, diferentes insertos y boquillas (9d, 9g) comprenden canales con diferente ángulo de eje del canal con respecto al eje longitudinal. En una realización particular, el ángulo del eje del canal varía en función de la posición de la boquilla a lo largo del eje longitudinal del difusor. Por ejemplo, las boquillas (9d, 9e, 9g y 9h) en ambos extremos del difusor (4) pueden inclinarse hacia el centro de la cámara de deposición.

La configuración del difusor con diferentes geometrías de boquilla permite modificar el flujo de materiales vaporizados a través del difusor con el fin de reducir la no uniformidad de los materiales depositados. Esta configuración del difusor permite compensar la no uniformidad en la temperatura y/o en el flujo de materiales vaporizados. La geometría y la distribución de la boquilla también permiten reducir pérdidas de materiales depositados en las paredes (5) de la cámara de deposición.

Según otro aspecto de la invención, la separación entre boquillas adyacentes no es constante. Con este fin, el difusor puede fabricarse con separación predeterminada entre posiciones de boquilla. Según una realización preferida, el difusor comprende posiciones de boquilla separadas por igual, pero algunas boquillas están taponadas. Puede utilizarse un inserto (9c) particular con extremos tapados para permitir el taponamiento local de la boquilla. La figura 7 representa una vista desde arriba de un sustrato y una configuración de difusor. El difusor comprende varias decenas de boquillas distribuidas a lo largo de la longitud del difusor. Cada boquilla está representada por un disco o cuadrado negro correspondientes a boquillas con dos geometrías de boquilla distintas. Las flechas representan boquillas con extremos tapados individuales que se taponan para modificar la deposición de materiales vaporizados cerca de los bordes del sustrato.

Ahora se describirá una realización preferida de la invención en referencia a las figuras 8 y 9. La figura 8 representa esquemáticamente una vista en corte parcial de un inyector (3) con un difusor (4). El inyector (3) comprende un conducto de inyección que es un cilindro hueco con una sección transversal circular. El difusor (4) comprende una pluralidad de orificios pasantes (14). Preferentemente, cada orificio (14) comprende una parte roscada. Según esta realización, el difusor comprende insertos de difusor desmontables (9) en cada orificio (14). Cuando el inserto de difusor (9) se inserta en un orificio (14), constituye una boquilla.

La figura 9 representa una vista en perspectiva de inserto de difusor desmontable (9) según una realización preferida de la invención. El inserto de difusor (9) presenta una forma generalmente cilíndrica. El inserto de difusor (9) comprende un canal (13) interior que conecta una pluralidad de aberturas de entrada (11a, 11b, 11c) con una abertura de salida (12). El inserto de difusor (9) comprende una rosca (15) externa. El inserto de difusor comprende un cabezal hexagonal con rebordes para atornillar dicho inserto de difusor en el orificio (14) de difusor utilizando llaves comunes. El inserto (9) puede insertarse y retirarse por tanto fácilmente del difusor (4). Un difusor (4) con orificios roscados (14) idénticos es apto para recibir insertos de difusor que presentan diversas características geométricas tal como se detalló anteriormente con referencia a la figura 5.

En caso de que los materiales vaporizados induzcan la corrosión de un inserto de difusor (9), dicho inserto de difusor corroído se sustituye fácilmente por un inserto de difusor nuevo. La sustitución de los insertos de difusor (9) es menos cara que la sustitución de todo el difusor (4) o inyector (3).

Un inserto de difusor (9c) particular representado en la figura 5 está dotado de una tapa de extremo, evitando por tanto la difusión de cualquier material vaporizado. Un inserto con extremos tapados de este tipo funciona como un tapón para cerrar un orificio (14) de difusor. Una pluralidad de tales insertos con extremos tapados puede taponar varios orificios (14) de difusor mientras que los insertos de difusor de canal abierto regulares se insertan en los otros orificios de difusor. Por tanto, la distribución espacial de los materiales vaporizados a través del difusor puede controlarse estrechamente. Por ejemplo, en el sistema de deposición que produce un perfil de deposición tal como se representa en la figura 3, los insertos con extremos tapados pueden taponar el centro y cerca de ambos extremos del difusor, con el fin de reducir los picos locales en el grosor depositado. Tales insertos con extremos tapados también pueden utilizarse para ajustar la longitud operativa del difusor al tamaño real de los sustratos. Esto permite la fabricación de un difusor convencional y la adaptación de dicho difusor para cada aplicación.

