

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 215**

51 Int. Cl.:

H05H 1/34 (2006.01)

H05H 1/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2007 E 07109436 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 1895818**

54 Título: **Dispositivo de pulverización de plasma y un método para la introducción de un precursor líquido en un sistema de gas de plasma**

30 Prioridad:

30.08.2006 EP 06119769

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

20.04.2015

73 Titular/es:

**OERLIKON METCO AG, WOHLLEN (100.0%)
Rigackerstrasse 16
5610 Wohlen, CH**

72 Inventor/es:

**DORIER, DR., JEAN-LUC;
HOLLENSTEIN, CHRISTOPH, DR.;
BARBEZAT, GÉRARD y
REFKE, ARNO, DR.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 534 215 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 pulverización de plasma y un método para la introducción de un precursor líquido en un sistema de gas de plasma

5 La invención se refiere a un dispositivo de pulverización de plasma para pulverizar un revestimiento sobre un sustrato, así como a un método para introducir un precursor líquido en una corriente de gas de plasma y al uso de tal dispositivo de pulverización de plasma y/o tal método de pulverización de plasma para revestir un sustrato de acuerdo con la parte de pre-caracterización de la reivindicación independiente en la categoría respectiva.

10 El soplete de plasma es una de las fuentes de plasma más robustas, potentes y bien controladas utilizadas en tecnologías industriales. En tecnología de revestimiento de la superficie, su aplicación principal es en el campo de pulverización térmica por inyección de partículas sólidas (pulverización de plasma).

15 Una gran variedad de aparatos de pulverización de plasma para revestimiento de una superficie de una pieza de trabajo con un polvo de pulverización son bien conocidos en la técnica anterior, y se utilizan ampliamente en campos técnicos completamente diferentes. Los aparatos de pulverización de plasma conocidos comprenden con frecuencia una pistola de pulverización de plasma, una fuente de corriente continua de alta potencia, un equipo de refrigeración y también un transportador para transportar una sustancia que debe ser pulverizada en la llama de plasma de la pistola de pulverización de plasma. Con respecto a las técnicas clásicas de pulverización de polvo, la sustancia a pulverizar es, naturalmente, un polvo de pulverización.

20 En la pulverización de plasma atmosférica, se dispara un arco en un soplete de plasma entre un ánodo refrigerado por agua y un cátodo de wolframio refrigerado de la misma manera por agua. Un gas de proceso, normalmente argón, nitrógeno o helio o una mezcla de un gas inerte con nitrógeno o hidrógeno se convierten en el estado de plasma en el arco y se desarrolla un haz de plasma con una temperatura de hasta 20.000 K. Se consiguen velocidades de las partículas de 200 a 900 m/s a través de la expansión térmica de los gases. La sustancia que debe pulverizarse entra en el haz de plasma con la ayuda de un gas portador o bien axial o radialmente dentro o fuera de la región del ánodo.

25 Los procesos nuevos basados en elementos con éxito de la tecnología de pulverización de plasma conocida están siendo actualmente más o menos investigados con el fin de abrir nuevos mercados para tratamiento avanzado de la superficie. Una de las vías consiste en utilizar precursores líquidos o gaseosos (en lugar de sólidos) para permitir la deposición de película fina vaporizando y disociando los precursores (Deposición de Vapor Química, CVD).

30 El documento US 2003/0077398 describe un método para utilizar suspensiones de nanopartículas en deposición de pulverización térmica convencional para la fabricación de revestimientos nanoestructurados. Este método tiene el inconveniente de que debe utilizarse ultrasonido para la dispersión de las nanopartículas en un medio líquido antes de la inyección en una corriente de gas de plasma.

35 El documento WO 2005/043006 describe un método para revestimiento de una superficie con nanopartículas así como un dispositivo para la realización de este método, en el que el método se caracteriza porque implica un inyector de una solución coloidal de estas nanopartículas en un chorro de plasma fuera del soplete de plasma.

El documento US 6.447.848 describe un soplete de plasma modificado Metco 9MB, en el que el orificio de inyección del polvo ha sido retirado y sustituido por una tobera de inyección múltiple para inyectar diferentes precursores líquidos y suspensiones al mismo tiempo en la llama de plasma. Es decir, que el precursor líquido es alimentado también fuera del soplete de plasma en la corriente de gas de plasma.

40 El documento US B1 6 800 336 describe un dispositivo de pulverización de plasma, en el que está previsto un medio de penetración para penetrar un precursor líquido dentro de una corriente de gas de plasma.

45 En particular, la inyección de líquidos en chorros de plasma es una tarea compleja, que difiere notablemente de la inyección de partículas sólidas transportadas por gas como se utiliza en las tecnologías de pulverización de polvo de plasma bien desarrolladas descritas. Por lo tanto, esto requiere desarrollos específicos mediante la adaptación de los parámetros de generación del soplete de plasma, por una parte, y la invención y el diseño de técnicas nuevas, por otra parte.

50 Un problema principal es que por la inyección de líquidos en una tobera de plasma de geometría regular conocida a partir de la técnica anterior, es difícil obtener una distribución por decirlo así homogénea del líquido y/o presión en la corriente de gas de plasma. El líquido no puede penetrar suficientemente en la corriente de gas de plasma y se puede congelar por la expansión dejando un conducto de introducción respectivo a través del cual el líquido es introducido en la corriente de gas de plasma.

Es decir, que la vaporización espontánea del líquido a baja presión y la liberación consecutiva del calor latente conducen a menudo a una congelación del fluido remanente en la salida del conducto de introducción utilizado

dispositivos de pulverización de plasma de la técnica anterior.

Otro problema importante es debido a la naturaleza supersónica del flujo de chorro de plasma, con choques de barril u ondas de compresión circundantes que dispersan el chorro o pulverización de líquido inyectado o perturban su penetración dentro del núcleo del chorro. Esto descalifica la inyección de líquidos fuera de la tobera del soplete de plasma /a presión normal) para la mayoría de la presión de funcionamiento prevista para CVD de plasma térmico (por debajo de 100 mbares).

Por otra parte, el momento del chorro de líquido inyectado ha de ser suficientemente alto o el tubo de inyección debería penetrar en el chorro de plasma más allá de los choques de barril para evitar la dispersión. Esto requiere o bien una alta velocidad de inyección, o da como resultado una carga térmica excesiva sobre el conducto de introducción. Debido a todas estas limitaciones y complicaciones, la inyección del líquido fuera de la tobera del soplete conocida a partir de la técnica anterior ha llegado a ser inadecuada para conseguir una penetración suficiente del líquido en la corriente de gas de plasma.

