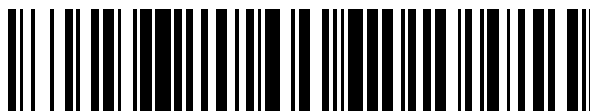


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 599**

51 Int. Cl.:

H01J 37/34 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2012 PCT/EP2012/001414**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2012 WO12143087**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2012 E 12714576 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 2700082**

54 Título: **Procedimiento para recubrir sustratos y fuente de pulverización de alta potencia para el mismo**

30 Prioridad:
20.04.2011 DE 102011018363

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.01.2019

73 Titular/es:
**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
PFÄFFIKON (100.0%)
Churerstrasse 120
8808 Pfäffikon, CH**

72 Inventor/es:
**KRASSNITZER, SIEGFRIED y
RUHM, KURT**

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 696 599 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

Procedimiento para recubrir sustratos y fuente de pulverización de alta potencia para el mismo

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para recubrir sustratos por medio de pulverización por magnetrón.

En el maraco de esta descripción "bombardeo catódico" se usa con el mismo significado que "pulverización".

10 En el bombardeo catódico, un objetivo (cátodo) se bombardea con iones, lo que lleva a que se desprenda material del objetivo. La aceleración de los iones en la dirección de la superficie de objetivo desde un plasma se alcanza por medio de un campo eléctrico. En el bombardeo catódico por magnetrón se forma un campo magnético sobre la superficie de objetivo. De esta manera los electrones en el plasma se fuerzan a una trayectoria en espiral y dan vueltas sobre la superficie de objetivo. Debido a su recorrido extendido, aumenta considerablemente el número de
15 los choques de electrones con átomos o iones, lo que lleva a una ionización mayor en esta zona sobre la superficie de objetivo. De esta manera se produce un desgaste por bombardeo catódico aumentado sobre el objetivo directamente debajo de la zona. Esto lleva a las cárcavas de erosión típicas del bombardeo catódico por magnetrón con pista superpuesta. Una cárcava de erosión de este tipo tiene la desventaja de que no se desprenden esencialmente grandes zonas del objetivo. El material de objetivo es sin embargo con frecuencia un material caro.
20 En ocasiones por lo tanto el sistema magnético que forma el campo magnético está diseñado detrás del objetivo de modo que esto lleva a una pista reniforme, tal como se representa en la Figura 1. En el caso de un cátodo redondo, el sistema magnético se gira alrededor del eje central del cátodo redondo, de modo que se produce esencialmente un desgaste uniforme del material de objetivo. Sigue existiendo sin embargo la desventaja del bombardeo catódico convencional de que el material desprendido solo se ioniza en un porcentaje muy bajo.

25 La presente invención se refiere en especial a un procedimiento de HIPIMS (HIPIMS = *High Power Impulse Magnetron Sputtering*). HIPIMS es un procedimiento perfeccionado a partir del bombardeo catódico convencional que aprovecha el efecto de descargas en forma de pulsos con una duración de pulso en el intervalo de microsegundos a milisegundos con densidades de potencia superiores a 100 W/cm². La tecnología de HIPIMS emergente elimina la gran desventaja del bombardeo catiónico convencional, en concreto la ionización muy baja de los átomos sometidos a bombardeo catódico. Así, por el estado de la técnica se mostró que por medio de la técnica de HIPIMS, en función del material, puede conseguirse una ionización hasta el 100 % de las partículas sometidas a bombardeo catódico. A este respecto, la gran densidad de corriente de descarga que actúa al menos brevemente sobre el objetivo lleva al grado de ionización elevado. El grado de ionización elevado puede modificar el mecanismo de crecimiento de las capas y tiene por lo tanto influencia sobre las propiedades de capa. Entre otras cosas, esto
35 lleva a una mayor fuerza adhesiva.

Las densidades de potencia medias usadas típicas tanto en el bombardeo catódico convencional como en el HIPIMS se encuentran en el intervalo de 20 W/cm². En el caso de cargas elevadas, se produce hasta 50 W/cm² con el uso de equipos de refrigeración de objetivo particulares. Las densidades de corriente de descarga correspondientes se encuentran a este respecto en el intervalo de hasta 0,2 A/cm². Desde el punto de vista de la física del plasma y de la electrotécnica, sin embargo no serían ningún problema densidades de potencia mucho mayores y con ello densidades de corriente de descarga mucho mayores. Sin embargo, la potencia media aplicable a un objetivo de bombardeo catódico está esencialmente limitada por que se establecen límites técnicos en cuanto a la refrigeración de objetivo. Por este motivo, en el procedimiento de HIPIMS la potencia de bombardeo catódico se aplica en forma pulsada, seleccionándose la duración de pulso tan corta que debido la potencia media que actúa sobre el objetivo no se produce un exceso de temperatura. A este respecto está claro que la temperatura de objetivo y la temperatura de objetivo máxima permitida dependen considerablemente del material de objetivo y su conductividad térmica y sus propiedades mecánicas.
40
45
50

A este respecto es desventajoso que la tecnología de pulso lleva a un gasto en aparatos considerable, dado que tienen que usarse generadores que pueden dividir la potencia en el tiempo y en el espacio en pulsos de potencia de bombardeo catódico. Esto no se consigue con la tecnología de generadores convencionales.