Según una realización alternativa de inserto de difusor, representada en la figura 6, un difusor (4) comprende una parte roscada externa para recibir un inserto de difusor y el inserto de difusor (9k') comprende una parte roscada interna.

5 Según otra realización de la invención, la distribución espacial de los insertos de difusor varía a lo largo del eje longitudinal de dicho difusor (4). Por ejemplo, las boquillas se implementan con una densidad que varía en función del flujo de difusión local esperado: la densidad superior de las aberturas corresponde con el flujo de difusión superior. Según una realización particular, pueden utilizarse insertos de difusor con extremos tapados para modificar el paso entre insertos de difusor de canal abierto adyacentes.

10 Según un aspecto de la invención, el difusor es una pieza mecánica separada del inyector, con una distribución espacial predeterminada de los insertos de difusión. Preferentemente, el inyector está compuesto por acero inoxidable cromado o electropulido. Los insertos de difusor están compuestas por un material apto para soportar la corrosión de materiales vaporizados a alta temperatura. Preferentemente, los insertos de difusor están compuestos por grafito o materiales cerámicos.

15 Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento de calibración de un inyector. En una primera etapa, se dispone el difusor siguiendo una configuración inicial, por ejemplo con boquillas o insertos de difusor idénticas con un paso constante. Se realiza la deposición de materiales vaporizados sobre un sustrato utilizando esta configuración inicial de difusor. Entonces, se mide un perfil de uniformidad de dichos materiales depositados. Dependiendo de la no uniformidad medida, se sustituyen una o varios insertos de difusor por otras boquillas / insertos de difusor o insertos de difusor con extremos tapados. Si es necesario, se repiten las etapas de deposición y mediciones hasta que se obtiene una uniformidad satisfactoria. Por ejemplo, puede utilizarse un valor numérico que define la no uniformidad máxima para determinar las condiciones de funcionamiento. El criterio de no uniformidad puede utilizarse para controlar la repetibilidad de las condiciones de deposición a lo largo del tiempo y para determinar cuándo es necesario sustituir pieza(s) de inserción de difusor.

25 Todavía otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para fabricar un difusor. En una primera etapa, se modela el perfil de difusión de un inserto de difusor utilizando modelos de flujo de difusión. En una segunda etapa, se corrige el perfil de difusión de un conjunto de una pluralidad de insertos en función de las posiciones respectivas de cada inserto a lo largo del eje longitudinal de dicho difusor. En otra etapa, se compara el perfil de difusión deseado con el perfil de difusión modelado del conjunto de insertos de difusor.

30 La invención se aplica al procedimiento de deposición de capas de selenio para células solares de CIGS de películas finas. El inyector puede utilizarse para la deposición de otros materiales o elementos químicos, en particular tales como cadmio, telurio, zinc, fósforo o magnesio.

35 **Ventajas**

La invención permite mejorar la uniformidad de materiales depositados a lo largo del eje longitudinal del inyector (3).

40 Utilizando la invención, puede utilizarse una misma máquina de deposición para diferentes tipos de aplicaciones o para diferentes sustratos con dimensiones variables. Dependiendo de las aplicaciones, el difusor y/o los insertos de difusor pueden sustituirse con el fin de optimizar el número, las posiciones y/o el rendimiento de las aberturas de salida de boquilla. El cambio de los insertos de difusor es rápido, por lo que el tiempo de inactividad de la máquina de deposición bajo vacío se mantiene al mínimo.