No obstante, una inyección del fluido dentro del soplete de plasma no ha sido considerada hasta ahora debido a las dificultades que resultan del diseño de pistolas de pulverización de plasma conocidas, en particular debido al sistema de refrigeración complejo que incluye el ánodo y el cátodo refrigerados por agua, como se ha mencionado anteriormente.

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de pulverización de plasma mejorado que evita los inconvenientes conocidos a partir de la técnica anterior y que permite penetrar un precursor líquido, es decir, penetrar un fluido de pulverización o fluido de revestimiento más o menos completamente en una corriente de gas de plasma de un soplete de plasma. También un objeto de la invención es proporcionar un método nuevo y mejorado respectivo para introducir un precursor líquido, que es un fluido de pulverización o un fluido de revestimiento en una corriente de gas de plasma.

Los asuntos objetos de la invención que cumplen estos objetivos se caracterizan por las características de las reivindicaciones independientes de las categorías respectivas.

Las reivindicaciones dependientes se refieren a formas de realización particularmente ventajosas de la invención.

La invención se refiere, por lo tanto, a un dispositivo de pulverización de plasma para pulverizar un revestimiento sobre un sustrato por un proceso de pulverización térmica. Dicho dispositivo de pulverización de plasma incluye un soplete de plasma para calentar un gas de plasma en una zona de calentamiento, en el que el soplete de plasma incluye un cuerpo de tobera para formar una corriente de gas de plasma, y dicho soplete de plasma tiene una abertura que se extiende a lo largo de un eje longitudinal central a través de dicho cuerpo de tobera. La abertura tiene una sección convergente con una entrada para el gas de plasma, una sección de garganta, que incluye un área de la sección transversal mínima de la abertura, y una sección divergente con una salida para la corriente de gas de plasma, en el que un conducto de introducción está previsto para introducir un precursor líquido en la corriente de gas de plasma. De acuerdo con la invención, se proporciona un medio de penetración para penetrar el precursor líquido dentro de la corriente de gas de plasma, en el que el medio de penetración es una muesca de penetración que tiene una forma triangular.

Por lo tanto, es esencial para la invención que esté previsto un medio de penetración que permite una penetración profunda y sustancialmente completa del precursor líquido dentro de la corriente de gas de plasma.

Antes de volver a formas de realización especiales de la invención, se presentarán algunas consideraciones generales y hechos relacionados con la presente invención.

A continuación, se presentan varias vías de acuerdo con la presente invención para conseguir la inyección de precursores de líquido en el chorro de plasma. El soplete de pulverización de plasma utilizado para investigaciones es, por ejemplo, una pistola de plasma F4-VB accionada a presión reducida (1 – 100 mbares). Los métodos se pueden extender a otras pistolas de plasma y son aplicables también a presión más alta de la cámara de procesos.

La pistola de plasma utilizada, como se ha mencionado, por ejemplo una pistola F4-VB (proporcionada por Sulzer Metco) accionada con flujos de argón entre 30 y 60 SLPM y corrientes en el intervalo de 300 – 700 A, a una presión de la cámara de entre 0,1 y 1000 mbares. Ni que decir tiene que, por ejemplo, en función del precursor líquido, el tipo de pistola de plasma, el revestimiento que debe pulverizarse, etc., otros parámetros de pulverización pueden ser más adecuados que los parámetros especiales mencionados anteriormente.

Han sido investigados dos modos de inyectar el líquido en el chorro de plasma: inyección directa y nebulización del precursor líquido (inyección de una pulverización de líquido con un gas portador).

El líquido de ensayo era, por ejemplo, agua desionizada. Se ha encontrado que existen esencialmente dos limitaciones físicas principales a la inyección de líquidos en un chorro de plasma a presión reducida.

1. la vaporización espontánea del líquido a baja presión y la liberación consecutiva del calor latente, que conduce a la congelación del fluido remanente en la salida del tubo o capilar de inyección;
2. la naturaleza supersónica del flujo de chorro de plasma, con choques de barril u onda de compresión circundante que dispersan el chorro de líquido inyectado o pulverización y dificultan su penetración dentro del núcleo del chorro.

5

Por lo tanto, una perspectiva importante de la presente invención es que la presión local en la localización de la inyección debe ser suficientemente alta para evitar la evaporación espontánea, que descalifica la inyección de líquidos fuera de la tobera del soplete de plasma para la mayor parte de la presión operativa prevista para CVD de plasma térmico (por ejemplo, por debajo de 100 mbares). Por otra parte, el momento del chorro de líquido inyectado debe ser suficientemente alto o el tubo de inyección debería penetrar el chorro de plasma más allá de los choques de barril para evitar la dispersión. Esto requiere o bien una alta velocidad de inyección y/o da como resultado una carga térmica excesiva sobre el tubo de inyección o nebulizador. Todas estas limitaciones y complicaciones se pueden evitar por la presente invención inyectando el precursor líquido dentro de la tobera del soplete, que tiene también la ventaja de ser más práctico para la integración posterior en un proceso industrial.

10

Con respecto al diseño de la tobera, la mayoría de las toberas de soplete utilizadas para pulverización de plasma a baja presión son del tipo “convergente-divergente” (también llamado toberas “Laval”). Si la cámara de presión es suficientemente baja, se acelera el flujo de plasma en la parte convergente hasta que alcanza $M = 1$ (flujo sónico). Si la tobera no expande corriente descendente, entonces la velocidad del gas no puede exceder de $M = 1$ (flujo estrangulado), y se limita el flujo de masa máximo. Si se esperan velocidades supersónicas, o si la presión en la salida de la tobera es baja, se requiere un incremento posterior de la sección transversal de la tobera (divergente). Esto permite acelerar adicionalmente el flujo hasta velocidades supersónicas, y que la presión estática caiga progresivamente y eventualmente alcance la presión de la cámara en la salida (“flujo contrastado”). Éste es el motivo por el que las toberas convergentes-divergentes deben utilizarse a baja presión.

