

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 211**

51 Int. Cl.:  
**C23C 14/34** (2006.01)  
**H01J 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05256564 .5**  
96 Fecha de presentación: **22.10.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1650324**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.04.2006**

54 Título: **Sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico y procedimiento de revestimiento por metalización por bombardeo atómico**

30 Prioridad:  
**22.10.2004 GB 0423502**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**09.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**09.05.2012**

73 Titular/es:  
**PLASMA QUEST LIMITED  
UNIT 1B, ROSE ESTATE, OSBORN WAY  
HOOK, HAMPSHIRE RG27 9UT, GB**

72 Inventor/es:  
**No consta**

74 Agente/Representante:  
**García-Cabrerizo y del Santo, Pedro**

ES 2 380 211 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

Sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico y procedimiento de revestimiento por metalización por bombardeo atómico

5 La presente invención se refiere a aparatos que depositan por metalización por bombardeo atómico unos revestimientos de película fina sobre otras superficies y materiales.

10 Los procesos de metalización por bombardeo atómico se usan ampliamente para la deposición de películas finas de materiales sobre varios sustratos. En general, el proceso tiene lugar en el interior de una cámara de vacío en la que está presente una pequeña cantidad de gas de proceso ionizable, por ejemplo argón. A unas presiones de gas de proceso adecuadas, un plasma puede producirse a través de la ionización del gas mediante unos medios bien conocidos, por ejemplo la aplicación de un alto voltaje entre dos electrodos en el interior de la cámara. Un material objetivo, que puede formar en sí mismo el electrodo negativo (cátodo), se bombardea mediante iones de plasma  
15 positivos y si el bombardeo iónico es de suficiente energía, se expulsan átomos objetivo desde la superficie objetivo al vacío. Un sustrato colocado en el interior del sistema de vacío, normalmente en línea de visión con y cerca de la superficie objetivo que se está bombardeando, puede revestirse entonces por el material objetivo liberado.

20 Un sistema de metalización por bombardeo atómico de plasma simple, que comprende por ejemplo dos placas de metal separadas por una distancia adecuada y con un voltaje de CC apropiado entre las mismas, sólo es eficiente o útil en un estrecho intervalo de condiciones de proceso y está por lo tanto limitado en su aplicación. La evolución de la tecnología de metalización por bombardeo atómico ha mejorado en gran medida en tales sistemas simples, con la intención de conseguir unas velocidades de deposición más altas, mejor uniformidad y propiedades de las películas depositadas, y unos intervalos más amplios de los materiales que pueden metalizarse por bombardeo atómico. Por  
25 lo tanto, se conoce bien que pueden usarse unos voltajes de CA, normalmente a radiofrecuencias (RF) y habitualmente a 13,56 MHz, por ejemplo para permitir la metalización por bombardeo atómico de aislantes, y que pueden usarse campos magnéticos para confinar o dirigir los electrones de plasma, por ejemplo para aumentar de forma local la energía de plasma en el objetivo, para potenciar las velocidades de metalización por bombardeo atómico. Ha de observarse que, en general, la obtención de unas velocidades de deposición más altas es un  
30 objetivo comercial principal para los sistemas de metalización por bombardeo atómico.

A modo de ejemplo, un conjunto objetivo de metalización por bombardeo atómico de "magnetron" circular tiene un campo magnético en forma de toroide que penetra en la superficie de material objetivo, para confinar electrones de plasma e inducir un nivel de ionización local (o "densidad de plasma") mucho más alto de lo que sería posible de otro  
35 modo. Esto permite que se consigan unas altas velocidades de metalización por bombardeo atómico a bajas presiones de gas, habitualmente de 0,13 a 0,93 pascales (de  $1 \times 10^{-3}$  a  $7 \times 10^{-3}$  torr), lo que da como resultado unas altas velocidades de deposición de material sobre los sustratos y una alta calidad de las películas finas depositadas. Como resultado, los aparatos de deposición por metalización por bombardeo atómico usando diseños basados en magnetron se usan extensivamente, por ejemplo en los sectores industriales de semiconductores y  
40 optoelectrónica.