45 La invención permite mejorar la repetibilidad en la uniformidad del material depositado por una máquina de deposición de vapor bajo vacío a lo largo del tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Inyector (3) para un sistema de deposición de vapor bajo vacío, comprendiendo dicho inyector:

- 5 - un conducto de inyección apto para recibir materiales vaporizados procedentes de una fuente (2) de evaporación bajo vacío, y
- un difusor (4) que comprende una pluralidad de boquillas para difundir dichos materiales vaporizados al interior de una cámara (5) de deposición bajo vacío, comprendiendo cada boquilla un canal (13) apto para
10 conectar dicho conducto de inyección a dicha cámara (5) de deposición,

caracterizado por que dicho difusor (4) presenta una distribución de boquillas que varía espacialmente, comprendiendo por lo menos una de dichas boquillas por lo menos un inserto de difusor desmontable (9),
15 comprendiendo dicho difusor (4) unos medios de recepción de inserto de difusor y comprendiendo dicho inserto de difusión desmontable (9) unos medios de unión (15) aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción, y siendo por lo menos un inserto de difusor desmontable (9c) apto para obturar una boquilla.

2. Inyector (3) según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho difusor comprende por lo menos dos boquillas que presentan diferentes geometrías de canal.

3. Inyector (3) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicho difusor comprende por lo menos tres boquillas alineadas a lo largo de un eje longitudinal y que presentan separaciones diferentes entre dos boquillas adyacentes.

4. Inyector (3) según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho inserto de difusor (9) comprende por lo menos una abertura de entrada (11, 11a, 11b, 11c) en un extremo de dicho canal (13) que emerge dentro de dicho conducto de inyección y por lo menos una abertura de salida (12) en otro extremo de dicho canal (13) que emerge fuera de dicho conducto de inyección.

5. Inyector (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dichos medios de recepción del difusor (3) comprenden una rosca interna y por que dichos medios de unión del inserto de difusor (9) comprenden una rosca (15) externa ajustada a dicha rosca interna de difusor.

6. Inyector (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos medios de recepción del difusor (3) comprenden una rosca externa y por que dichos medios de unión del inserto de difusor (9) comprenden una rosca interna ajustada a dicha rosca externa de difusor.

7. Sistema de deposición bajo vacío, que comprende una fuente de evaporación bajo vacío, un inyector según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y una cámara de deposición bajo vacío.

8. Procedimiento para calibrar un inyector según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende las siguientes etapas:

- 45 a) disponer un difusor que comprende una pluralidad de boquillas distribuidas a lo largo de un eje longitudinal siguiendo una configuración inicial, comprendiendo por lo menos una de dichas boquillas por lo menos un inserto de difusor desmontable y siendo por lo menos un inserto de difusor desmontable (9c) apto para obturar una boquilla;
- 50 b) depositar materiales vaporizados sobre un sustrato utilizando dicho difusor en dicha configuración inicial;
- c) medir un perfil de uniformidad de dichos materiales depositados;
- 55 d) modificar la distribución espacial de dichas boquillas en función de dicho perfil de uniformidad medido, con el fin de reducir la no uniformidad de los materiales depositados.

9. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende la implementación repetida de las etapas (b) a (d).

10. Procedimiento según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que la modificación de la distribución espacial de dichas boquillas comprende una sustitución del inserto de difusor desmontable por otro inserto de difusor desmontable.

11. Procedimiento para fabricar un difusor para un inyector para un sistema de deposición bajo vacío según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende las siguientes etapas:

- 65 e) fabricar un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho inyector un difusor que comprende por lo menos una pluralidad de medios de recepción de inserto de difusor alineados a lo largo de

un eje longitudinal,

5 f) fabricar un inserto de difusor desmontable que comprende unos medios de unión aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción de dicho difusor, siendo por lo menos un inserto de difusor desmontable (9c) apto para obturar una boquilla,

g) montar dicho inserto de difusión desmontable con dicho difusor.

10 12. Procedimiento para fabricar un difusor para un inyector para un sistema de deposición bajo vacío, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(h) proporcionar un inyector que comprende un difusor que comprende un conducto de inyección y por lo menos una pluralidad de medios de recepción de inserto de difusor alineados a lo largo de un eje longitudinal;

15 (i) modelar el perfil de difusión de un inserto de difusor utilizando modelos de flujo de difusión;

(j) corregir el perfil de difusión de un conjunto de una pluralidad de insertos en función de las posiciones respectivas de cada inserto a lo largo del eje longitudinal de dicho difusor;

20 (k) comparar el perfil de difusión deseado con el perfil de difusión modelado del conjunto de insertos de difusor;

(l) definir la distribución de insertos de difusor correspondiente al perfil de difusión deseado;

25 (m) insertar unos insertos de difusor que comprenden unos medios de unión aptos para ser ajustados a dichos medios de recepción de dicho difusor en los medios de recepción correspondientes, siendo por lo menos un inserto de difusor desmontable (9c) apto para obturar una boquilla.

