



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 321 444**

51 Int. Cl.:  
**H01J 37/32** (2006.01)  
**C23C 16/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06721937 .8**

96 Fecha de presentación : **28.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1878039**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.01.2008**

54 Título: **Intensificador de plasma para una instalación de tratamiento por plasma.**

30 Prioridad: **04.05.2005 CH 78805/05**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.06.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.06.2009**

73 Titular/es: **Oerlikon Trading AG., Trübbach  
Hauptstrasse  
9477 Trübbach, CH**

72 Inventor/es: **Massler, Orlaw;  
Eberle, Hubert y  
Gschwend, Patrick**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 321 444 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**

Intensificador de plasma para una instalación de tratamiento por plasma.

**5 Ámbito técnico**

La invención se refiere a un intensificador de plasma para una instalación de tratamiento por plasma, según el preámbulo de la reivindicación 1, en especial para el empleo en una instalación de recubrimiento al vacío según la reivindicación 15, ó para un procedimiento de tratamiento al vacío según la reivindicación 18.

**10 Estado actual de la técnica**

Se conocen cátodos calientes o fríos en los que aplicando una tensión entre un cátodo, por ejemplo, un filamento incandescente en espiral, o una punta con alto potencial negativo, y un ánodo, se extraen electrones en el recinto de tratamiento de una instalación de recubrimiento al vacío, para allí aumentar la densidad de los portadores de carga. Tales fuentes de electrones o fuentes de iones están provistas con un suministro eléctrico propio. Aquí el cátodo está unido normalmente con el recinto de tratamiento de la instalación de tratamiento por plasma, tan sólo mediante un diafragma, para evitar, por ejemplo, la carga del cátodo por gas reactivo u otras influencias negativas por el proceso de tratamiento por plasma. Aquí es desventajoso por una parte que los electrones se producen fuera de la cámara de recubrimiento y, por tanto, son necesarios otros dispositivos para llevar aquellos a la cámara de tratamiento con las menores pérdidas posibles, por otra parte, a causa del suministro eléctrico adicionalmente necesario y de la costosa forma constructiva, ya por motivos de costes, se prevé solamente una pequeña cantidad de tales fuentes de electrones o iones. En general está prevista tan sólo una fuente semejante de iones en una instalación de tratamiento por plasma.

Los procedimientos conocidos para la precipitación de capas de DLC [carbono tipo diamante], es decir, capas con un alto contenido de enlaces  $sp^3$  de carbono [orbitales del átomo de C], como se describen, por ejemplo, en el documento WO 01/79585, utilizan una excitación de frecuencia media en el sustrato, para producir una precipitación de la capa mediante la descarga luminiscente eléctrica generada. La descarga luminiscente eléctrica se produce entre los componentes constructivos y la pared de la instalación mediante un voltaje de polarización DC, o mediante un voltaje de polarización pulsado unipolar o bipolar del sustrato en la gama de presión de la precipitación convencional por pulverización del magnetrón.

Aquí se incluyen activamente en el proceso, los componentes constructivos a recubrir. La tasa de precipitación que se puede conseguir, se determina de este modo, entre otras cosas, en alto grado, por la geometría de la disposición para el recubrimiento de la pieza en la instalación de recubrimiento, lo cual da lugar a una gran oscilación en la tasa de precipitación. De este modo se puede generar la situación de que, para una disposición poco activa, se genere una ionización débil. Esto conduce a una tasa baja de precipitación y, por tanto, a baja productividad.

En las instalaciones conocidas de tratamiento por plasma se sujetan las piezas a portadores de sustratos, por ejemplo, en forma de un carrusel y ante el cual pasan la(s) fuente(s) de recubrimiento. Ejemplos de ello son disposiciones de doble giro sin distancias geométricas en la gama de 20-80 mm, con lo que no se produce ningún cátodo hueco controlado para plasma. El típico conjunto de problemas está en el recubrimiento de disposiciones en placa y piezas planas, que sólo producen una corriente pequeña de plasma.

Otro dispositivo para el encendido de un plasma de descarga luminiscente para el recubrimiento de una pieza, se muestra en el documento EP 1 619 265 que está incurso en el artículo 54(3) del EPÜ [Convenio sobre la Patente Europea].

Un aumento del suministro de carbono mediante una elevación de la corriente de gas reactivo, sólo es posible en general en una escala limitada, por la capacidad de aspiración del sistema de bombas de vacío, puesto que al abandonar la ventana óptima del proceso, se compromete la calidad del recubrimiento.

**Presentación de la invención**

La misión de la invención se basa en poner a disposición un intensificador de plasma que sin costosas medidas adicionales, se pueda montar integrado en el recinto de tratamiento por plasma, o directamente en un carrusel o incluso en un portapiezas.

Esta misión se resuelve mediante las notas características según la invención en la parte significativa de la reivindicación 1. Con ello se puede hacer funcionar el intensificador de plasma mediante un suministro de voltaje de polarización, para la aplicación de una señal eléctrica a las piezas.

De los procesos convencionales por plasma se conoce que en función de la presión del proceso y de la tensión aplicada, mediante determinadas disposiciones geométricas, se pueden generar uno o varios plasmas secundarios por el llamado efecto de cátodo hueco. Estos plasmas secundarios con una densidad de plasma limitada desde luego localmente, pero muy alta, perturban el proceso planeado por plasma, mediante distintos efectos, como sobrecalentamiento de sustratos individuales, oscilaciones del plasma, formación de grafito en la fase gaseosa y otros, por lo que en todos

## ES 2 321 444 T3

los procedimientos normales de CVD [deposición química en fase de vapor] por plasma, se toman prevenciones para evitar tales plasmas secundarios.