15

20

La presión es máxima en la parte convergente de la tobera, pero es difícil de acceder para la inyección de líquido debido a los canales de refrigeración de agua del soplete y la proximidad de la fijación anódica de la raíz del arco. Puesto que la presión se reduce en la sección divergente de la tobera, la localización óptima para la inyección de líquido está en el extremo de la parte cilíndrica (garganta). Todas las toberas F4-VPS estándar utilizadas para la pulverización de plasma a baja velocidad muestran una presión en la garganta que no excede de 200 mbares, para todas las presiones relevantes de la cámara de procesos. Hay que indicar que cuando el flujo es supersónico en la zona divergente, la presión en la garganta no está influenciada por la presión de la cámara de procesos. Además, los parámetros de operación del soplete como la corriente y el flujo de gas, solamente afectan débilmente a la presión en la garganta. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, para incrementar la presión en la localización de inyección del líquido hay que actuar sobre la forma y la dimensión de la tobera.

25

30

Han sido diseñadas toberas especiales, que permiten incrementar la presión en la garganta. El principio básico es incrementar la longitud de la sección divergente. Se puede obtener una presión óptima en la garganta entre 300 y 650 mbares (en función de la corriente y del flujo de gas del soplete) para una tobera con 6 mm de diámetro cilíndrico que se expande hasta 10 mm de diámetro en la salida, sobre una longitud de 25 mm. Hay que indicar que la presión de la garganta se incrementa ligeramente a medida que se incrementa la corriente del soplete, y se puede casi duplicar si el flujo de gas del soplete se incrementa desde 30 hasta 60 SLPM de argón. Un efecto secundario de este diseño es un incremento de la presión de salida, que conduce a un flujo sub-expandido a una presión más alta de la cámara que para toberas estándar “cortas”. Pero este punto solamente debería tenerse en cuenta si se requiere adaptar la presión del flujo de plasma a la presión de la cámara de procesos para aplicaciones particulares.

35

40

En el caso de la operación próxima a presión atmosférica o a alta presión, la presión dentro de la tobera permanece relativamente alta, lo que no conduce a vaporización espontánea del líquido inyectado. Por lo tanto, en este caso, no se requiere desarrollar toberas especiales.

45

Resumiendo la descripción, para evitar la evaporación espontánea y la congelación siguiente del líquido, la presión en la localización de la inyección debería ser con preferencia más alta que la presión de vaporización espontánea. De acuerdo con la presente invención, esto se puede conseguir posicionando la localización de la inyección en la garganta de la tobera y/o por un diseño específico de la forma de la tobera para incrementar la presión de la garganta. Esto podría demostrarse con éxito con una pistola F4-VB.

50

De acuerdo con la presente invención, existen otras vías posibles para favorecer la inyección del líquido por un diseño especial de la tobera. Una consiste en inducir choques oblicuos fijados en la parte divergente de la tobera. Estos bloques conducen a un incremento local de la presión. Esto podría conseguirse realizando una discontinuidad en la superficie de la pared de la tobera (como una muesca o un escalón). Otra idea es insertar una segunda sección convergente curso abajo de la sección divergente para incrementar la presión y eventualmente desacelerar el flujo hasta una velocidad subsónica a través de un choque normal.

55

En una forma de realización especial de la presente invención, el precursor líquido es introducido directamente en la

corriente de gas de plasma. La inyección de líquido se realiza con un sistema de distribución especialmente diseñado, que comprende un depósito presurizado, un medidor de flujo de masa, una válvula de agua para ajustar el flujo de líquido y varias purgas.

5 Una vez que la presión local en la localización de inyección ha sido incrementada por un diseño adecuado de la tobera de acuerdo con la presente invención, el líquido puede ser inyectado directamente a través de uno o varios conductos de introducción, que están diseñados con preferencia como orificios estrechos sobre la pared de la tobera. No obstante, para permitir que el líquido penetre profundamente y de forma estable dentro del chorro, existen algunas limitaciones.

10 El líquido inyectado debería transitar a través de la capa límite del flujo de plasma. Si su velocidad de inyección es demasiado baja, no penetrará y formará una gotita en la pared interior de la tobera. Esta gotita será arrastrada eventualmente por el flujo de plasma hacia la salida de la tobera sin penetrar en el chorro. En función de la tensión superficial del líquido inyectado, este fenómeno puede ocurrir de una manera intermitente, donde se forma una gotita en el taladro de inyección y crece hasta que es arrastrada hacia fuera por el flujo de plasma, conduciendo a inestabilidad del chorro de plasma. Además, la penetración del líquido dentro del chorro de plasma no es óptima en
15 ese caso.

Puesto que para la mayoría de las aplicaciones, el flujo de masa de líquido inyectado será bajo (varios 10's de g/h), no es posible incrementar la velocidad de inyección incrementando el flujo de líquido. Una vía posible es reducir el diámetro del taladro de inyección (uso de capilaridad). Pero esto requiere una presión alta del líquido y no es aplicable para líquidos de alta viscosidad o suspensiones. La inyección de agua a través de una capilaridad de
20 aproximadamente 100 micras de diámetro con flujo de agua de hasta 50 g/h ha sido ensayada con éxito en una pistola F4-VB con una tobera modificada.

Otra vía de permitir que el líquido penetre en el chorro de plasma es introducir turbulencia en la capa límite del flujo de plasma. Esto se podría conseguir adaptando una o varias muescas en la superficie de la pared de la tobera, coaxialmente al eje de la tobera.

25 Este método es más eficiente si las muescas se realizan en la localización de la inyección de líquido y posiblemente también curso abajo. La muesca en la localización de la inyección permite distribuir el líquido de forma acimutal y penetrar suavemente en el chorro de plasma. Una muesca curso debajo de la localización de la inyección prevendrá que el líquido fluya fuera de la tobera del soplete por recuperación. Estos diseños se han demostrado también con éxito en una tobera F4 modificada. Hay que indicar que esta aproximación es más adecuada para flujos de líquido
30 de intermedio a alto (100 – 500 g/h eq. de agua). La profundidad de la muesca debe ser suficiente (más de 0,5 mm para agua) y puede ser incluso más profunda para líquidos de tensión superficial más alta.

Con respecto a otras formas de realización de la presente invención, se utiliza un nebulizador para permitir que el líquido penetre en el chorro de plasma. Esto tiene la ventaja de que el líquido, es decir, el precursor líquido, se puede inyectar a alta velocidad en forma de una neblina. El líquido es atomizado, lo que ayuda a la vaporización
35 dentro del chorro de plasma. Otra ventaja es que esto permite la inyección de una cantidad muy pequeña de líquido profundamente dentro del chorro de plasma debido a la alta velocidad de las gotitas.