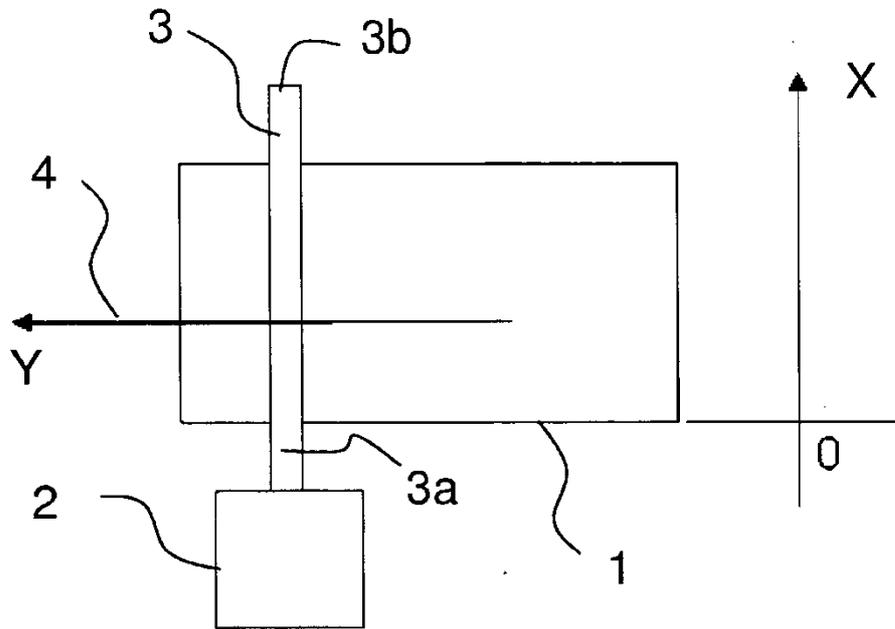


Figura 1

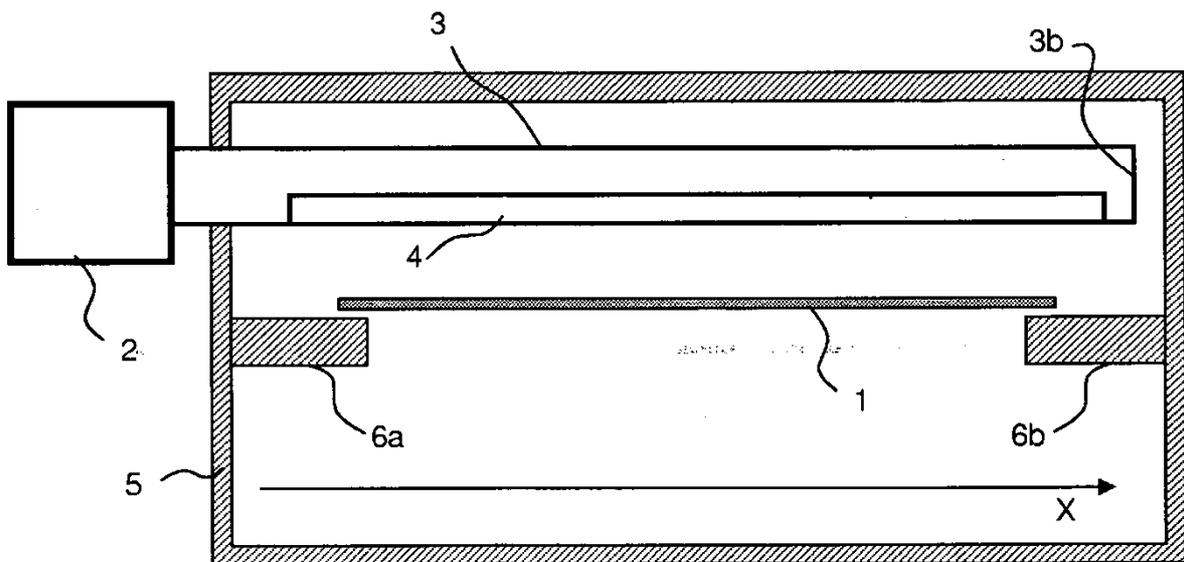


Figura 2