55 Para evitar esta desventaja se propone en el estado de la técnica pasar sobre una pista claramente reducida en comparación con el tamaño total del objetivo y dejar recorrer esta pista sobre la superficie de objetivo. Por ejemplo, en el documento US 6.413.382 de Wang et al se propone un sistema magnético que lleva a un magnetrón que cubre menos del 20% de la superficie de objetivo. El sistema magnético está montado de manera giratoria detrás de la superficie de objetivo, de modo que la pista puede cubrir esencialmente toda la superficie de objetivo. Si bien este planteamiento simplifica los generadores, en cambio no puede prescindirse por completo de la tecnología de pulso. Por consiguiente se indica una relación de pulso/pausa inferior al 10%.
60

No obstante, en este sentido es desventajoso que un aparato diseñado de manera correspondiente sea adecuado exclusivamente para aplicaciones de HIPIMS. Mediante el tamaño de pista fuertemente reducido es correspondientemente baja la tasa de bombardeo catódico. Si puede alternarse entre las capas de HIPIMS y capas
65

de bombardeo catódico convencionales, entonces también la tasa de bombardeo catódico correspondiente está reducida para estas capas.

5 Un planteamiento similar siguen Nyberg et al en el documento WO03006703A1. Describen que una densidad de corriente de descarga elevada se consigue mediante una zona de bombardeo catódico reducido. Para compensar el calentamiento local superior se mueve la zona de bombardeo catódico. Nyberg et al describen además que en el caso de una aplicación industrial, la zona de bombardeo catódico reducida tiene que moverse con mayor velocidad sobre el objetivo para impedir una fusión de la superficie. Esta técnica permite emplear cualquier generador convencional. Una posibilidad se ve en dividir un objetivo en varias partes que están separadas eléctricamente entre sí. En adelante estas partes se denominan objetivos parciales. Un objetivo parcial será a este respecto un objetivo completamente independiente que está aislado de los otros objetivos parciales en particular con respecto a la exposición a potencia, sumándose las superficies de varios objetivos parciales idénticos para dar la superficie total de objetivo. Concentrándose en un instante toda la potencia sobre uno de estos objetivos parciales es no obstante posible controlar el sitio desde el que se pulveriza actualmente. Mediante la conexión y desconexión de las partes es posible funcionar bien sin componentes móviles.

Una desventaja de la disposición de Nyberg et al es el hecho de que una estructura de este tipo no puede hacerse funcionar en el modo de bombardeo catódico por magnetron convencional, dado que no es posible o es técnicamente muy costoso distribuir la potencia de un generador de manera uniforme sobre las distintas partes. En el planteamiento de Nyberg et al es desventajoso en particular también que sobre cada uno de los objetivos parciales conectables o desconectables se produce una cárcava de erosión fija. Esto significa que el aprovechamiento de objetivo es claramente peor que en comparación con los magnetrones giratorios que se describen por Wang et al.

25 Además, por el documento DE 10 2006 017 382 A1 y el documento DE 20 2010 001 497 U1 se conoce distribuir de manera simultánea o secuencial la potencia de un dispositivo de potencia de HIPIMS sobre varios cátodos. Sería por lo tanto deseable tener disponible un aparato que permite, sin tecnología de generador de pulsos costosa, llevar a cabo un procedimiento de HIPIMS, y en cambio de manera sencilla podrá cambiarse de manera sencilla a un modo de bombardeo catódico convencional.

30 De acuerdo con la invención este objetivo se consigue por que un objetivo se divide en varios objetivos parciales independientes aislados eléctricamente que se alimentan mediante una unidad de suministro de potencia que está configurada en el modo de HIPIMS como unidad maestro-esclavo. Por una configuración maestro-esclavo se entiende una agrupación paralela de las salidas de dos o varios generadores, seleccionándose la potencia que va a ajustarse en uno de los generadores (el maestro) y estando conectados los otros generadores de manera electrónica de modo que siguen al maestro en sus ajustes. Preferentemente están conectados al menos tantos generadores en configuración maestro-esclavo que hay objetivos parciales individuales aislados eléctricamente. En los objetivos parciales individuales, en el modo de HIPIMS se transmite solamente potencia hasta que esta permite su refrigeración. En el modo de HIPIMS los objetivos parciales se conectan y desconectan según la serie. Por consiguiente, la unidad de suministro de potencia en configuración maestro-esclavo no tiene que aportar nunca al mismo tiempo la potencia completa en todos los objetivos parciales. De esta manera puede emplearse un generador económico. Si se somete a bombardeo catódico de manera convencional, entonces se resuelve la configuración maestro-esclavo y para cada objetivo parcial se encuentra disponible un generador propio. Un objetivo parcial puede hacerse funcionar entonces con un generador como una fuente de bombardeo catódico independiente. Si después de la resolución de la configuración maestro-esclavo no se encuentran disponibles tantos generadores como objetivos parciales, entonces pueden permanecer desconectados de manera duradera algunos objetivos parciales o se alterna con la desconexión. De esta manera se consigue que pueda cambiarse de manera sencilla del modo de HIPIMS al modo de bombardeo catódico convencional.