Una variante del proceso de metalización por bombardeo atómico es la metalización por bombardeo atómico reactiva, en el que un gas de proceso o un componente de una mezcla de gases de proceso reacciona con el material objetivo metalizado por bombardeo atómico o la película fina depositada para producir un material  
45 compuesto. A modo de ejemplo, un objetivo de aluminio puede metalizarse por bombardeo atómico en unas condiciones adecuadas en un golpe de plasma en una mezcla de gas de argón y oxígeno para depositar una película de óxido de aluminio.

Para aumentar adicionalmente las velocidades de deposición y la capacidad del sistema, y superar algunas de las limitaciones que imponen los sistemas de metalización por bombardeo atómico de magnetron, se conoce que una  
50 densidad de plasma de  $10^{11} \text{ cm}^{-3}$  o más, a continuación en el presente documento un "plasma de alta densidad", puede producirse de forma remota e independiente del objetivo y dirigirse a continuación hacia sus proximidades por campos eléctricos y/o magnéticos.

55 El cambio principal que resulta de usar un plasma generado de forma remota es que el conjunto objetivo de metalización por bombardeo atómico no se requiere para producir, sostener o aportar energía al plasma de alta densidad. Esto permite la eliminación del campo magnético toroidal que se usa en los diseños de magnetron con el resultado de que, con el plasma generado de forma remota que se guía hasta la superficie objetivo, la metalización por bombardeo atómico tiene lugar a lo largo de la totalidad de la superficie objetivo, no sólo el anillo de material en  
60 el interior del toroide.

Efectivamente, se mantienen las ventajas de proceso del diseño de magnetron, mientras que se elimina una desventaja principal. Para un sistema diseñado y accionado de forma adecuada, la densidad de plasma que se suministra a la superficie objetivo es comparable con, o mayor que, la que se generaría en el toroide localizado del  
65 diseño de magnetron. Debido a que todas las áreas del objetivo metalizan por bombardeo atómico, por lo tanto, el material a la misma alta velocidad que se consigue sólo de forma local en el diseño de magnetron, la velocidad de

deposición en conjunto que puede conseguirse del objetivo se aumenta en gran medida, habitualmente por un factor de 3 a 5 sobre el sistema basado en magnetrón, sustancialmente más en comparación con los sistemas de metalización por bombardeo atómico basados en "placa paralela" con alimentación de CA o CC simple.

5 Se conoce una variedad de técnicas que puede usarse para generar unos plasmas de alta densidad remotos, tal como se resume por Popov en "High Density Plasma Sources" (1995). Por ejemplo, los fenómenos de resonancia ciclotrónica (ECR) pueden usarse para producir un plasma acoplado a una fuente de microondas con un campo magnético fuerte en el vacío.

10 A modo de ejemplo adicional, las ondas de plasma de alta densidad pueden generarse por el uso de una antena externa alimentada con una señal de radiofrecuencia de 13,56 MHz, tal como se muestra en documentos originales de Boswell y posteriormente Chen. Éstos tienen la ventaja de usar unas intensidades de campo magnético inferiores en comparación con ECR, si bien requieren un cuidadoso diseño de antena y campo magnético para garantizar la producción y propagación eficientes de los electrones de "onda helicón" que se usan para generar las altas densidades de plasma.

15 Una fuente de ondas de plasma más eficiente adicional se usa en un sistema de deposición por metalización por bombardeo atómico inventado por Thwaites (patente del Reino Unido con n.º 2 343 992). Ésta utiliza una antena de cuadro arrollada de forma helicoidal en conjunción con unos campos magnéticos no lineales, tanto para producir un plasma de alta densidad como para dirigir éste a una superficie objetivo sin línea de visión con la fuente de plasma. La fuente de plasma tiene las ventajas de un diseño de antena y campo magnético más simple y más robusto que los sistemas de "helicón", y se encuentra que es más eficiente en la práctica.

20 Una limitación de la totalidad de los sistemas de metalización por bombardeo atómico que se han dado a conocer, es que el material objetivo se expulsa en un arco angular limitado, lo que limita por lo tanto el tamaño del área de revestimiento en la que pueden colocarse los sustratos. La limitación de arco angular requiere que se ensamblen unos sistemas de vacío grandes y por lo tanto costosos, para revestir de forma eficiente grandes áreas y/o un gran número de sustratos, a menudo con muchos conjuntos objetivo de metalización por bombardeo atómico.