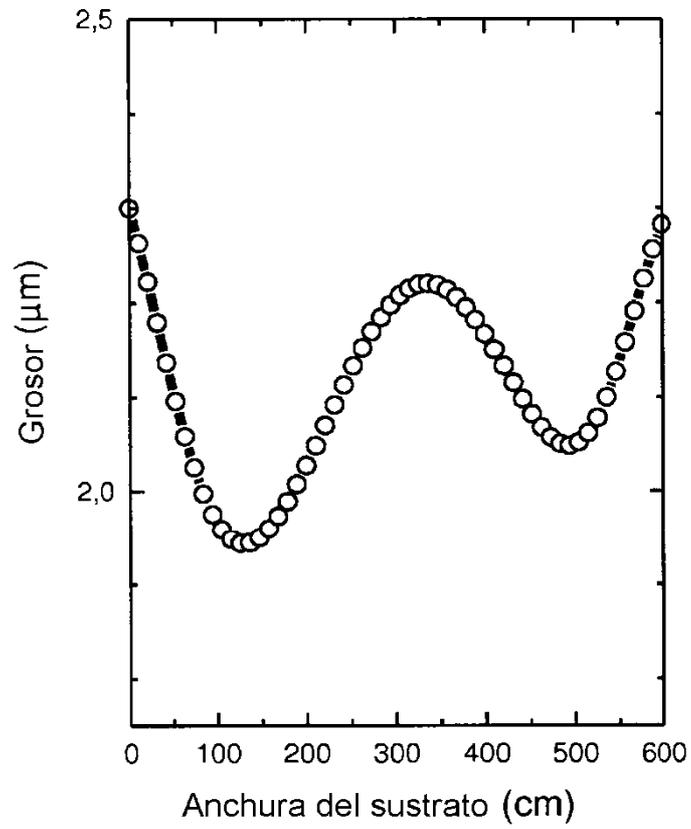


Figura 3

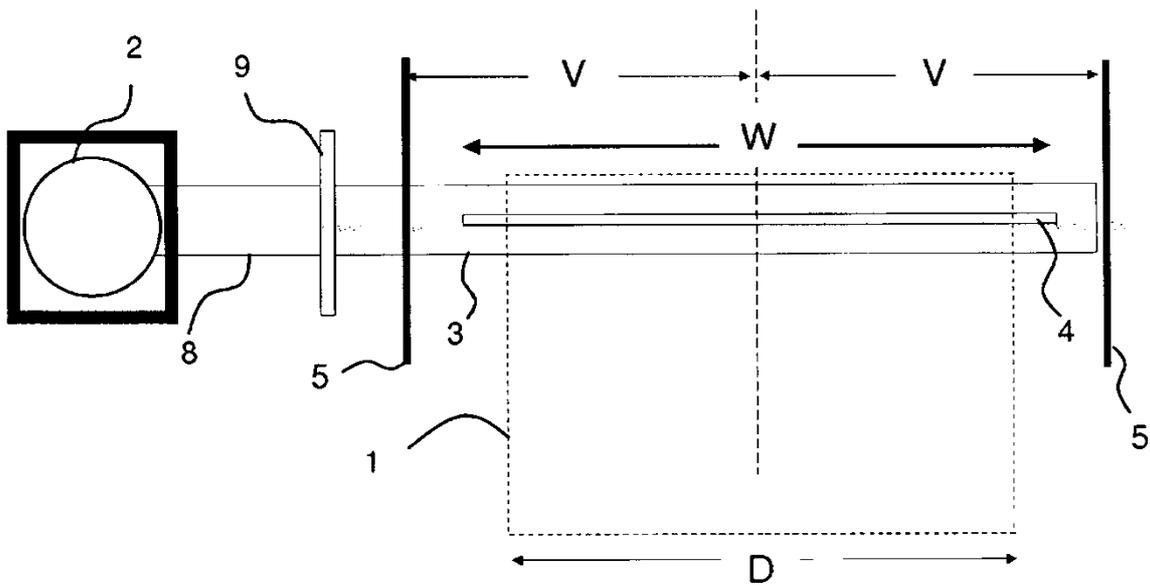


Figura 4

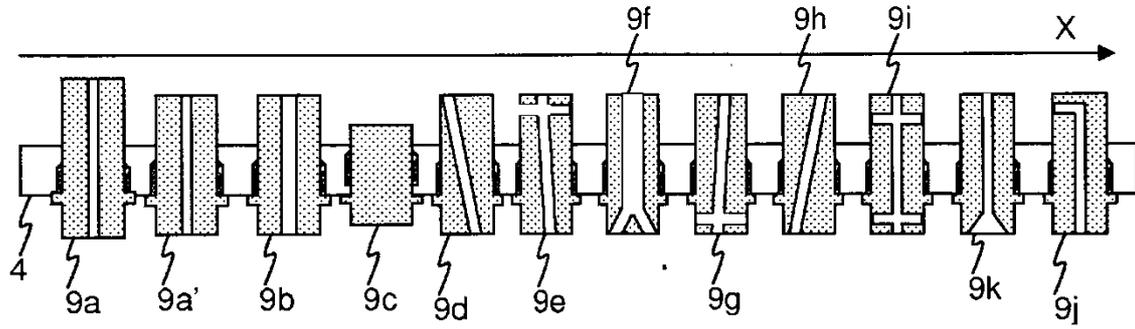