5 Sorprendentemente, mediante un dispositivo realizado según la invención se ha logrado aprovechar el efecto de cátodo hueco sin repercusiones dañosas sobre la conducción del proceso, o sobre la calidad del recubrimiento, mediante un intensificador de plasma con una geometría determinable empíricamente en función de los parámetros del proceso, de manera que sea posible un aumento estable de la densidad del plasma y un aumento significativo de la tasa de precipitación.

10 El dispositivo según la invención para la intensificación y/o encendido de un plasma de descarga luminiscente, comprende aquí al menos un cuerpo hueco de material conductor de la electricidad, estando configurado el espacio hueco del cuerpo hueco, de manera que al aplicar una señal eléctrica al cuerpo hueco, al menos en una determinada gama de presión y tensión, se cumplan las condiciones geométricas para el encendido de una descarga en el interior del cuerpo hueco. El cuerpo hueco comprende, además, al menos una abertura a través de la cual pueden circular  
15 los portadores de carga al entorno del dispositivo, para allí permitir el encendido y accionamiento de un plasma, o intensificar un plasma allí existente.

El dispositivo según la invención es un dispositivo para el tratamiento, en especial para el recubrimiento de piezas, no siendo las piezas, idénticas con el cuerpo hueco.

20 Aquí se selecciona la geometría de manera que la temperatura del proceso se pueda mantener baja para no influenciar las características de las piezas. Decisivas para la geometría del intensificador de plasma que en lo esencial comprende al menos un espacio hueco, son aquí las dimensiones interiores o un parámetro geométrico característico del espacio hueco que representa un número característico para la distancia media de las superficies de igual potencial eléctrico, que rodean el espacio hueco. Por ejemplo, para una gama de presión de  $1 \times 10^{-3}$  mbar a  $5 \times 10^{-2}$  mbar, de preferencia de  $4 \times 10^{-3}$  a  $2 \times 10^{-2}$  mbar, se ha puesto de relieve como apropiada una gama media de distancia de 20 a 200 mm, de preferencia de 60 a 100 mm.

30 La aplicación de este principio se puede llevar a cabo haciendo que al menos un dispositivo según la invención se instale como intensificador de plasma, en la carga de un carrusel con portapiezas, con lo que se aumenta en todo el recinto de tratamiento la densidad del plasma y, por ejemplo, se puede obtener una tasa mayor de precipitación.

35 Alternativamente a esto, se pueden fijar las piezas directamente en un dispositivo según la invención, y con ello vienen a unirse directamente con el plasma del cátodo hueco. También se pueden emplear combinaciones de realizaciones diferentes del dispositivo según la invención.

40 A continuación se intentará explicar los fenómenos que sirven de base a la invención, de la mano de conocidas leyes de la física. No obstante, esto se puede considerar solamente como una aproximación, afectada posiblemente también con defectos, a las circunstancias presentes en una instalación industrial de recubrimiento. Estas se pueden diferenciar en lo esencial, por ejemplo, con respecto a geometrías complejas que se presentan aquí, o a electrodos movidos, de modelos desarrollados de la mano de hipótesis simplificadas modelables.

45 Bajo la hipótesis de que un dispositivo según la invención para la intensificación del plasma, se compone o bien de una o varias estructuras arborescentes de intensificadores de plasma, o de estructuras arborescentes de sustratos, de geometría correspondiente, estas representan un cátodo para una descarga luminiscente, siendo el ánodo la cámara de recubrimiento que de preferencia está al potencial de tierra. Para el encendido de la descarga luminiscente se aplica una tensión entre ánodo y cátodo, que asciende a entre 200 V y 2000 V, de preferencia entre 400 V y 1200 V, en cada caso incluidos los valores límite. Después del encendido se puede accionar también la descarga con una tensión inferior.

50 El encendido del plasma sigue aquí la ley de Paschen. Según esta ley, la tensión  $V_t$  de encendido, o el potencial  $E_t$  de encendido es, en función del tipo de gas y para un determinado tipo de gas, una función del producto de la distancia  $d$  de los electrodos y la presión  $p$ :

55 
$$V_t = [B \times p \times d] / [C + \ln pd], \quad E_t = B / [C + \ln pd];$$

Con B y C como constantes dependientes del tipo de gas.

60 Como es conocido al especialista, hay distintas posibilidades para mejorar el proceso de encendido, así por ejemplo, al aplicar una tensión continua, esta se puede pulsar brevemente con alta frecuencia. Con independencia del tipo de la tensión de accionamiento que puede comprender una tensión continua, pulsante bipolar o unipolar, alterna convencional, o también una tensión continua modulada, el encendido de un intensificador de plasma según la invención, se influencia o mejora mediante las siguientes medidas:

- 65
- oscilaciones rápidas de presión,
  - elevación repentina de la tensión (impulso individual de tensión),

## ES 2 321 444 T3

- funcionamiento pulsante de la fuente de tensión,
- la aplicación de un campo magnético externo, perpendicular o paralelo a la dirección de descarga cátodo/ánodo,
- accionamiento adicional de un plasma, por ejemplo, en forma de un plasma de pulverización, de chispas o de arco voltaico de baja tensión,
- selección de un gas de buena ionización como, por ejemplo, Ar, Ne, He.