50 Preferentemente, detrás de los objetivos parciales se encuentran en cada caso sistemas magnéticos móviles que se ocupan de que la pista respectiva se desplace sobre el objetivo parcial respectivo. En caso de que la instalación se haga funcionar en el modo de HIPIMS, se moverán los sistemas magnéticos de acuerdo con la invención que giran preferentemente detrás de los objetivos parciales con una frecuencia que forma preferentemente con la frecuencia del pulso de potencia repetitivo de la fuente de bombardeo catódico ninguna relación racional. Con ello está garantizado que se desprenda de manera uniforme material de la superficie de objetivo.

La invención se explica con mayor detalle a modo de ejemplo ahora en detalle y por medio las Figuras.

60 La Figura 1 muestra la superficie de un objetivo junto con la pista que se mueve tal como se emplea de acuerdo con el estado de la técnica en el bombardeo catódico convencional.

La Figura 2 muestra una primera forma de realización de la presente invención con objetivos parciales aislados eléctricamente, que presentan en cada caso un sistema magnético móvil, componiéndose la unidad de suministro de potencia por varios generadores que están conectados en configuración maestro - esclavo.

65

La Figura 3 muestra una primera forma de realización de la presente invención con objetivos parciales aislados eléctricamente, que presentan en cada caso un sistema magnético móvil, componiéndose la unidad de suministro de potencia por varios generadores que no están conectados en configuración de maestro – esclavo de modo que a cada objetivo parcial está asociado un generador y puede hacerse funcionar con el mismo como una fuente de bombardeo catódico independiente.

La Figura 4 muestra el comportamiento de enfriamiento simulado de distintos materiales de objetivo según un efecto de 50 ms de longitud de un pulso de potencia.

La Figura 5 muestra mediciones espectroscópicas en una descarga de arco voltaico en comparación con mediciones de este tipo en la descarga de plasma de acuerdo con la invención

La Figura 6 muestra mediciones espectroscópicas en la descarga de un plasma de bombardeo de DC convencional DC en comparación con mediciones de este tipo en la descarga de plasma de acuerdo con la invención

De acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, una unidad de suministro de potencia 3, a través del conmutador S1 suministra tensión y corriente en la fuente de bombardeo catódico q1 dispuesta en una cámara de vacío 4 para hacer funcionar el dispositivo de bombardeo catódico en modo de HIPIMS. La unidad de suministro de potencia 3 está formada por varios generadores g1 a g6 que están conectados en configuración maestro-esclavo. Esta puede estar diseñada como generador de DC pulsado. La fuente de bombardeo catódico q1 está diseñada como fuente de bombardeo catódico por magnetrón con objetivo parcial, estando previsto de acuerdo con una variante preferida de esta forma de realización detrás del objetivo parcial de la fuente de bombardeo catódico q1 un sistema magnético ms1 móvil, montado preferentemente de manera giratoria. En la aplicación mediante movimiento, preferentemente giro del sistema magnético ms1 se mueve la pista sobre prácticamente toda la superficie del objetivo de la fuente de bombardeo catódico q1.

En la cámara de vacío 4 se alimenta gas noble y/o gas reactivo tal como por ejemplo N₂, O₂, C₂H₄, C₂H₂, entre otras cosas para poder mantener el plasma para la descarga de bombardeo catódico. La unidad de suministro de potencia 3 proporciona una potencia de bombardeo catódico que, en caso de que se aplique de manera ininterrumpida sobre q1 se encuentra por encima del límite superior térmico de la fuente de bombardeo catódico q1. La potencia de bombardeo catódico es sin embargo adecuada para generar una descarga por magnetrón, en la que la densidad de corriente con respecto a la superficie de pista del magnetrón es superior a 0,2 A/cm².

A través de los conmutadores S2 a S6 puede aplicarse tensión y corriente en las fuentes de bombardeo catódico q2 a q6 dispuestas también en la cámara de vacío 4. Estas fuentes de bombardeo catódico son esencialmente iguales desde el punto de vista constructivo a la fuente de bombardeo catódico q1.

En conjunto, la potencia media sobre una fuente de bombardeo catódico individual no debe superar el valor dado por el límite superior térmico. Para conseguir esto, según la serie, después de un cierto tiempo, se desconecta una fuente de bombardeo catódico y se conecta la siguiente, lo que lleva a secuencias de pulsos. Si todas las fuentes de bombardeo catódico estuvieran en funcionamiento, entonces puede conectarse de nuevo la primera fuente de bombardeo catódico y comenzar de nuevo el ciclo, lo que lleva a un funcionamiento periódico. Son posibles cualesquiera sucesiones de pulsos, que permitan el cumplimiento de la potencia media máxima en el objetivo.