Un "nebulizador concéntrico de enfoque del flujo" (PFA-ST, de Elemental scientific, el diámetro externo en la punta del nebulizador es, por ejemplo, aproximadamente 2 mm) ha sido ensayado con éxito. El líquido es alimentado dentro del nebulizador y el flujo de la corriente de gas de argón es controlado con un medidor de flujo de masa en el
40 rango de 0,1 – 1 SLPM.

Este nebulizador se puede fabricar de PFA (fluoropolímero) o se puede fabricar de otro material resistente al calor y puede operar a temperaturas de hasta al menos 180°C. El ángulo total de la pulverización en la salida es aproximadamente 30° y el tamaño de las gotitas puede ser tan pequeño como 6 micrómetros con una velocidad de salida de hasta 40 m/s en función del caudal de flujo de gas portador. Cuando se trabaja con un flujo de gas argón
45 de hasta 1 SLMP y la pulverización es estable y uniforme para flujos de agua entre 20 y 500 g/h, una tobera de soplete F4 ha sido modificada para ser equipada con el nebulizador, y la pulverización de agua ha sido inyectada con éxito en el chorro de plasma. Hay que indicar que es obligatorio que la presión dentro de la tobera del soplete en la localización de la inyección sea, por ejemplo, mayor que 400 mbares para evitar la congelación del agua en la salida del nebulizador. Esto se ha llevado a cabo también con una tobera "larga" como para la inyección directa de
50 líquido descrita anteriormente. El uso de un nebulizador es posible para la inyección de lodos líquidos o suspensión, con tal que las partículas suspendidas sean sustancialmente inferiores al diámetro de la capilaridad (100 micras). El material (PFA) es químicamente resistente a la mayoría de los ácidos, álcalis, orgánicos, y soluciones salinas.

Con respecto a una forma de realización especial de la presente invención, se proporciona un conducto de introducción entre la sección convergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de
55 la abertura y/o en la que el conducto de introducción está previsto entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en la que el conducto de introducción está

previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

La localización exacta del conducto de introducción puede depender del precursor líquido (suspensión, lodo líquido un fluido que no comprende partículas sólidas) y/o del revestimiento que debe pulverizarse y/o del diseño especial del dispositivo de pulverización de plasma que debe utilizarse.

- 5 En una forma de realización especial, que es muy importante en la práctica, el medio de penetración es una muesca de penetración, que está prevista en una pared interior del cuerpo de la tobera, en particular una muesca de penetración circunferencial y/o la muesca de penetración está prevista entre la sección convergente y la sección divergente de la apertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o cuando la muesca de penetración está prevista en la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en la que la muesca de penetración está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente. Proporcionando la muesca de penetración, se puede crear turbulencia fuerte dando como resultado una mezcla casi homogénea del precursor líquido en la corriente de plasma.

- 10 La muesca de penetración tiene una forma triangular y/o tiene una anchura de 0,5 mm a 3 mm, en particular entre 1 mm y 2 mm, especialmente 1,5 mm y/o tiene una profundidad de 0,05 mm a 2 mm, en particular entre 0,75 mm y 1,5 mm, con preferencia 1 mm.

- 15 Una ventaja especial de utilizar una muesca de penetración es que la suspensión o lodo líquido que comprende partículas comparativamente grandes se puede utilizar como un precursor de líquido debido a que no se requiere ningún conducto de introducción con un diámetro pequeño, es decir, que no se requiere capilaridad para penetrar el precursor de líquido profundamente en la corriente de gas de plasma.

- 20 En otra forma de realización muy importante de acuerdo con la presente invención, el medio de penetración está previsto porque el conducto de introducción está diseñado como un nebulizador, en el que el nebulizador está previsto entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en el que el nebulizador está previsto entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en el que el nebulizador está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

En el caso de que deba introducirse una corriente de inyección de precursor líquido muy fina y/o el precursor líquido a presión incrementada, el medio de penetración está previsto porque el conducto de introducción está diseñado como una capilaridad que tiene un taladro de inyección con diámetro reducido.

- 25 De acuerdo con una forma de realización especial de la presente invención, la capilaridad está prevista entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en la que la capilaridad está prevista entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o en la que la capilaridad está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

- 30 Con preferencia, para permitir que el precursor líquido penetre óptimamente en la corriente de gas de plasma, un ángulo de introducción del conducto de introducción está entre 20° y 150°, en particular entre 45° y 135°, con preferencia entre 70° y 110°, especialmente aproximadamente 90°.

De esta manera, el conducto de introducción y/o el medio de penetración, en particular el nebulizador, está fabricado de PFA y/o de otro material adecuado, en particular en función del precursor líquido a utilizar.

- 35 Para suministrar y dosificar el precursor líquido se proporciona una unidad de suministro para suministrar el precursor líquido, en el que dicha unidad de suministro incluye un depósito para el precursor líquido y/o un depósito para un gas portador y/o un depósito de presurización para presurizar el precursor líquido por el gas portador y/o un dispositivo de dosificación, en particular un medidor de caudal de líquido y/o de gas, especialmente un medidor de flujo de masa, para dosificar el flujo del precursor líquido y/o el gas portador.

- 40 Como ya se ha mencionado, el precursor líquido puede ser un lodo líquido y/o una suspensión y/o el precursor líquido es agua y/o un ácido y/o un fluido alcalino y/o un fluido orgánico, en particular metanol, y/o una solución salina y/o un fluido orgánico y/o otro precursor líquido y/o el precursor líquido es una suspensión o un lodo líquido, en particular un fluido de revestimiento que comprende nanopartículas y/o una solución o mezcla de los precursores líquidos mencionados anteriormente.

- 45 La invención se refiere también a un método para introducir un precursor líquido en un corriente de gas de plasma utilizando un dispositivo de pulverización de plasma, y que comprende las etapas siguientes: proporcionar un dispositivo de pulverización de plasma, que incluye un soplete de plasma, con un cuerpo de tobera, en el que dicho soplete de plasma tiene una abertura que se extiende a lo largo de un eje longitudinal central a través de dicho cuerpo de tobera. La abertura tiene una sección convergente con una entrada para el gas de plasma, una sección

de garganta que incluye un área de la sección transversal de la abertura, y una sección divergente con una salida para el gas de plasma, en el que un conducto de introducción está previsto para la introducción de un precursor líquido (en una corriente de gas de plasma. Un gas de plasma es introducido en la entrada de la sección convergente de la abertura y el gas de plasma es alimentado a través de la sección convergente, la sección de garganta y la sección divergente hasta la salida de la sección divergente. Una llama de plasma es encendido y estabilizada dentro del soplete de plasma en una zona de calentamiento, para calentar el gas de plasma y formar la corriente de gas de plasma y una superficie de un sustrato es revestida alimentando la corriente de gas de plasma a través de la salida de la sección divergente de la abertura sobre la superficie del sustrato. De acuerdo con el método de la presente invención, está previsto un medio de penetración, en el que el medio de penetración es una muesca de penetración que tiene una forma triangular y el precursor líquido es penetrado a través del conducto de introducción dentro de la corriente de gas de plasma con la ayuda de los medios de penetración.