La elevación de la densidad del plasma mediante un campo magnético, tiene aquí una importancia especial, puesto que así se aumenta la probabilidad de una ionización del gas en todo el recinto del plasma. Para todas las condiciones en las que la velocidad de los portadores de carga en el plasma, no es paralela al campo magnético, aparecen fuerzas que obligan a estos portadores de carga a seguir trayectorias de forma circular. En la zona relativamente pequeña de caída catódica, el movimiento de los portadores de carga solamente se influencia poco a causa de las intensidades de campo relativamente grandes. Por el contrario, el campo magnético actúa más intensamente sobre la columna positiva. Las fuerzas del campo magnético reducen la difusión de los portadores de carga, y aumentan la densidad del plasma gracias a la elevada probabilidad de choque con las moléculas del gas.

Al intensificador de plasma según la invención sirve de base en lo esencial, el efecto de elevación de la densidad del plasma mediante el encendido de un cátodo hueco. Cuando se acciona una descarga de manera que a un ánodo se coordinen varios cátodos, tiene importancia la distancia de los cátodos unos de otros. Si las distancias de los cátodos unos de otros, son mayores que el doble de la caída catódica, no se produce ninguna influencia mutua. Si los cátodos se aproximan unos a otros, o se disminuye la densidad del gas, electrones más rápidos de una de las superficies de un cátodo, penetran en la zona de caída catódica del otro cátodo, y son frenados y reflejados por la carga asimismo negativa. Esta reflexión en los potenciales de los cátodos tiene lugar hasta que el electrón haya perdido energía, por ejemplo, por impacto. Gracias a la reflexión se eleva una vez más la probabilidad de ionización. La densidad de corriente asciende y, en función del tipo de gas, de la presión, de la distancia o de la geometría, se puede elevar en un factor de más de cien.

No obstante, en caso de muy pequeña distancia de los cátodos unos de otros, la densidad de corriente cae una vez más rápidamente, lo cual se basa en que la corriente no encuentra ya más su camino hacia el ánodo, desde la hendidura entre los dos cátodos.

La influencia mutua de los cátodos se designa como efecto de cátodo hueco. Se desarrolla cuando un cátodo presenta espacios huecos que presenten un diámetro menor que el doble del espacio de caída. Aquí el tamaño del espacio de caída catódica se puede influenciar fuertemente mediante la aplicación de un campo magnético.

Hasta hoy en las instalaciones convencionales de tratamiento por plasma, o en disposiciones de electrodos, se evitó lo más posible la generación de cátodos huecos, en especial en la proximidad inmediata de la superficie a tratar, puesto que por la conformación de tales, plasmas llamados secundarios, producen en general efectos muy negativos para el proceso de tratamiento por plasma. Por ejemplo, mediante tales descargas se puede sustraer energía del plasma, descomponer el gas reactivo demasiado rápida o totalmente, o sobrecalentarse las superficies de la pieza, para describir tan sólo algunos de los fenómenos perturbadores.

En cambio, un objetivo de la presente invención es poner a disposición un intensificador de plasma que impida los efectos desventajosos de un cátodo hueco, y eleve la densidad del plasma dentro y fuera del intensificador de plasma en una medida tal que contribuya a la mejora del proceso de tratamiento. Aquí la densidad del plasma en el interior, es en lo esencial mejor, lo cual es ventajoso para una mejor descomposición o activación del precursor gaseoso.

De la mano de los dibujos siguientes, se debe describir a título de ejemplo, el principio de la invención. Aquí se muestra

Figura 1 Un intensificador de plasma.

Figura 2 Un portapiezas

Figura 3 Un carrusel.

El intensificador 1 de plasma representado en la figura 1, está construido de varios anillos 2 circulares, elipsoidales o poligonales, dispuestos unos sobre otros, o de anillos de geometrías compuestas, estando dispuestos los anillos 2 a una distancia  $a$  que es suficientemente pequeña para impedir un encendido de una descarga hueca entre los anillos 2. Si se elige la distancia tan sólo muy poco demasiado grande, se llega a un encendido de un plasma secundario no deseado muy intenso entre los cátodos 2 dispuestos paralelos, con las consecuencias desventajosas arriba descritas.

La distancia  $a$  entre los anillos 2 catódicos o la distancia  $b$  entre las piezas o soportes, tiene que ser pues pequeña con respecto al doble de la caída catódica, de preferencia incluso menor que la caída catódica. En la realización presente, se seleccionó una distancia  $a$  de 1 a 60 mm, de preferencia de 5 a 25 mm.

## ES 2 321 444 T3

La altura  $h$  total del intensificador 1 de plasma puede variarse aquí fácilmente, intercalando o retirando uno o varios anillos 2. Los anillos 2 se pueden sujetar en la posición deseada, por ejemplo, mediante barras 3 individuales de unión con casquillos distanciadores no mostrados aquí en detalle.