Figura 5

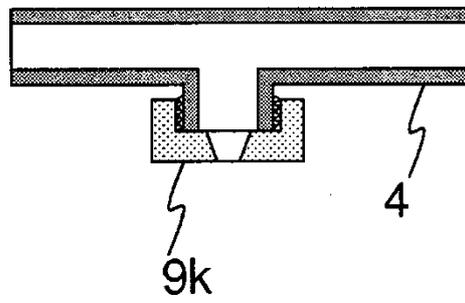


Figura 6

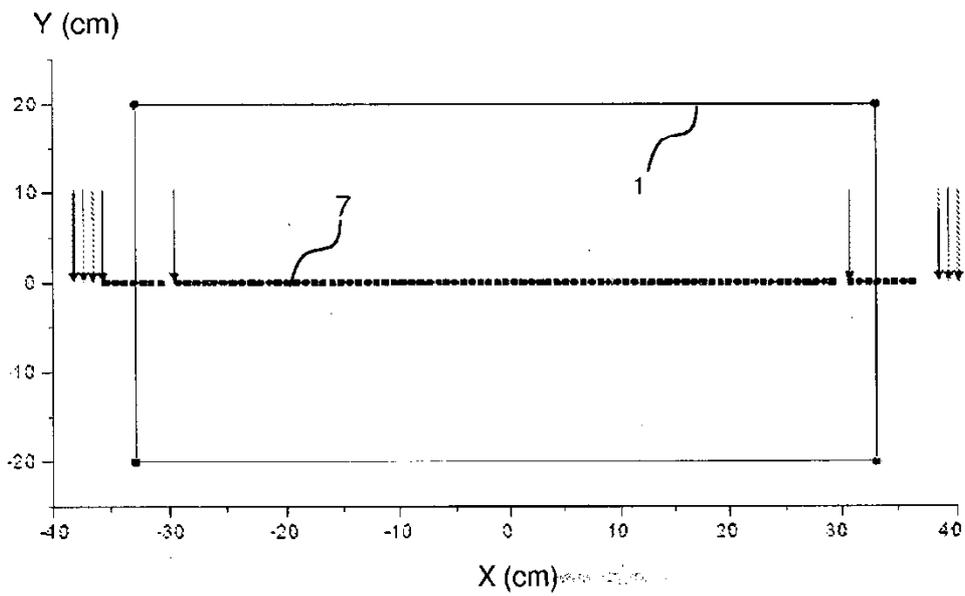