Los sistemas magnéticos preferentemente giratorios, que se mueven detrás de las fuentes de bombardeo catódico se mueven con una frecuencia que preferentemente con la frecuencia del pulso de potencia repetitivo aplicado en una fuente de bombardeo catódico no forma ninguna relación racional, mediante lo cual se garantiza que se desprenda de manera uniforme material de la superficie de objetivo.

Si se pasa a un bombardeo catódico convencional, entonces se abandona la configuración maestro-esclavo. A cada fuente de bombardeo catódico se asocia entonces al menos un generador. La configuración correspondiente está representada en la Figura 3. Si hay más generadores que fuentes de bombardeo catódico, entonces los generadores sobrantes pueden engancharse como esclavo a generadores ya asociados a las fuentes de bombardeo catódico.

Si hay menos generadores que fuentes de bombardeo catódico, entonces las fuentes de bombardeo catódico excedentes pueden o bien ponerse en barbecho o bien a las distintas fuentes de bombardeo catódico se impone según la serie y periódicamente una pausa de potencia, de modo que liberan un generador durante el tiempo de la pausa de potencia.

En el Ejemplo concreto se interconectaron por ejemplo 2 generadores DC AE Pinnacle con, en cada caso 20 KW en configuración maestro/esclavo. Como potencia de bombardeo catódico máxima se encontraba disponible por lo tanto 40 kW. Se usó un magnetrón redondo del tipo que se representa en la Figura 1 con un diámetro de objetivo de 150 mm. Se conectó un pulso ajustable temporalmente de 40 kW de potencia de bombardeo catódico al objetivo.

Para un objetivo de este tamaño se ha alcanzado el límite superior térmico cuando se expone, de media, a aproximadamente 5 kW. Un cálculo del desarrollo temporal de la temperatura de superficie en función del material de objetivo está representado en la Figura 4. Para una potencia de pulso de 40 kW con el uso del magnetrón descrito anteriormente puede esperarse una densidad de potencia de 600 W/cm² con respecto a la superficie de pista. En el caso de una tensión de descarga de 600 V se consigue por lo tanto una densidad de corriente de 1,67 A/cm². Tal como muestra la simulación de elementos finitos de la Figura 4, en el caso de un bombardeo catódico, la densidad de potencia es de 1000 W/cm² y una duración de pulso de 50 ms cabe esperar un aumento de temperatura de alrededor de solamente 50°C a 100°C para cobre o aluminio así como de alrededor de aproximadamente 350°C para titanio. Una fusión de la superficie y evaporación de la misma, tal como se menciona con frecuencia, puede descartarse, así es como concluye la simulación.

Después de una duración de pulso de 50 ms, la potencia total se alimenta a un magnetrón redondo adicional de construcción similar. En la estructura de acuerdo con el presente ejemplo, la cámara de vacío 6 comprende magnetrones redondos de igual construcción, que se conectan adicionalmente en cada caso según la serie. Después de un intervalo de tiempo de 300 ms se conecta adicionalmente de nuevo el primer magnetrón redondo. Los magnetrones redondos pueden estar dispuestos en la cámara de vacío de forma circular alrededor de una mesa giratoria, en la que están colocados los sustratos que van a recubrirse. La conexión adicional de los magnetrones redondos individuales puede tener lugar en un orden en contra del sentido de giro de la mesa giratoria, mediante lo cual se simula una rotación más rápida de la mesa giratoria.

El sistema magnético detrás de la superficie de objetivo gira con una frecuencia de 180 rpm. Esto significa que con una repetición de pulso que tiene lugar cada 300 ms las dos frecuencias no forman ninguna relación racional.

Con la configuración de acuerdo con la invención se consigue un aumento más fuerte de la corriente de descarga en el plazo de un breve tiempo, por ejemplo 500 µs, que se mantiene a un nivel estable durante la duración de pulso total. Procesos transitorios desventajosos, tal como aparecen normalmente en los procedimientos de HIPIMS debido a la pulsación con alta frecuencia, se evitan con el procedimiento de acuerdo con la invención. Esto se produce por lo tanto porque en el procedimiento de acuerdo con la invención la duración de pulso asciende a varios milisegundos y los procesos transitorios se vuelven despreciables.

De acuerdo con un segundo Ejemplo del procedimiento de acuerdo con la invención se aplicó en el sistema descrito anteriormente una potencia de pulso de 40 kW y una duración de pulso de 10 ms a una frecuencia de repetición de 10 Hz. A partir de esto resultó una potencia media de 4 kW por magnetrón redondo. En este caso pueden instalarse hasta 10 magnetrones redondos en la cámara de vacío, que todos pueden alimentarse con la configuración de maestro/esclavo mencionada anteriormente. El plasma de la descarga se evaluó espectroscópicamente y se comparó con el plasma de una evaporación por arco voltaico. En el ejemplo el objetivo fue un objetivo de titanio. La Figura 5 muestra los dos espectros en comparación, estando estos normalizados en cada caso en cuanto a su intensidad a la línea de Ti(0) a 365,35 nm. Ambas descargas muestran fuertes emisiones ópticas para Ti+ a 336,12 nm, 368,52 nm y la línea doble no resuelta en la Figura con 375,93 nm y 376,132 nm. Esto permite la conclusión de que el procedimiento de bombardeo catódico de acuerdo con la invención lleva a una alta ionización comparable con la evaporación por arco voltaico del material desprendido del objetivo.