5 El parámetro geométrico característico en el caso de las presentes figuras 1A, A', es el diámetro  $d$  interior de los anillos catódicos, que representa también la dimensión esencial para la generación y estabilización del cátodo hueco. En la figura 1B se toma el diámetro  $d'$  del círculo inscrito en el triángulo como parámetro característico. Por tanto, el diámetro  $d$ ,  $d'$  debería de elegirse de manera que se cumplan las condiciones para un cátodo hueco, es decir, menor o aproximadamente igual al doble de la caída catódica. En la realización presente se eligió una distancia  $d$  de 20 a 200  
10 mm, de preferencia entre 60 y 100 mm. El diámetro  $d$ ,  $d'$  define así juntamente con la altura  $h$ , la geometría del cátodo hueco que no sólo se puede realizar en la diferente geometría de la sección transversal, sino también delimitar mediante diferentes superficies limitadoras respecto al restante recinto del plasma. Por ejemplo, en lugar de muchos segmentos 2 anulares, se pueden prever solamente un segmento anular superior y uno inferior, con una rejilla tensada entre los dos, o con alambres o barras paralelas, cilindros u otros cuerpos huecos con aberturas o escotaduras apropiadas en la periferia, por ejemplo, en forma de rendijas o similares. Lo importante es que haya al menos una abertura del cátodo hueco que mantenga abierto el paso al ánodo, de los portadores de carga.

En la realización mostrada en la figura 1 se ha visto, además, que una cobertura de la abertura superior o inferior, mediante una rejilla 10 metálica, puede influenciar positivamente la estabilidad del plasma.

20 La figura 2 muestra un portapiezas 4 que está realizado como intensificador de plasma, aquí los anillos 5 están realizados con alojamientos 7 para piezas 8. Aquí el parámetro  $d''$  característico se puede considerar, o bien como está representado, como la distancia mínima del portapiezas 5 a una barra 6 del soporte, o bien como la distancia mínima entre los radios 11 del portapiezas, en cada caso según qué distancia sea menor. También aquí es esencial que la distancia  $a$ , así como las distancias  $b$  entre las piezas 8, se elijan de manera que no se llegue a ningún encendido de una descarga de cátodo hueco. Por lo tanto, al menos las piezas de un nivel del portapiezas deberían de presentar geometrías similares, o mejor iguales, o ajustar mediante medidas adicionales las correspondientes distancias  $a$  o  $b$ . Para obtener un plasma de descarga hueca lo más uniforme posible, en toda la altura del intensificador 4 de plasma, es ventajoso prever los radios 11 de los correspondientes anillos 5 portapiezas, en la misma posición, de manera que,  
30 como por ejemplo en el caso representado en la figura 2, se formen tres recintos 12, 12', 12'' idénticos de cátodo hueco en el interior del intensificador 4 de plasma.

Fundamentalmente se puede emplear ya como intensificador de plasma, un único anillo 5 portapiezas con un recinto 12 de cátodo hueco, o un solo anillo 2, siempre y cuando se elija la geometría apropiada para la gama correspondiente de presión/tensión. Naturalmente está claro para el especialista que intensificadores 1 de plasma correspondientes como los representados en la figura 1 ó 2, que se componen de varios niveles de anillos 2, ó de anillos 5 portapiezas, o portapiezas 4 realizados como intensificadores de plasma, obtienen un efecto esencialmente más intenso. Por ejemplo, en semejantes intensificadores 1, 4 de plasma se puede activar gas reactivo muy eficiente, o precursor para procesos CVD por plasma, o combinados PVD/CVD [PVD = Deposición en fase de Vapor], o escindir y convertir en especies muy reactivas, por ejemplo, moléculas ionizadas, fragmentos de moléculas y/o radicales. Con ello se eleva también esencialmente la tasa de precipitación y, conduciendo apropiadamente el proceso, se mejora la calidad de tales recubrimientos de CVD por plasma.

En la figura 3 se representa un carrusel 9 en el que están colocados tanto varios intensificadores 1 de plasma como los representados en la figura 1, así como también varios portapiezas 4 como los expuestos en la figura 2. Los portapiezas 4 pueden estar montados aquí pivotantes y, por ejemplo, dan lugar como se representa en la acción combinada con el carrusel 9 y los alojamientos 7, a una rotación triple de las piezas 8, para obtener una calidad lo más uniforme posible del recubrimiento. Una rotación triple semejante se representa esquemáticamente mediante las correspondientes flechas 1ª, 2ª y 3ª de movimiento. Aquí es ventajoso cuando la distancia  $d'$  geométrica característica del intensificador 1 de plasma es algo menor que la distancia  $d''$  geométrica característica del portapiezas 4, con lo que al aplicar unan señal pulsante, por ejemplo, de frecuencia media, según la ecuación de Paschen, se enciende primeramente el plasma en los intensificadores de plasma.

Es ventajosa en especial una disposición semejante cuando, por ejemplo, partiendo de una capa adherente metálica, deba de producirse una transformación gradual a una capa DLC. Si la capa adherente primeramente de metal puro, por ejemplo, Cr o Ti, en la que como sabe el especialista, se tienen en cuenta también otros metales de los subgrupos "b" IV, V o VI del sistema periódico de los elementos, o Si o Al, se aplica mediante un procedimiento de pulverización, de arco, de arco voltaico de baja tensión, u otro procedimiento de PVD, y a continuación se agrega un gas que contenga carbono, por ejemplo, acetileno, metano, etano, etileno o similar, se forma una capa mixta que en lo esencial contiene metal y carburo metálico. No obstante, no se llega o apenas se llega a la conformación de estructuras de carbono que contengan enlaces  $sp^3$ , en tanto que únicamente se aplique un voltaje de polarización DC, puesto que en este caso el gas reactivo se activa en una escala demasiado pequeña, o es destruido por el plasma. No obstante, si se aplica, por ejemplo, una señal pulsante de frecuencia media al carrusel 9, el plasma de cátodo hueco se enciende primeramente en los intensificadores 1 de plasma, a causa de la menor distancia  $d$ ,  $d'$ . El encendido se facilita por cada fuente  
65 adicional de plasma, por ejemplo, por la descarga luminiscente del objetivo de la pulverización y, en caso necesario, por un campo magnético adicional, aplicado perpendicularmente al plano del cátodo hueco. Esto se puede producir, por ejemplo, mediante una disposición de Helmholtz conocida por el especialista, de dos bobinas magnéticas en una instalación de recubrimiento.