Con relación a una forma de realización especial de la presente invención, está previsto un conducto de introducción entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y /o el conducto de introducción está previsto entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o el conducto de introducción está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

En una forma de realización que es muy importante en la práctica, el medio de penetración es una muesca de penetración que está prevista en una pared interior del cuerpo de la tobera, y es en particular una muesca de penetración circunferencial.

La muesca de penetración puede estar prevista entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y /o la muesca de penetración está prevista entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o la muesca de penetración está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente. En una forma de realización importante, la muesca de penetración está localizada cerca y curso abajo con respecto al conducto de introducción.

La muesca de penetración tiene una forma triangular y/o tiene con preferencia una anchura de 0,5 mm a 3 mm, en particular entre 1 mm y 2 mm, especialmente 1,5 mm y/o tiene una profundidad de 0,05 mm a 2 mm, en particular entre 1 mm y 1,5 mm. Ni que decir tiene que las dimensiones mencionadas anteriormente de la muesca de penetración de acuerdo con la presente invención pueden variar y pueden ser diferentes de los valores mencionados anteriormente en función de la pistola de pulverización, y/o de la naturaleza del precursor líquido y/o en función de otros parámetros o demandas del proceso de pulverización respectivo.

Con respecto a otra forma de realización especial de la presente invención, que es también muy importante en la práctica, el medio de penetración es proporcionado por el conducto de introducción, cuyo conducto de introducción propiamente dicho está diseñado como un nebulizador. Es decir, que el precursor líquido es introducido en forma de una neblina en la corriente de gas de plasma.

Con preferencia, el nebulizador está previsto entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o el nebulizador está previsto entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y /o en el que el nebulizador está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

En otra forma de realización importante, el medio de penetración es proporcionado porque el conducto de introducción está diseñado como una capilaridad que tiene un taladro de inyección con diámetro reducido.

La capilaridad puede estar prevista entre la sección convergente y la sección divergente de la abertura, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o la capilaridad puede estar prevista entre la entrada de la sección convergente y el área de la sección transversal mínima de la abertura y/o la capilaridad está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura y la salida de la sección divergente.

Con preferencia, el precursor líquido es introducido con respecto al eje longitudinal en la abertura en un ángulo de introducción entre 20° y 150°, en particular entre 45° y 135°, con preferencia entre 70° y 110°, especialmente en un ángulo de aproximadamente 90°.

Como un precursor líquido, se pueden utilizar diferentes fluidos tranquilos y mezclas de fluidos y/o mezclas de fluidos y partículas sólidas. Con preferencia, el precursor líquido es un lodo líquido y/o una suspensión y/o el fluido es agua y/o un ácido y/o un fluido alcalino y/o un fluido orgánico, en particular metanol y/o una solución salina y/u otro fluido de revestimiento y/o el precursor líquido es una suspensión y/o un lodo líquido, en particular un fluido de revestimiento que comprende nanopartículas y/o una solución o mezcla del precursor líquido mencionado anteriormente.

Además, la invención se refiere al uso de un dispositivo de pulverización de plasma y/o de un método de

pulverización de plasma de acuerdo con la presente invención para revestir una superficie de un sustrato o un dispositivo. En particular, una superficie de un dispositivo fotovoltaico, especialmente una célula solar, y/o para proporcionar un revestimiento, en particular un revestimiento funcional sobre un sustrato, en particular sobre un sustrato de vidrio o sobre un semiconductor, especialmente sobre un sustrato de silicio, de manera más particular sobre una oblea que comprende elementos electrónicos y/o para proporcionar un revestimiento de carbono, en particular un Revestimiento de Carbono similar a Diamante (DLC) y/o un revestimiento de carburo y/o un revestimiento de nitruro y/o un revestimiento compuesto y /o un revestimiento nanoestructurado y/o un revestimiento funcional sobre textiles.

Ni que decir tiene que los técnicos en la materia comprenden que las formas de realización especiales descritas anteriormente de acuerdo con la invención solamente son ejemplares y que, en casos especiales, las formas de realización especiales descritas se pueden combinar de cualquier manera adecuada. En función de las demandas en casos especiales, un dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la invención puede incluir diferentes conductos de introducción y/o diferentes medios de penetración, es decir, que un dispositivo de pulverización de plasma puede incluir un conducto de penetración y/o un nebulizador y/o una capilaridad en paralelo, de manera que, por ejemplo, se pueden alimentar diferentes precursores líquidos simultáneamente y/o se pueden alimentar posteriormente en la corriente de gas de plasma permitiendo penetrar revestimientos complejos sobre una gran variedad de sustratos diferentes.

A continuación se describe la invención con más detalle con referencia al dibujo esquemático. Se muestra lo siguiente:

La figura 1 muestra un dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra un soplete de plasma con una muesca de penetración.

La figura 3 muestra un soplete de plasma con un nebulizador.

En la figura 1 se ilustra de forma esquemática un dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la invención, cuyo dispositivo de pulverización de plasma se designa, en general, a continuación por el número de referencia 1. Hay que indicar que los mismos números de referencia en diferentes figuras designan las mismas características técnicas.

El dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la figura 1 incluye un soplete de plasma 4 para calentar un gas de plasma 5 en una zona de calentamiento 6. El soplete de plasma 4 tiene un cuerpo de tobera 7 para formar una corriente de gas de plasma 8. Una abertura 9 se extiende a lo largo de un eje longitudinal central 10 a través del cuerpo de la tobera 7, cuya abertura 9 tiene una sección convergente 11 con una entrada 12 para el gas de plasma 5, una sección de garganta 13 que incluye un área de la sección transversal mínima de la abertura, y una sección divergente 14 con una salida 15 para la corriente de gas de plasma 8. Un conducto de introducción 16 está previsto para introducir un precursor líquido 17, suministrado por una unidad de suministro 19, dentro de la corriente de gas de plasma 8. De acuerdo con la presente invención, se proporciona también un medio de penetración 18, para penetrar el precursor líquido 17 dentro de la corriente de gas de plasma 8, que está dirigida hacia una superficie de una sustancia 3 para pulverizar un revestimiento 2 sobre el sustrato 3.