25 Una limitación adicional de los sistemas de metalización por bombardeo atómico que se han dado a conocer son las dimensiones limitadas de la zona de metalización por bombardeo atómico de alta intensidad que restringen de ese modo la velocidad de deposición que puede conseguirse y/o limitan el número y el tamaño de los sustratos que pueden revestirse. Por ejemplo, las fuentes de magnetrón circular metalizan por bombardeo atómico sólo a partir del toroide magnético, que representa menos de un 20 % del área objetivo; un objetivo de 200 mm de diámetro, por lo tanto, no entrega más material metalizado por bombardeo atómico que entregaría un objetivo de 90 mm de diámetro si se metalizara por bombardeo atómico de manera uniforme.

30 Los sistemas de plasma remotos pueden metalizar por bombardeo atómico a partir de la totalidad de la superficie objetivo, pero requieren un tamaño de la fuente de plasma de dimensiones comparables al objetivo que va a metalizarse por bombardeo atómico. Esto limita en general el máximo tamaño de objetivo comercialmente realista a un diámetro de menos de 300 mm. Adicionalmente, los requisitos geométricos y de disposición para una ejecución con éxito de los sistemas dan como resultado que se necesitan unas separaciones de objetivo a sustrato más grandes; debido a que la velocidad de deposición disminuye de forma proporcional al cuadrado de la distancia de separación, las ganancias que se anticipan a partir de los objetivos más grandes no pueden obtenerse en la práctica.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico tal como se define mediante la reivindicación 1.

35 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de revestimiento por metalización por bombardeo atómico tal como se define mediante la reivindicación 24.

Realizaciones específicas de la invención se describirán a continuación a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

55 la figura 1 es una sección transversal esquemática de una realización preferida del aparato; y la figura 2 es una sección transversal esquemática de un conjunto objetivo alternativo.

60 En la realización preferida del aparato, una cámara de vacío **1** y unos medios de vacío controlables que bombean la cámara mediante un sistema de bombeo **2** se equipan con un sistema de generación de plasma remoto **3**, un conjunto objetivo cilíndrico **4**, una fuente de alimentación de CC **5**, un electroimán de anillo **6** y una fuente de alimentación de CC asociada **7** capaz de producir un campo magnético axial de 10 a 50 mT (de 100 a 500 Gauss), unos medios de soporte de sustrato **8**, unos conjuntos de obturador **9** y un sistema de alimentación de gas de proceso controlable **10**.

65

El sistema de generación de plasma remoto **3** comprende una antena de cuadro **11** externa a un tubo de cuarzo **12** que se monta en la cámara de vacío **1**, un electroimán de anillo **13** que rodea el tubo de cuarzo **12** en o cerca de su conexión a la cámara de vacío **1**, un generador de RF de CA de 13,56 MHz **14** y una red de adaptación de impedancia **15** que se conecta a la antena de cuadro **11**, y una fuente de alimentación de CC **16** que se conecta de forma eléctrica al electroimán de anillo **13** y en combinación, capaz de producir un campo magnético axial de 10 a 50 mT (de 100 a 500 gauss).

El conjunto objetivo cilíndrico **4** comprende una vía de paso de cámara de vacío **17** que alimenta agua y servicios eléctricos a un conjunto de montaje **18**, refrigerándose de ese modo el agua y pudiendo tener un voltaje aplicado a al mismo desde unas fuentes externas a la cámara de vacío. Adicionalmente, un material objetivo **19** se dispone en torno al conjunto de montaje **18**, lo que garantiza un contacto eléctrico y térmico por unos medios que se conocen bien en la técnica. Adicionalmente, con el fin de evitar la metalización por bombardeo atómico de la vía de paso **17** y del conjunto de montaje **18**, se proporciona una pantalla de protección **20**, que se conecta eléctricamente a tierra, en torno a estos artículos en los que éstos se montan en la cámara.

Los medios de soporte de sustrato **8** proporcionan básicamente unos medios para ubicar y sujetar los sustratos **21** que han de revestirse en el interior de la cámara de vacío. Los medios de soporte pueden ser de refrigeración por agua o incluir calefactores para controlar la temperatura de los sustratos, poder tener un voltaje aplicado a los mismos para ayudar en el control de las propiedades de la película depositada, incluir unos medios de giro y/o inclinación de los sustratos para mejorar la uniformidad, y ser capaces de desplazarse y/o de girarse por sí mismos en el interior de la cámara de vacío.