## ES 2 321 444 T3

Después del encendido del plasma de cátodo hueco en los intensificadores 1 de plasma, por el exceso de consumo del gas reactivo se llega a un descenso de presión que tiene como consecuencia un encendido rápido de otro plasma de cátodo hueco en los recintos 12, 12', 12'' huecos de los portapiezas 4, y un ulterior empobrecimiento en gas reactivo. El encendido del plasma en los portapiezas 4 se lleva a cabo aquí completamente sincronizado y sin oscilaciones del plasma, gracias al ya alto número de portadores de carga procedentes de los intensificadores 1 de plasma. Si ahora se eleva la proporción de gas reactivo, lo cual acaece con ventaja en forma de una elevación, por ejemplo, en forma gradual, de la corriente de gas reactivo, existe a disposición en la superficie de los materiales una gran cantidad de iones de carbono o de hidrocarburos, altamente excitados, que hacen posible la creación de estructuras que contienen enlaces  $sp^3$ . En cada caso según la conducción del proceso se pueden precipitar ahora estructuras  $sp^3$  con contenido metálico o, por ejemplo, mediante reajuste o diafragmando los objetivos, en lo esencial estructuras  $sp^3$  que se componen tan sólo de carbono e hidrógeno. Se produce otra ventaja en la utilización de tales intensificadores 1 de plasma, o portapiezas 4, haciendo que el proceso se pueda conducir de manera que también durante la precipitación de capas aislantes, por ejemplo de DLC, sobre las piezas, se mantenga la conductividad en la cara interior del intensificador 1 de plasma o del portapiezas 4. Esto se produce a causa de la gran carga térmica en esta zona, o a causa del elevado bombardeo con partículas ionizadas que, por ejemplo, utilizando un gas reactivo que contenga carbono, da lugar a una formación de grafito en la superficie interior del cuerpo hueco o del cátodo hueco.

A continuación, de la mano de ejemplos se muestra la diferencia respecto al estado actual de la técnica, y la acción ventajosa del empleo de intensificadores de plasma según la invención. Detalles de los parámetros del proceso y de la realización geométrica del dispositivo, se encuentran en la tabla 1. El proceso se realizó en un carrusel con 6 ó 12 estructuras arborescentes.

### Ejemplo 1

Aquí las piezas se cargan en estructuras arborescentes según el estado actual de la técnica, de manera que se evita un cátodo hueco. La corriente del sustrato en el proceso es pequeña, la tasa de recubrimiento es baja.

### Ejemplo 2

Aquí las piezas se cargan en estructuras arborescentes que corresponden aun dispositivo según la invención. De este modo al aplicar un voltaje de polarización de MF [frecuencia media] se enciende un cátodo hueco, y se obtiene una elevación de la corriente del sustrato, así como una tasa de precipitación elevada en comparación con el ejemplo 1. Los parámetros geométricos de la descarga hueca se adaptaron a los parámetros del proceso, de manera que las piezas ni se sobrecalentaron ni se influenciase negativamente la calidad del recubrimiento.

### Ejemplo 3

Aquí las piezas se cargan como en el ejemplo 1, adicionalmente se sustituyeron 2 de 12 estructuras arborescentes, por un dispositivo como el descrito en la figura 1. Alternativamente, como en la figura 3, se emplearon 3 intensificadores 1 de plasma, en un carrusel cargado con 6 estructuras arborescentes. En los dos casos se apreció una influencia positiva de la tasa de precipitación.

### Ejemplo 4

Aquí las piezas se cargan en un dispositivo como en el ejemplo 2, el cátodo hueco se hace funcionar con una presión mayor, lo cual tiene como consecuencia una elevación adicional de la corriente del sustrato y de la tasa de precipitación, en comparación con el ejemplo 1 y 2. Tampoco bajo estas condiciones ni se sobrecalentaron las piezas, ni se influenció negativamente la calidad del recubrimiento.

### Ejemplo 5

Aquí se eligieron las distancias mayores que en el ejemplo 1, pero menores que en el ejemplo 2. Evidentemente,  $d''$  corresponde aquí a una distancia media en la gama de una reflexión máxima de electrones, puesto que aquí el cátodo hueco arde muy intensamente, las piezas se sobrecalientan, y se produce una mala calidad del recubrimiento por formación de grafito.

### Ejemplo 6

Muestra una clara dependencia de la acción del intensificador de plasma, de la frecuencia de la señal eléctrica aplicada. Para una elevación de la frecuencia de 50 a 100 kHz, con los demás parámetros constantes, respecto al ejemplo 4, se pudo obtener una elevación esencial de la corriente del sustrato y de la tasa de recubrimiento.