Figura 7

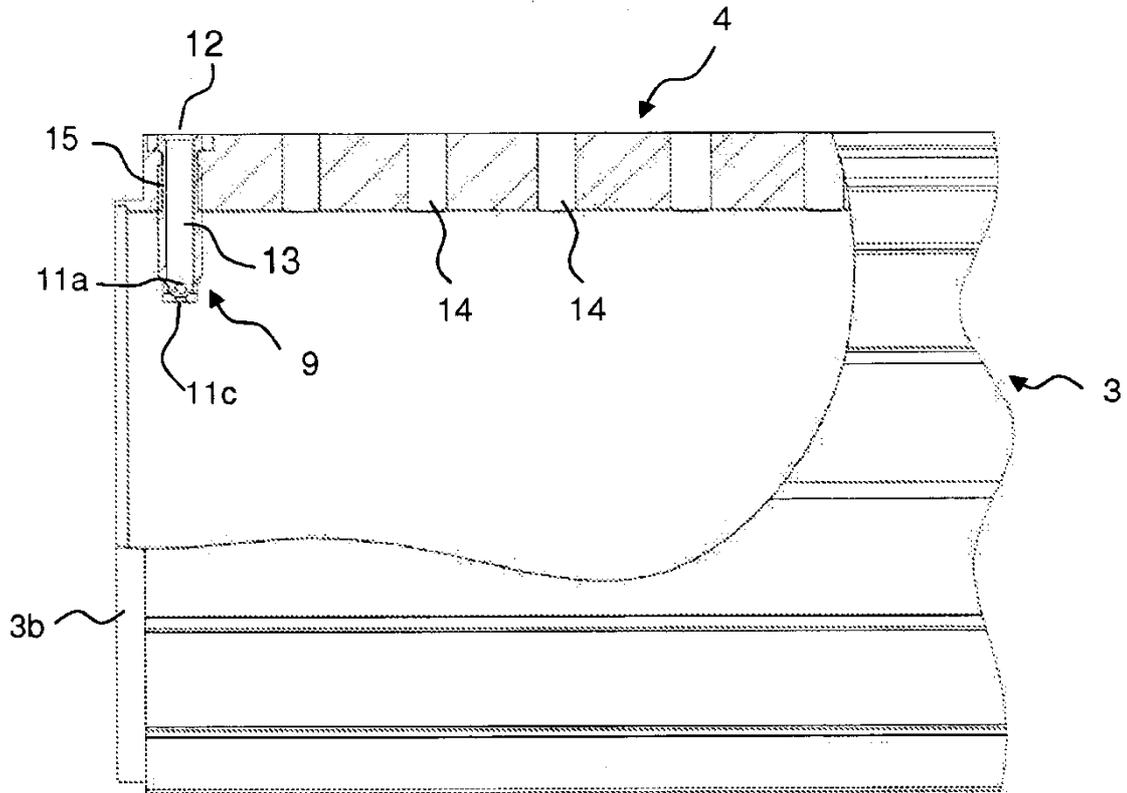


Figura 8

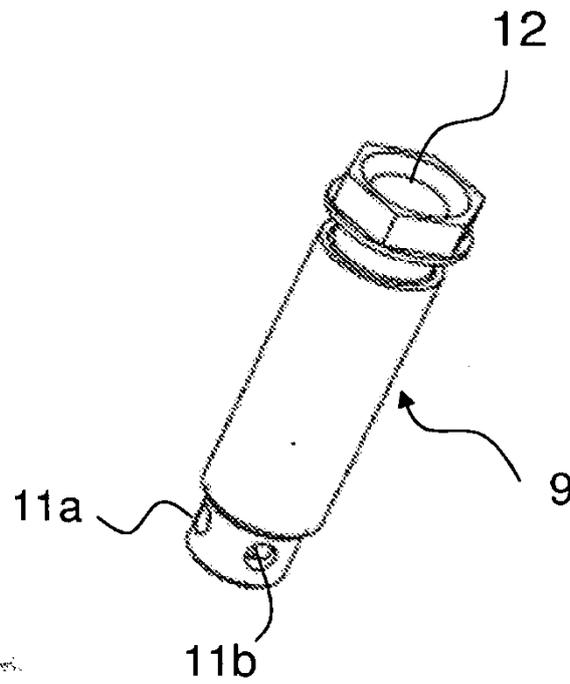


Figura 9