El conjunto de obturador **9** se proporciona de tal modo que, en la posición “cerrada”, la metalización por bombardeo atómico de objetivo puede tener lugar sin revestir los sustratos.

El sistema de alimentación de gas de proceso **10** comprende una o más entradas de gas para uno o más gases de proceso o mezclas de gases de proceso, pudiendo controlarse cada flujo de gas, por ejemplo, usando controladores de flujo de masa comerciales, y que opcionalmente incluyen unos colectores de distribución de mezcla de gas y/o sistemas de distribución de gas en el interior de la cámara de vacío. En la realización más simple de la invención, se prevé una única entrada de gas en la cámara de vacío, distribuyéndose a continuación el gas o los gases de proceso a todas las partes del vacío mediante procesos normales de difusión a baja presión o tuberías dirigidas.

En la presente realización, el conjunto objetivo se construye con el fin de proporcionar una superficie de material objetivo de acero inoxidable de un diámetro de 12 mm y de una longitud expuesta de aproximadamente 275 mm, y colocada en el interior del cilindro de plasma en la cámara de vacío. Los sustratos **21** que han de revestirse, que en el presente ejemplo se fabrican de vidrio, se cargan en los medios de soporte de sustrato **8** a una distancia de 110 mm con respecto al objetivo. Los conjuntos de obturador **9** se ajustan a la posición cerrada. La cámara de vacío **1** se bombea a continuación por el sistema de bombeo **2** hasta una presión de vacío apropiada para el proceso, por ejemplo de menos de  $1,3 \times 10^{-3}$  Pa ( $1 \times 10^{-5}$  torr). El sistema de alimentación de gas de proceso **10** se usa a continuación para hacer que fluya al menos un gas de proceso, por ejemplo argón, al interior de la cámara de vacío. El caudal y, opcionalmente, la velocidad de bombeo de vacío, se ajustan para proporcionar una presión de funcionamiento apropiada para el proceso de metalización por bombardeo atómico, por ejemplo de 0,4 Pa ( $3 \times 10^{-3}$  torr). Los electroimanes **6** y **13** en conjunción con sus fuentes de alimentación **7** y **16** respectivas se usan a continuación para producir un campo magnético con una intensidad de aproximadamente 10 a 30 mT (de 100 a 300 gauss) a través de la cámara de vacío.

La forma e intensidad precisas de este campo magnético están determinadas hasta cierto punto por la geometría y los requisitos precisos del resto del sistema. En el presente ejemplo, el electroimán de anillo **13** se alimenta para producir una intensidad de campo magnético de 20 mT (200 Gauss) en su centro; el electroimán de anillo **6** se alimenta para producir una intensidad de campo magnético de 20 a 25 mT (de 200 a 250 gauss) en su centro. La “polaridad” magnética de cada uno es idéntica (es decir, éstos atraen), lo que da como resultado un flujo magnético aproximadamente cilíndrico que discurre a través de la cámara.

El plasma remoto se genera aplicando una potencia de RF, por ejemplo 2 kW, desde el generador **14** hasta la antena de cuadro **11**, a través de la red de adaptación **15**. En combinación con el campo magnético que se produce tal como se describe anteriormente, esto da como resultado la producción de un plasma de alta densidad a través de la cámara y que rodea el conjunto objetivo **4**. En el presente ejemplo, las condiciones de plasma se ajustan para ser un flujo de gas argón de 18,5 sccm, un sistema de presión de vacío de 0,53 Pa ( $4 \times 10^{-3}$  torr), una potencia de RF de 0,75 kW aplicada a la antena de cuadro y el campo magnético axial del electroimán de bobina **13** a aproximadamente 20 mT (200 gauss) y el campo magnético axial del electroimán de bobina **6** a aproximadamente 25 mT (250 gauss). Esto produce un intenso plasma de argón de una coloración azul claro característica, que indica la presencia de una densidad de plasma de aproximadamente  $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ .

El sistema de generación de plasma remoto en el presente ejemplo produce un plasma cilíndrico de un diámetro de aproximadamente 80 mm, que puede guiarse al interior de la cámara de vacío y restringirse a la misma forma y diámetro aproximadamente cilíndricos mediante los electroimanes de anillo **6** y **13**. El plasma que se origina a partir

de la fuente de generación de plasma remoto puede guiarse y conformarse usando los electroimanes de anillo **6** y **13** para cubrir completamente la totalidad de la superficie de material objetivo, sin pérdida o no uniformidad de densidad de plasma, es decir, la presencia del material objetivo no bloquea o afecta perjudicialmente al plasma.