De acuerdo con un tercer Ejemplo se usó como material de objetivo un titanio-aluminio con una relación del 50 % atómico de Ti y el 50 % atómico de Al. Para comparar el procedimiento de acuerdo con la invención con la técnica de bombardeo catódico convencional, se representó espectroscópicamente el plasma del recubrimiento por bombardeo catódico convencional y el plasma del procedimiento de acuerdo con la invención y se compararon entre sí. Para el recubrimiento por bombardeo catódico convencional se usó la configuración tal como se muestra en la Figura 3. Dado que para el experimento, no obstante, se encontraban disponibles únicamente 2 generadores DC, se alimentó en cada caso una fuente de bombardeo catódico con un generador, es decir, se alimentaron al mismo tiempo dos fuentes de bombardeo catódico y después de un intervalo de tiempo predeterminado se dirigieron según la serie las potencias a otras dos fuentes de bombardeo catódico. La Figura 6 muestra la comparación correspondiente. En ambos casos la potencia de bombardeo catódico media ascendió a 4 kW. Los espectros se normalizaron con respecto a las líneas de Al(0) en 394,4 nm y 396,15 nm. Destaca que en el caso de la descarga de DC convencional, faltan en gran medida las líneas para iones tales como Al+ a 390,07 nm, Ti+ en el caso de la línea doble 375,93 nm y 376,132, así como a 368,52 nm y 336,12 nm. Esto permite la conclusión de que en el procedimiento de acuerdo con la invención existe un alto grado de ionización de la materia desprendida por el objetivo.

De acuerdo con otra forma de realización de la presente invención, el procedimiento se diseña como procedimiento de magnetrón doble. A este respecto la potencia de bombardeo catódico cambia durante un pulso de los varios microsegundos se mantiene entre al menos dos magnetrones de bombardeo catódico con una frecuencia alterna de habitualmente entre 20-60 kHz, donde en cada caso cambiando la superficie de objetivo al cátodo o ánodo. Para no superar la carga térmica del objetivo se limita en el tiempo la potencia aplicada a los pares de magnetrones en cada caso cambiando después del pulso a otro par de magnetrones.

Todos los ejemplos se discutieron por medio de cátodos redondos. En cambio es evidente para el experto en la materia que el mismo concepto de la invención puede transmitirse de manera sencilla a cátodos rectangulares. Una ventaja particular de la presente invención se basa en que puede usarse un generador de DC sencillo cuya potencia total de por ejemplo 40 kW puede introducirse en la cámara de recubrimiento debido a la conexión de acuerdo con la invención del generador con las fuentes de bombardeo catódico individuales puede conseguirse al mismo tiempo un grado de ionización que puede conseguirse únicamente en el marco de un procedimiento de bombardeo catódico únicamente con generadores de pulsos altamente complejos. En formas de realización preferidas de la presente invención, en cada caso detrás de los objetivos de bombardeo catódico está previsto un sistema de campo magnético móvil, que proporciona un movimiento de la pista a través del objetivo.

El procedimiento de acuerdo con la invención y el aparato de acuerdo con la invención permite de manera sencilla el cambio del bombardeo catódico de acuerdo con la invención que lleva a una concentración de iones elevada a bombardeo catódico convencional con concentración de iones baja.

En el marco de la presente descripción se divulgó un procedimiento para generar una descarga de plasma con una densidad de corriente de descarga que al menos en algunas zonas es localmente superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$, con las etapas:

- proporcionar una unidad de suministro de potencia con una potencia máxima predeterminada
- proporcionar al menos dos fuentes de pulverización catódica por magnetrón con en cada caso pista predeterminada y límite superior térmico predeterminado, donde la pista se diseña tan pequeña que al actuar la potencia máxima de la unidad de suministro de potencia sobre en cada caso una de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón la densidad de corriente de descarga es superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$;
- por medio de la unidad de suministro de potencia alimentar una primera potencia en una primera de las al menos dos fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón durante un primer intervalo de tiempo, seleccionándose la primera potencia suficientemente grande de modo que en la fuente de bombardeo catódico por magnetrón al menos en una zona localmente se genera una densidad de corriente de descarga superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y donde el primer intervalo de tiempo se selecciona suficientemente pequeño, de modo que no se supere el límite superior térmico predeterminado de la primera fuente de bombardeo catódico por magnetrón;
- por medio de la unidad de suministro de potencia alimentar una segunda potencia en una segunda de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón durante un segundo intervalo de tiempo, donde la segunda potencia se selecciona suficientemente grande de modo que en la segunda fuente de bombardeo catódico por magnetrón al menos en una zona localmente se genera una densidad de corriente de descarga superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y donde el segundo intervalo de tiempo se selecciona suficientemente pequeño, de modo que no se supera el límite superior térmico predeterminado de la segunda fuente de bombardeo catódico por magnetrón;

caracterizado por que la unidad de suministro de potencia comprende al menos dos generadores que están conectados entre sí en configuración maestro-esclavo y por que los dos intervalos de tiempo no solapan por completo.