En un ejemplo especial de la figura 1, el conducto de introducción 16 está previsto entre la sección convergente 11 y la sección divergente 14 de la abertura 9 en el área de la sección transversal mínima de la abertura 9. Se entiende que en otras formas de realización especiales se puede prever el conducto de introducción 16 entre la entrada 12 de la sección convergente 11 y el área de la sección transversal mínima de la abertura 9 y/o el conducto de introducción 16 está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura 9 y la salida 15 de la sección divergente 14.

La figura 2 muestra una segunda forma de realización de la presente invención, en la que el soplete de plasma 4 incluye una muesca de penetración 181. La muesca de penetración 18, 181 está prevista en una pared interior 19 del cuerpo de la tobera 7 y, en particular, es una muesca de penetración circunferencial 181. El conducto de introducción 16 está previsto entre la sección convergente 11 y la sección divergente 14 de la abertura 9 en el área de la sección transversal mínima de la abertura 9 cerca de la muesca de penetración 181.

La muesca de penetración 181 tiene una forma triangular y tiene una anchura 1811, por ejemplo, de 0,5 a 3 mm, en particular entre 1 mm y 2 mm, especialmente 1,5 mm y tiene una profundidad 1812 de 0,05 a 2 mm, en particular entre 0,75 mm y 1,5 mm, con preferencia 1 mm.

El conducto de introducción 16 en el ejemplo de la figura 2 incluye al mismo tiempo un medio de penetración 18, que es una muesca de penetración 181 y una capilaridad 182.

Es decir, que además de la muesca de penetración 181, el medio de penetración 18 es proporcionado por el conducto de introducción 16 que está designado como la capilaridad 182 que tiene un taladro de inyección 183 con

diámetro reducido, en el que la capilaridad 182 está prevista entre la sección de convergencia 11 y la sección divergente 14 de la abertura 9, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura 9 cerca de la muesca de penetración 181, que está colocada curso abajo con respecto a la capilaridad 182. En el presente ejemplo, el ángulo de introducción α del conducto de introducción 16 es aproximadamente 90°.

5 Con relación a la figura 3, se representa un soplete de plasma 4 con un nebulizador 161 como otra forma de realización muy importante de la presente invención.

En este ejemplo, el medio de penetración 18 es proporcionado por el conducto de introducción 16 que está designado como un nebulizador 161, en el que no está prevista ninguna muesca de penetración. Se entiende que en otra forma de realización, de manera ventajosa se puede combinar un nebulizador 161 con una muesca de penetración 181 y/o con una capilaridad 182.

10 De acuerdo con la figura 3, el nebulizador 181 está previsto entre la sección convergente 11 y la sección divergente 14 de la abertura 9, en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura 9 y está dispuesto bajo un ángulo de introducción α de aproximadamente 90° con respecto al eje longitudinal central 10.

15 La presente invención demuestra en primer lugar la posibilidad de inyectar líquidos dentro de la tobera de un soplete de plasma, ya sea directamente o utilizando un nebulizador. Ambos métodos requieren un diseño especial de la tobera del soplete para obtener una presión suficientemente alta en el punto de inyección para evitar la solidificación del líquido. Para la inyección directa, es necesaria una velocidad alta del fluido para penetrar a través de la capa límite del flujo de plasma. Esto se consigue utilizando un taladro de inyección de diámetro muy pequeño (capilaridad), pero en la mayoría de los casos no es aplicable de manera ventajosa para líquidos altamente viscosos o suspensiones. Si se utiliza un diámetro mayor del taladro de inyección, que conduce a una velocidad baja de inyección, la mezcla del líquido con el chorro de plasma se puede mejorar en gran medida por las muescas de penetración, que inducen turbulencia en la capa límite y distribuyen el líquido de forma acimutal.

25

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo de pulverización de plasma para pulverizar un revestimiento (2) sobre un sustrato (3) por un proceso de pulverización térmica, incluyendo dicho dispositivo de pulverización de plasma un soplete de plasma (4) para calentar un gas de plasma (5) en una zona de calentamiento (6), en el que el soplete de plasma (4) incluye un cuerpo de tobera (7) para formar una corriente de gas de plasma (8), teniendo dicho soplete de plasma (4) una abertura (9) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal central (10) a través de dicho cuerpo de tobera (7), cuya abertura (9) tiene una sección convergente (11) con una entrada (12) para el gas de plasma (5), una sección de garganta (13) que incluye un área de sección transversal mínima de la abertura, y una sección divergente (14) con una salida (15) para la corriente de gas de plasma (8), en el que está previsto un conducto de introducción (16) para introducir un precursor líquido (17) de la corriente de gas de plasma (8), y un medio de penetración (18, 161, 181, 182) está previsto para penetrar el precursor líquido (17) dentro de la corriente de gas de plasma (8), **caracterizado** porque el medio de penetración (18) es una muesca de penetración (181) que tiene una forma triangular.
- 2.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 3.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la muesca de penetración (181) está prevista en una pared interior (19) del cuerpo de tobera (7), en particular una muesca de penetración circunferencial (181).
- 4.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 5.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la muesca de penetración (181) tiene un anchura (1811) de 0,5 mm a 3 mm, en particular entre 1 mm y 2 mm, especialmente 1,5 mm y/o tiene una profundidad (1812) de 0,05 a 2 mm, en particular entre 0,75 mm y 1,5 mm, con preferencia 1 mm.
- 6.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de penetración (18) son proporcionados introduciendo el conducto (16) que está diseñado como un nebulizador (181).
- 7.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el nebulizador (181) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el nebulizador (181) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el nebulizador (181) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 8.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de penetración (18) están previstos introduciendo el conducto (16) que está diseñado como un capilar (182) que tiene un taladro de inyección (183) con diámetro reducido.
- 9.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el capilar (182) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el capilar (182) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el capilar (182) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 10.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el ángulo de introducción (α) del conducto de introducción (16) está entre 20° y 150°, en particular entre 45° y 135°, con preferencia entre 70° y 110°, especialmente aproximadamente 90°.
- 11.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conducto de introducción (16) y/o los medios de penetración (18), en particular el nebulizador (181) están fabricados de PFA y/o de otros materiales.