5 Una ventaja adicional del sistema que se describe en el presente documento es que el conjunto objetivo no se calienta sustancialmente, incluso en ausencia de refrigeración por agua, a pesar de estar colocado dentro del plasma de alta densidad. El plasma que se produce por el sistema de plasma remoto y que se restringe por el campo magnético no se perturba por la presencia del objetivo. Esto se debe a que, a pesar de que el plasma es cilíndrico en conjunto, la zona de generación de plasma es tubular y de un diámetro similar al del tubo de cuarzo **12**  
10 y por lo tanto no se intercepta por el objetivo de diámetro menor. Debido a que la zona de generación de plasma es también la zona hacia la que se dirige la mayor parte de la energía del sistema de generación de plasma remoto, sólo los artículos que interceptan esta zona se calientan sustancialmente.

15 La fuente de alimentación de CC **5** se usa a continuación para aplicar un voltaje de polaridad negativa al conjunto objetivo cilíndrico **4**. Esto da como resultado que los iones a partir del plasma en las proximidades del objetivo se atraigan hacia el objetivo y, si el voltaje se encuentra por encima del valor umbral de metalización por bombardeo atómico para el material objetivo (habitualmente en exceso de 65 voltios), tendrá lugar la metalización por bombardeo atómico del material objetivo. Debido a que la velocidad de metalización por bombardeo atómico para el presente sistema a modo de ejemplo es aproximadamente proporcional al voltaje por encima de este valor umbral,  
20 se aplicarán normalmente unos voltajes de 600 voltios o más; para aplicaciones de muy alta velocidad, pueden usarse unos voltajes más altos, por ejemplo de 1.200 voltios.

En el presente ejemplo, un voltaje de CC de polaridad negativa de 500 V se aplica al conjunto objetivo (y de ese modo al material objetivo) durante un periodo de un minuto, usando la fuente de alimentación de CC **5**. La densidad de plasma que se requiere para producir esta corriente es del orden de  $1,76 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ .  
25

Después de un retardo de tiempo opcional, para permitir que la superficie objetivo se limpie y se estabilice, por ejemplo de **5** minutos, los conjuntos de obturador **9** se ajustan a la posición abierta para exponer la superficie de substratos **21** que está orientada hacia el conjunto objetivo cilíndrico al material metalizado por bombardeo atómico, revistiendo de ese modo las superficies de substrato con una película del material objetivo **19**. Después de un periodo determinado por el espesor de película requerido y la velocidad de deposición en la superficie de substrato, los conjuntos de obturador **9** se ajustan a la posición cerrada y cesa la deposición sobre los substratos.  
30

Los varios flujos de gas y fuentes de alimentación pueden apagarse a continuación, según se requiera, y ventilarse el sistema de vacío a la presión atmosférica usando un gas apropiado, por ejemplo nitrógeno o aire, para permitir la recuperación y el uso posterior de los substratos revestidos.  
35

Usando un sistema tal como se describe en el presente documento, y usando acero inoxidable como material objetivo, pueden revestirse substratos con una película de acero inoxidable de 70 nm de espesor, que se corresponde con una velocidad de deposición de  $1,17 \text{ nm} \cdot \text{s}^{-1}$ , definiendo el área de deposición un cilindro que rodea el conjunto objetivo, siendo la deposición uniforme para una longitud de aproximadamente 150 mm en sentido longitudinal. Por lo tanto, el área sobre la que pueden colocarse los substratos para un revestimiento uniforme es de aproximadamente  $1 \times 10^5 \text{ mm}^2$ .  
40

45 En un sistema de la técnica anterior, funcionando la misma fuente de plasma en unas condiciones similares y estando dirigida sobre un objetivo plano con un diámetro de 100 mm a través de una curva de 90 grados inducida de forma magnética y polarizada con una polaridad negativa a un voltaje de 500 V, produciría una velocidad de deposición de menos de  $0,3 \text{ nm} \cdot \text{s}^{-1}$  sobre un área de deposición uniforme de aproximadamente  $8 \times 10^3 \text{ mm}^2$ .