Pueden proporcionarse una tercera y preferentemente fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón adicionales con en cada caso pista predeterminada y en cada caso límite superior térmico predeterminado, donde las pistas están diseñadas de modo que al actuar la potencia máxima de la unidad de suministro de potencia sobre en cada caso una de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón la densidad de corriente de descarga es superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y la unidad de suministro de potencia al menos tantos generadores esclavos que el número de los generadores esclavos y el generador maestro llevan a un número de generadores, que es igual o superior al número de fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón.

Los intervalos de tiempo pueden componerse por intervalos que se repiten periódicamente y por lo tanto forman pulsos periódicos.

Detrás de al menos uno de los objetivos de las fuentes de bombardeo catódico de magnetrón puede estar previsto un sistema magnético móvil, preferentemente giratorio, que lleva a una pista en movimiento, cuya extensión es claramente menor que la superficie de objetivo, sin embargo superior al 20% de la superficie de objetivo.

Se divulgó una instalación de bombardeo catódico por magnetrón con dos o más fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón y una unidad de suministro de potencia, comprendiendo la unidad de suministro de potencia un número de generadores, que corresponde al menos al número de fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón y están previstos medios que están configurados por un lado para configurar los generadores presentes en la unidad de suministro de potencia con un maestro y al menos un esclavo y está previsto un conmutador con el que puede aplicarse la potencia de la unidad de suministro de potencia así configurada según la serie sobre las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón y los medios están configurados por otro lado para configurar la unidad de suministro de potencia como número de generadores aislados y con el conmutador la potencia en cada caso de al menos un generador puede llevarse en cada caso a una fuente de bombardeo catódico por magnetrón.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para generar una descarga de plasma con una densidad de corriente de descarga que al menos en algunas zonas es localmente superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$, con las etapas:

- 5
- proporcionar una unidad de suministro de potencia (3) con una potencia máxima predeterminada
 - proporcionar al menos dos fuentes de pulverización catódica por magnetrón (q1-q6) con en cada caso pista predeterminada y límite superior térmico predeterminado, donde la pista se diseña tan pequeña que al actuar la potencia máxima de la unidad de suministro de potencia (3) sobre en cada caso una de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón (q1-q6) la densidad de corriente de descarga es superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$;
 - 10 - por medio de la unidad de suministro de potencia (3) alimentar una primera potencia en una primera de las al menos dos fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón durante un primer intervalo de tiempo, seleccionándose la primera potencia suficientemente grande de modo que en la fuente de bombardeo catódico por magnetrón al menos en una zona localmente se genera una densidad de corriente de descarga superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y donde el primer intervalo de tiempo se selecciona suficientemente pequeño, de modo que no se supere el límite superior térmico predeterminado de la primera fuente de bombardeo catódico por magnetrón;
 - 15 - por medio de la unidad de suministro de potencia (3) alimentar una segunda potencia en una segunda de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón durante un segundo intervalo de tiempo, donde la segunda potencia se selecciona suficientemente grande de modo que en la segunda fuente de bombardeo catódico por magnetrón al menos en una zona localmente se genera una densidad de corriente de descarga superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y donde el segundo intervalo de tiempo se selecciona suficientemente pequeño, de modo que no se supere el límite superior térmico predeterminado de la segunda fuente de bombardeo catódico por magnetrón;
 - 20

25 donde los dos intervalos de tiempo no solapan por completo; caracterizado por que la unidad de suministro de potencia (3) comprende al menos dos generadores (g1-g6) que están conectados entre sí en configuración maestro-esclavo.

30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se proporcionan una tercera y preferentemente fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón adicionales con en cada caso pista predeterminada y en cada caso límite superior térmico predeterminado, donde las pistas están diseñadas de modo que al actuar la potencia máxima de la unidad de suministro de potencia sobre en cada caso una de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón la densidad de corriente de descarga es superior a $0,2 \text{ A/cm}^2$ y la unidad de suministro de potencia al menos tantos generadores esclavos que el número de los generadores esclavos y el generador maestro llevan a un número de generadores, que es igual o superior al número de fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón.

35 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que los intervalos de tiempo se componen por intervalos que se repiten periódicamente y por lo tanto pulsos periódicos.

40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que detrás de al menos uno de los objetivos de las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón se prevé un sistema magnético móvil, preferentemente giratorio, que lleva a una pista en movimiento, cuya extensión es claramente menor que la superficie de objetivo, sin embargo superior al 20% de la superficie de objetivo.