- 12.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye una unidad de suministro (19) para suministrar el precursor líquido (17).
- 13.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la unidad de suministro (19) incluye un depósito para el precursor líquido (17) y/o un depósito para un gas portador y/o una presurización del depósito para presurizar el precursor de líquido (17) por el gas portador y/o un dispositivo de dosificación, en particular un medidor de flujo de líquido y/o gas, especialmente un medidor de flujo de masa, para dosificar el flujo del precursor de líquido y/o el gas portador.
- 14.- Dispositivo de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el precursor de líquido (17) es un lodo líquido y/o una suspensión y/o el fluido es agua, y/o un ácido, y/o un fluido alcalino y/o un fluido orgánico, en particular metanol, y/o una solución salina, y/o un órgano silicón y/u otro fluido de revestimiento (17), y/o el precursor de líquido (17) es una suspensión o un lodo líquido, en particular un precursor líquido (17) que comprende nanopartículas y/o una solución o mezcla del precursor líquido (17) mencionado anteriormente.
- 15.- Método para introducir un precursor líquido (17) en una corriente de gas de plasma (8) utilizando un dispositivo de pulverización de plasma (1) que comprende las etapas siguientes:
- proporcionar un dispositivo de pulverización de plasma (1), que incluye un soplete de plasma (4), con un cuerpo de tobera (7), teniendo dicho soplete de plasma (4) una abertura (9) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal central (10) a través de dicho cuerpo de tobera (7), y teniendo la abertura (9) una sección convergente (11) con una entrada (12) para el gas de plasma (5), incluyendo una sección de garganta (13) un área de la sección transversal de la abertura (9), y una sección divergente (14) con una salida (15) para el gas de plasma (5), en el que un conducto de introducción (16) está previsto para la introducción de un precursor líquido (17) en una corriente de gas de plasma (8);
 - introducir un gas de plasma (5) en la entrada (12) de la sección convergente (11) de la abertura (9), y alimentar el gas de plasma (5) a través de la sección convergente (11), la sección de garganta (13) y la sección divergente (14) a la salida (15) de la sección divergente (14);
 - encender y estabilizar una llama de plasma dentro del soplete de plasma (4) en una zona de calentamiento (6), calentando el gas de plasma (5) y formando la corriente de gas de plasma (8);
 - revestir una superficie de un sustrato (3) alimentando la corriente de gas de plasma (9) a través de la salida (15) de la sección divergente (14) de la abertura (9) sobre la superficie del sustrato (3);
- caracterizado** porque está previsto un medio de penetración (18, 161, 181, 182), en el que el medio de penetración (18) es una muesca de penetración (181) que tiene una forma triangular y el precursor líquido (17) está penetrado a través del conducto de introducción (16) dentro de la corriente de gas de plasma (8) con la ayuda de los medios de penetración (8, 181).
- 16.- Método de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el conducto de introducción (16) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 17.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 ó 16, en el que el medio de penetración (18) está previsto en una pared interior (19) del cuerpo de tobera (7) y es en particular una muesca de penetración circunferencial (181).
- 18.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que la muesca de penetración (181) está prevista entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 19.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que la muesca de penetración (181) tiene una anchura (1811) de 0,5 mm a 3 mm, en particular entre 1 mm y 2 mm, especialmente 1,5 mm y/o tiene una profundidad (1812) de 0,05 mm a 2 mm, en particular entre 1 mm y 1,5 mm.
- 20.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, en el que el medio de penetración (18) es proporcionado introduciendo el conducto (16) que está diseñado como un nebulizador (161).

- 21.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, en el que el nebulizador (161) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el nebulizador (161) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el nebulizador (181) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 22.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, en el que el medio de penetración (18) es proporcionado por el conducto de introducción (16) que está diseñado como un capilar (182) que tiene un taladro de inyección (183) con diámetro reducido.
- 23.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 22, en el que el capilar (182) está previsto entre la sección convergente (11) y la sección divergente (14) de la abertura (9), en particular en el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el capilar (182) está previsto entre la entrada (12) de la sección convergente (11) y el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y/o en el que el capilar (182) está previsto entre el área de la sección transversal mínima de la abertura (9) y la salida (15) de la sección divergente (14).
- 24.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 23, en el que el precursor líquido (17) se introduce en un ángulo de introducción (α) entre 20° y 150°, en particular entre 45° y 135°, con preferencia entre 70° y 110°, especialmente aproximadamente 90°.
- 25.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 24, en el que el precursor líquido (17) es un lodo líquido y/o una suspensión y/o el fluido es agua y/o un ácido, y/o un fluido alcalino y/o un fluido orgánico, en particular metanol, y/o una solución salina, y/o un órgano silicona y/u otro fluido de revestimiento, y/o el precursor líquido (17) es una suspensión o un lodo líquido, en particular un precursor líquido que comprende nanopartículas y/o una solución o mezcla del precursor líquido mencionado anteriormente.
- 26.- Utilización de un dispositivo de pulverización de plasma (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y/o un método de pulverización de plasma de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 25 para revestir una superficie de un sustrato (3) o un dispositivo (3), un revestimiento de carbono, especialmente un Revestimiento de Carbono similar a Diamante y/o un revestimiento de carburo y/o un revestimiento de nitruro y/o un revestimiento compuesto y /o un revestimiento nanoestructurado, en particular una superficie de un dispositivo fotovoltaico (3), especialmente una célula solar y/o para proporcionar un revestimiento, en particular un revestimiento funcional sobre un sustrato (3), en particular sobre un sustrato de vidrio o sobre un semiconductor, especialmente sobre un sustrato de silicio (3), en particular sobre una oblea que comprende elementos electrónicos y/o para proporcionar un revestimiento funcional sobre textiles.