Aunque en lo que precede se presentaron muchas posibilidades distintas para la realización de la invención, de la mano de la descripción está claro para el especialista que todavía hay muchas otras posibilidades de hacer realidad los correspondientes dispositivos para el encendido o intensificación del plasma. Por ejemplo, puede instalarse un dispositivo correspondiente, también en la cámara de vacío, en el fondo de la cámara o en la cubierta de la cámara, en lugar de en el carrusel, siempre y cuando se aisle el dispositivo, de receptores, y se aplique una señal eléctrica correspondiente, por ejemplo, la señal del voltaje de polarización del sustrato.

Tabla 1: Ejemplos de la invención

	Ejemplo 1: Estado actual de la técnica	Ejemplo 2: Montaje con piezas en rotación triple, en el dispositivo	Ejemplo 3: Montaje con dispositivos adicionales sin carga	Ejemplo 4: Montaje con piezas en rotación triple en el dispositivo	Ejemplo 5: Montaje con dispositivos, con distancias demasiado pequeñas	Ejemplo 6: Montaje con piezas en rotación triple en el dispositivo
Corriente de gas reactivo	220 – 320 sccm	220 – 350 sccm	220 – 350 sccm	350 - 500 sccm	220- 350 sccm	350 – 500 sccm
Presión de trabajo	5,0-7,0 10 <sup>-3</sup> mbar	5,0-7,0 10 <sup>-3</sup> mbar	5,0-7,0 10 <sup>-3</sup> mbar	7,0-1,2 10 <sup>-3</sup> mbar	4,5-7,0 10 <sup>-3</sup> mbar	7,0-1,2 10 <sup>-3</sup> mbar
Distancia d" pieza superficie soporte	10 mm	60 – 100 mm	10 mm	60 – 100 mm	40 mm	60 – 100 mm
Situación de la carga	Pieza en placas, así como rotación triple; 10 piezas en un platillo	Rotación triple; 40 piezas en un platillo	Pieza en placas, así como rotación triple; como ejemplo 1	Rotación triple; 30 piezas en un platillo	Rotación triple; 30 piezas en un platillo	Rotación triple; 30 piezas en un platillo
Número de estructuras arborescentes	12	6	6	12	12	6
Tensión de amplitudes	-800 –1000 V	-800 –1000 V	-800 –1000 V	-800 –1000 V	-800 –1000 V	-800 –1000 V
Corriente del sustato	0,5 – 1,5 A	1,5 – 4,0 A	1,5 – 4,0 A	2,0 – 6,0 A	2- 20 A inestable	4,0 – 12 A
Frecuencia de la señal	50 kHz	50 kHz	50 kHz	50 kHz	50 kHz	100 kHz
Tasa de precipitación	0,2 μm/h	0,9 μm/h	0,9 μm/h	1,5 μm/h	-----	2,0 – 2,5 μm/h
Temperatura componente constructivo	200°C	200°C	200 – 250°C	>250°C	>250°C	>250°C

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (1, 4) para la intensificación y/o encendido de un plasma de descarga luminiscente, para el tratamiento, en especial recubrimiento, de piezas (8), con al menos un cuerpo (2, 5) hueco de material conductor de la electricidad, estando configurado el espacio hueco del cuerpo (2, 5) hueco, de manera que al aplicar una señal eléctrica al cuerpo (2, 5) hueco, al menos en una determinada gama de presión y tensión, se cumplen las condiciones geométricas para el encendido de una descarga en el interior del cuerpo (2, 5) hueco, y el cuerpo (2, 5) hueco comprende al menos una abertura a través de la cual pueden circular los portadores de carga al entorno del dispositivo, para allí permitir el encendido y accionamiento de un plasma, o intensificar un plasma allí existente, y no siendo las piezas (8), idénticas con el cuerpo (2, 5) hueco, **caracterizado** porque el dispositivo (1, 4) comprende medios que unen eléctricamente el cuerpo (2, 5) hueco con las piezas (8), de manera que el cuerpo (2, 5) hueco está situado en lo esencial al potencial de la pieza.
- 15 2. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo (2, 5) hueco está fijado a un carrusel (9) para el alojamiento de portapiezas (4).
- 20 3. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las condiciones geométricas se cumplen para una gama de presiones entre  $1 \times 10^{-3}$  y  $5 \times 10^{-2}$  mbar, de preferencia entre  $4 \times 10^{-3}$  y  $2 \times 10^{-2}$  mbar.
- 25 4. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las condiciones geométricas se cumplen para una señal eléctrica con una gama de tensiones entre 200 y 2000 V, de preferencia entre 400 y 1200 V.
- 30 5. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la señal eléctrica es una señal de corriente continua, de corriente alterna, en especial de corriente alterna pulsada bipolar o unipolar en la gama de frecuencias medias.
- 35 6. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo (2, 5) hueco posee una altura  $h$  y una sección transversal con al menos un parámetro  $d$  geométrico característico, teniendo la sección transversal la forma de un círculo, de una elipse, de un polígono, o una forma compuesta de geometrías diferentes, y comprendiendo el cuerpo (2, 5) hueco al menos una superficie lateral que se extiende por la altura  $h$ .
- 40 7. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el cuerpo (2, 5) hueco está cubierto por arriba y/o por debajo, con una rejilla.
- 45 8. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la superficie lateral del cuerpo (2, 5) hueco presenta varias aberturas o rendijas en su altura  $h$ .
- 50 9. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la al menos una superficie lateral del cuerpo (2, 5) hueco comprende una rejilla o alambres o barras paralelos, o se compone en lo esencial de una rejilla o alambres o barras paralelas.
- 55 10. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el cuerpo (2, 5) hueco comprende varios anillos circulares, elipsoidales, poligonales dispuestos unos sobre otros, o anillos de geometrías compuestas, estando dispuestos los anillos (2) a una distancia  $a$  que es suficientemente pequeña para impedir un encendido de una descarga hueca entre los anillos (2).
- 60 11. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 10, **caracterizado** porque la distancia  $a$  es menor que la caída catódica en una determinada gama de presión y tensión, en especial entre 1 y 60 mm, de preferencia entre 5 y 25 mm.
- 65 12. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 10, **caracterizado** porque los anillos están configurados como portapiezas con alojamientos (7), estando dispuestos los alojamientos (7) o las piezas (8) a una distancia unos de otros que sea suficientemente pequeña para impedir un encendido de una descarga hueca entre los alojamientos (7) de las piezas, o entre las piezas (8).
13. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 12, **caracterizado** porque la distancia  $a$  y/o  $b$  es menor que la caída catódica en una determinada gama de presión y tensión, en especial entre 1 y 60 mm, de preferencia entre 5 y 25 mm.
14. Dispositivo (1, 4) según la reivindicación 6 ó 12, **caracterizado** porque el parámetro  $d$  es menor o igual al doble de, pero mayor o igual a la caída catódica simple, en una determinada gama de presión y tensión, en particular entre 20 y 200 mm, de preferencia entre 60 y 100 mm.
15. Instalación de tratamiento al vacío, para el tratamiento por plasma, en especial para el recubrimiento por plasma de piezas (8), **caracterizada** porque comprende un dispositivo (1, 4) según alguna de las reivindicaciones precedentes.
16. Instalación de tratamiento al vacío según la reivindicación 15, **caracterizada** porque la instalación comprende un dispositivo adicional para la creación de un campo magnético, que actúa sobre la extensión de la descarga de cátodo hueco, o intensifica el plasma.