45 5. Instalación de bombardeo catódico por magnetrón con dos o más fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón (q1-q6) y una unidad de suministro de potencia (3), donde la unidad de suministro de potencia (3) comprende un número de generadores (g1-g6), que corresponde al menos al número de fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón (q1-q6), y están previstos medios, que están configurados por un lado, para configurar los generadores (g1-g6) presentes en la unidad de suministro de potencia (3) con un maestro y al menos un esclavo, y está previsto un conmutador (S1-S6), con el que puede aplicarse la potencia de la unidad de suministro de potencia así configurada (3) según la serie sobre las fuentes de bombardeo catiónico por magnetrón (q1-q6), y los medios están configurados por otro lado, para configurar la unidad de suministro de potencia (3) como número de generadores aislados, y con el conmutador la potencia en cada caso de al menos un generador puede llevarse en cada caso a una fuente de bombardeo catódico por magnetrón.

50

Figura 1

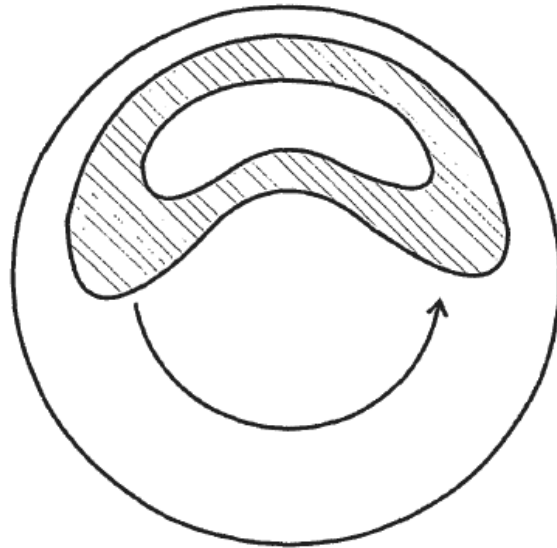


Figura 2

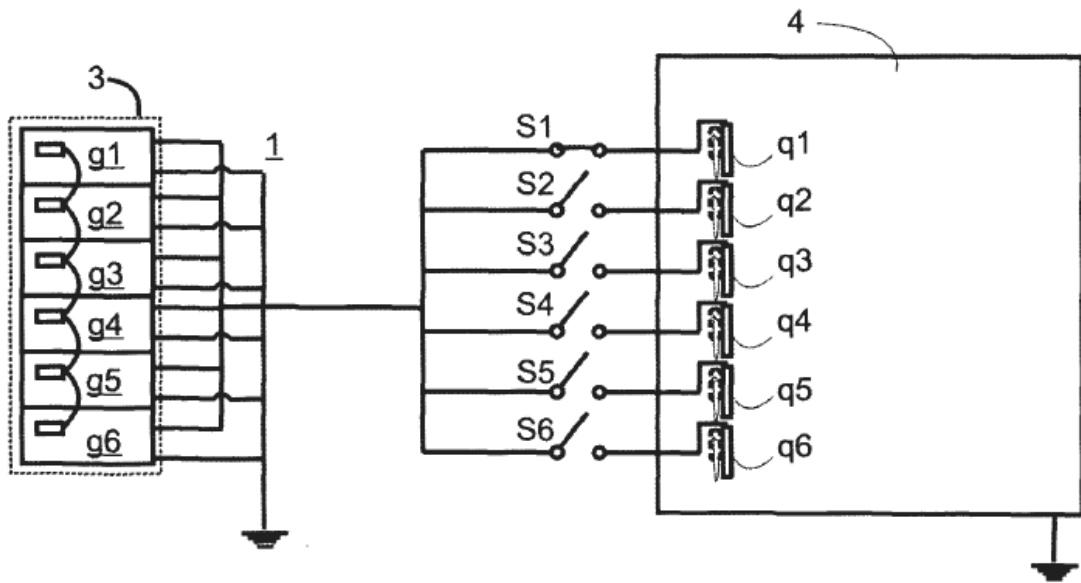


Figura 3

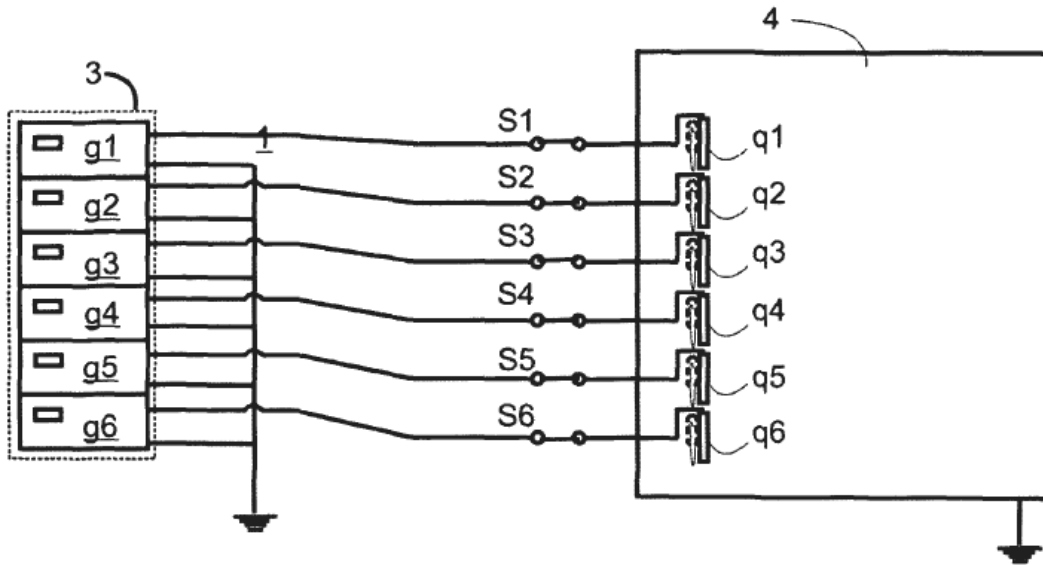


Figura 4

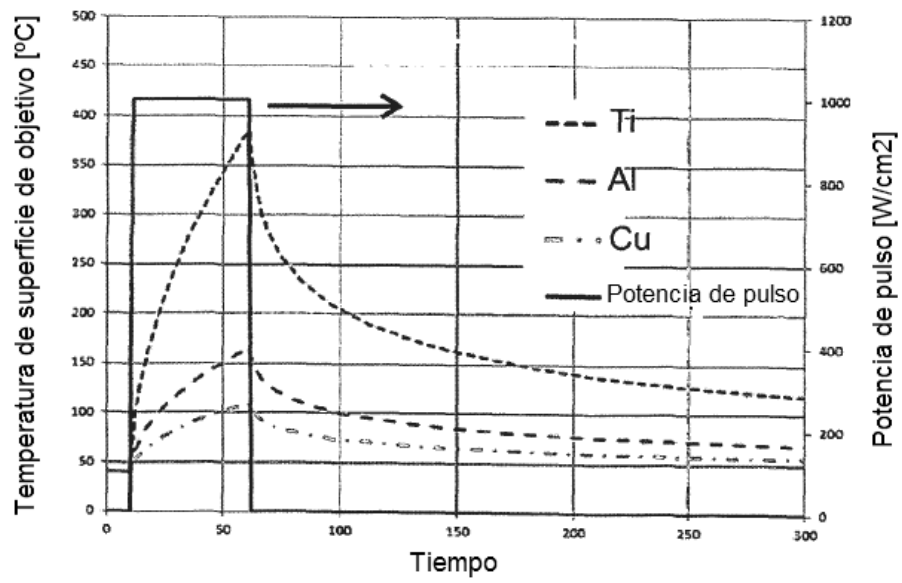


Figura 5

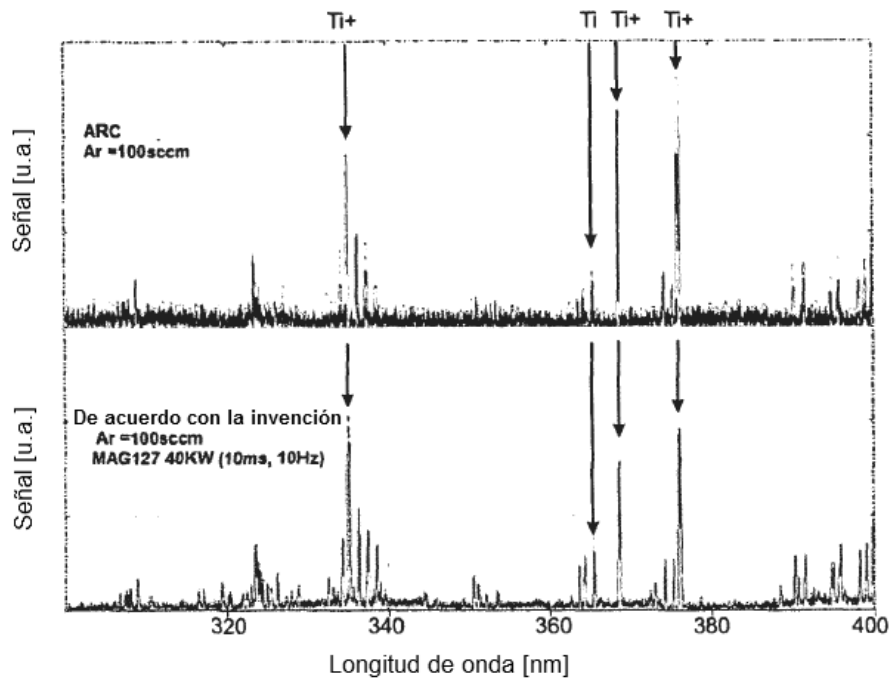


Figura 6