Fig.1

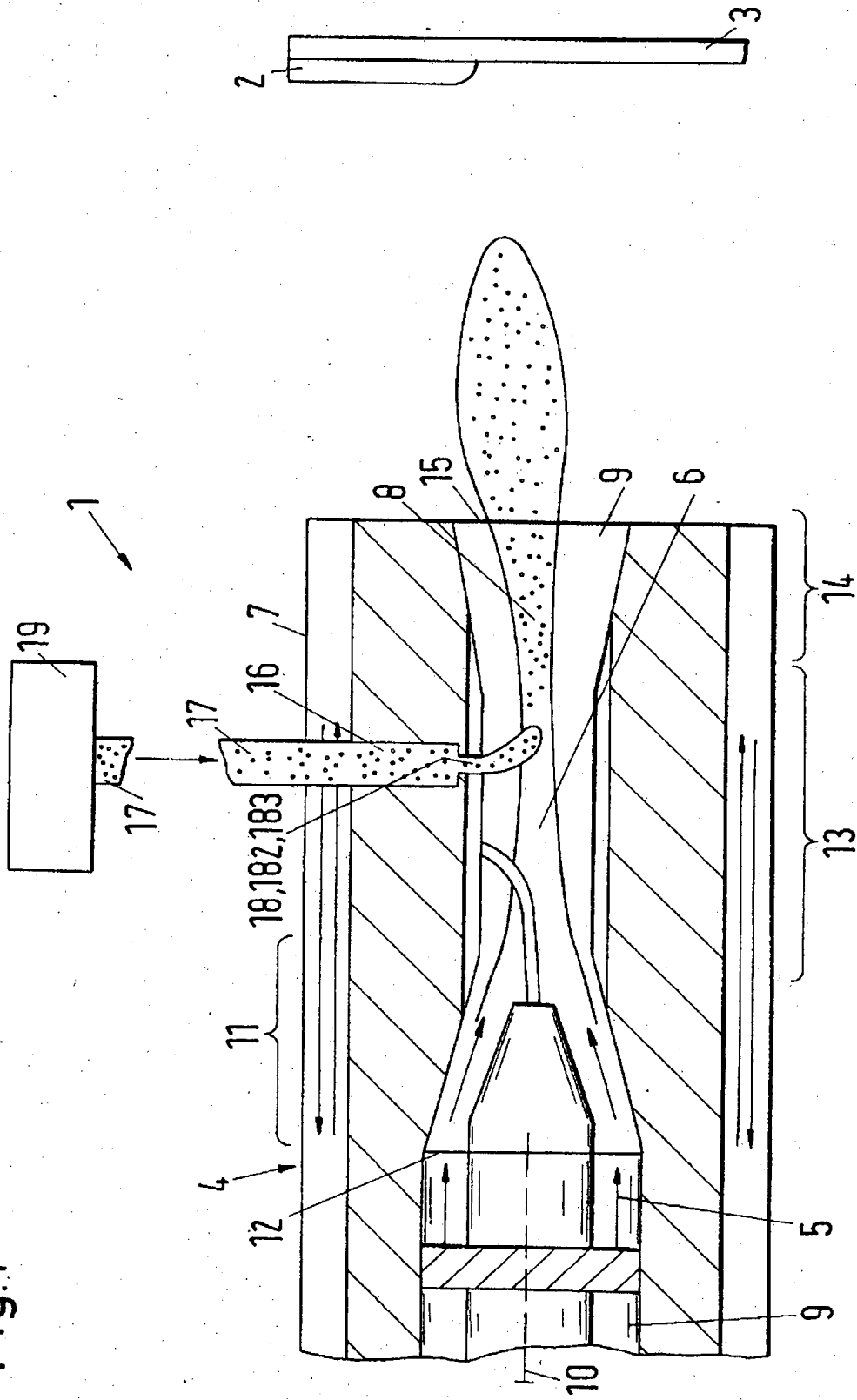


Fig.2

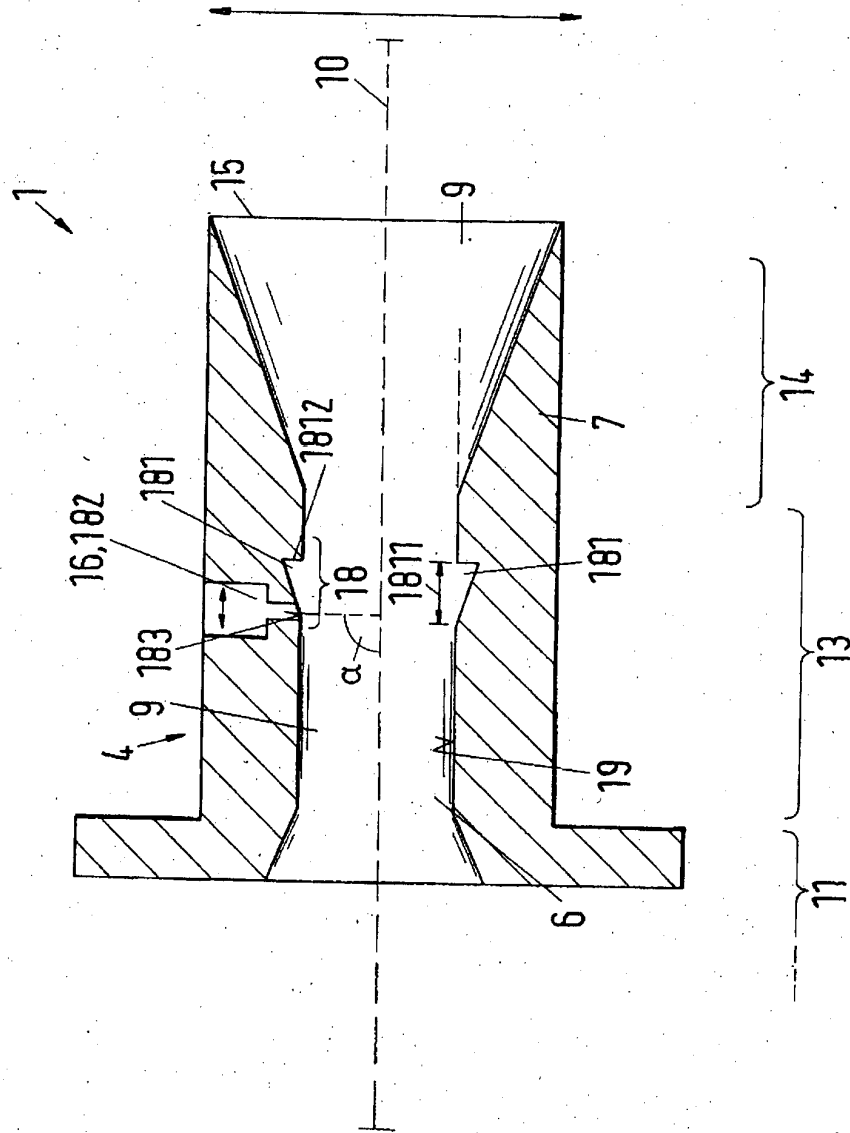


Fig.3