## ES 2 321 444 T3

17. Instalación de tratamiento al vacío según la reivindicación 16, **caracterizada** porque mediante el dispositivo para la creación de un campo magnético, se puede preparar un campo 13 magnético que actúa perpendicularmente a la extensión de la descarga de cátodo hueco.

5 18. Procedimiento de tratamiento al vacío, **caracterizado** porque se utiliza un dispositivo (1, 4) según alguna de las reivindicaciones 1 a 14, para un encendido y mantenimiento en funcionamiento de un plasma, o para la intensificación de un plasma ya existente.

10 19. Procedimiento de tratamiento al vacío según la reivindicación 18, **caracterizado** porque se utiliza el dispositivo (1, 4) para activar o escindir gas reactivo o precursor para una proceso de CVD por plasma, o para un proceso combinado de PVD/CVD.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

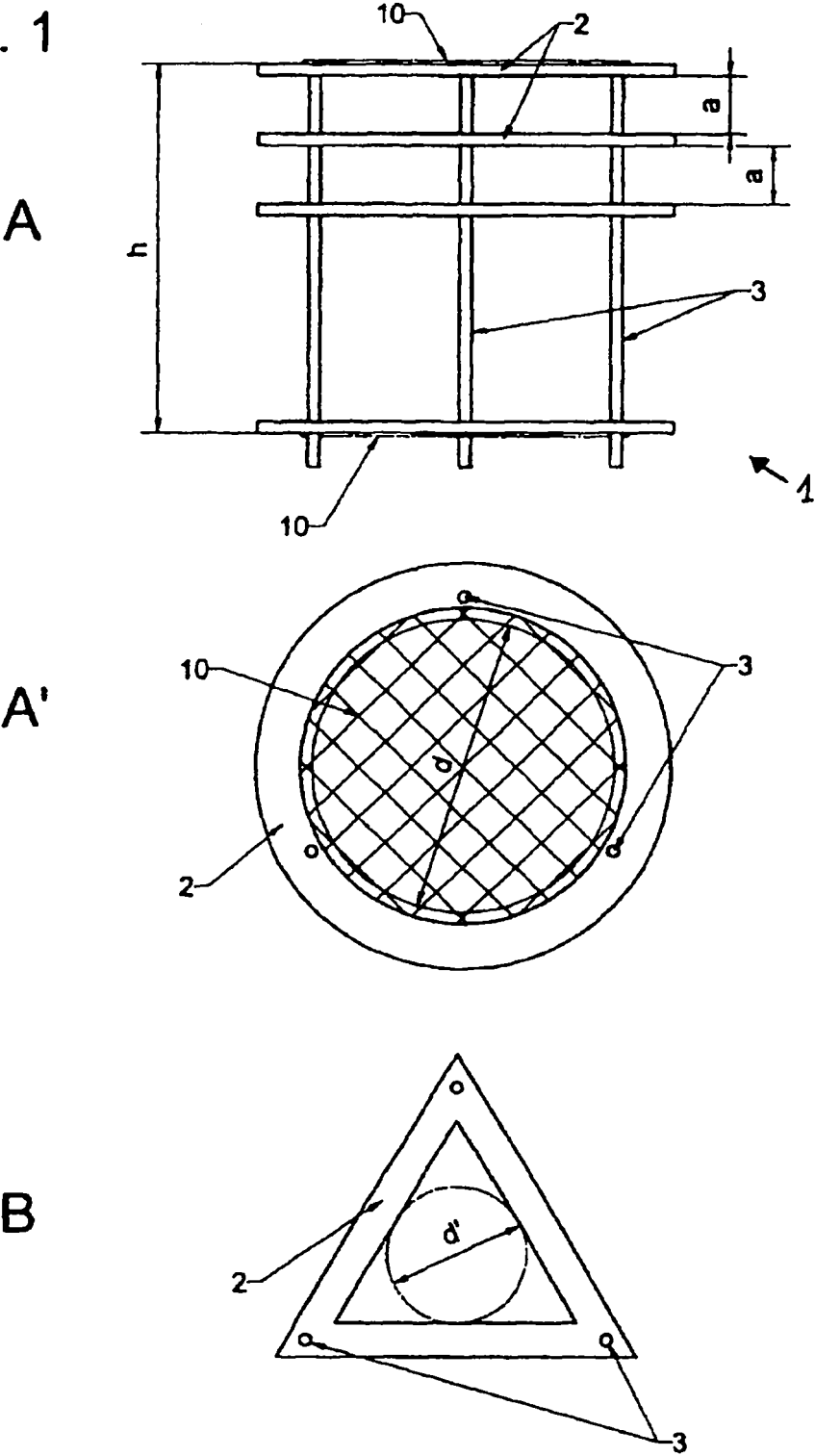


Fig.2

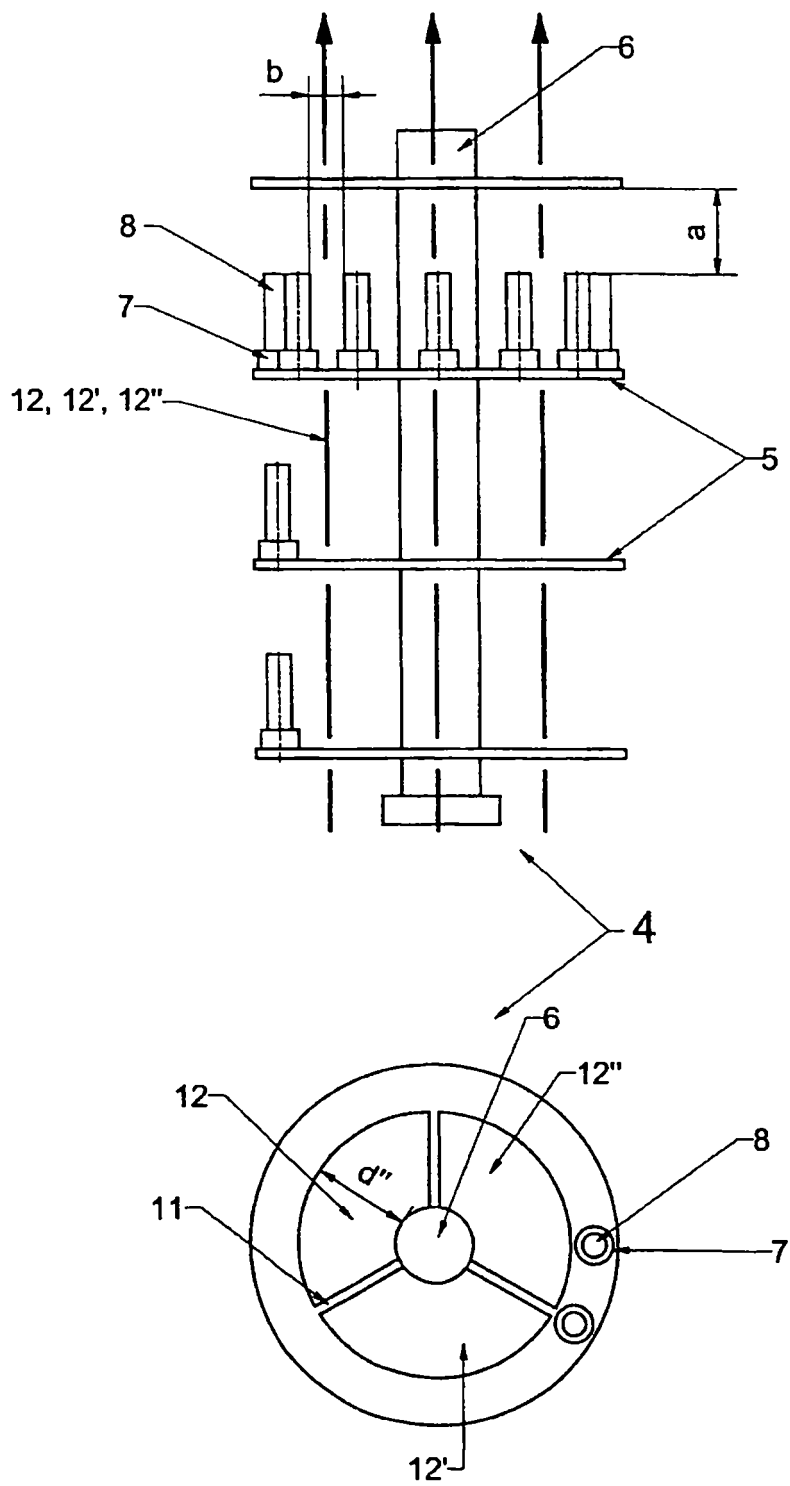


Fig 3