50 De este modo, un sistema de deposición por metalización por bombardeo atómico tal como se describe en el presente documento produce una velocidad de deposición de aproximadamente cuatro veces la de un sistema de deposición del estado de la técnica, accionado de forma comparable por metalización por bombardeo atómico sobre un área más de doce veces mayor. Por lo tanto, para una configuración dada, éste produce un aumento de casi cincuenta veces en la capacidad de deposición.  
55

Por lo tanto, en el presente documento se describe un sistema en el que un objetivo sustancialmente cilíndrico dimensionado de forma adecuada se coloca dentro de un plasma cilíndrico que se origina a partir de una fuente de plasma remoto, lo que proporciona una mejora dramática en la velocidad de deposición y en el área de deposición. El hecho de que el plasma cilíndrico no se extinga colocando el objetivo dentro de éste se debe a que el tubo de generación de plasma se encuentra fuera de, y en torno a, el objetivo. Esta configuración maximiza la eficiencia con la que se usa el plasma, debido a que la superficie objetivo se encuentra cerca de la totalidad del tubo de generación de plasma que se propaga a través de la cámara de vacío.  
60

65 En una primera realización alternativa de la invención, el material objetivo **19** y el conjunto de montaje **18** son de una sección transversal externa no circular, por ejemplo hexagonal. Esto podría preferirse frente a la sección transversal sustancialmente circular de la realización original, con el fin de, por ejemplo, hacer la construcción más sencilla o

proporcionar una uniformidad de deposición mejorada a los sustratos.

5 En una segunda realización alternativa de la invención, que se muestra en la figura 2, el único material objetivo **19** se sustituye por dos o más materiales objetivo diferentes, por ejemplo los tres materiales objetivo **22**, **23** y **24**, en un conjunto de montaje de sección transversal hexagonal **18**, con el fin de dirigir unos revestimientos de material diferentes a zonas diferentes de la cámara de vacío.

10 El conjunto objetivo puede incluir opcionalmente unos medios para hacer que éste gire alrededor de su eje longitudinal. Esto permite, por ejemplo, la redirección a voluntad de los materiales a unas posiciones de sustrato diferentes, y proporciona por lo tanto una base para la deposición secuencial de diferentes materiales de película fina sobre los sustratos. Alternativamente, el giro puede ser continuo y lo bastante rápido, por ejemplo de 100 rpm, como para que los sustratos reciban de forma efectiva un revestimiento de película fina que sea una mezcla de los materiales objetivo. Estas dos capacidades tienen una amplia aplicación en el sector industrial de los revestimientos de película fina.

15 En una tercera realización alternativa de la invención, la pantalla de protección de objetivo **20** se extiende para cubrir la totalidad de la longitud del material objetivo y el conjunto de montaje e incluye unas aberturas que permiten de ese modo que el plasma interactúe con, y metalice por bombardeo atómico, el objetivo, sólo en estos lugares, lo que de ese modo limita y define las zonas objetivo que van a metalizarse por bombardeo atómico y la zona de la cámara de vacío en el interior de la que tiene lugar la metalización por bombardeo atómico. La presente realización es especialmente útil cuando se combina con un objetivo que comprende varios materiales objetivo y medios de giro, tal como se ha descrito anteriormente, debido a que ésta es capaz de reducir la contaminación cruzada de los materiales en los sustratos.

25 Se prevén realizaciones alternativas adicionales. Por ejemplo, la fuente de generación de plasma remoto sólo necesita proporcionar una zona de generación tubular en su salida a la cámara de vacío y, por lo tanto, podría preverse por ejemplo mediante una fuente de antena de "helicón". Podrían usarse unas radiofrecuencias alternativas, por ejemplo de 40 MHz, para alimentar la antena de fuente de plasma remoto. Podrían usarse más de dos electroimanes o imanes permanentes para guiar y confinar el plasma; por ejemplo, podría usarse un electroimán adicional, colocado entre los que se muestran en la realización preferida, para mejorar el confinamiento magnético y permitirse de ese modo que se use una longitud de objetivo más larga, con un aumento proporcional en el área de deposición en la que podrían colocarse los sustratos.

35 El sistema puede usarse también en un proceso de metalización por bombardeo atómico reactiva, que es un proceso en el que un vapor o gas reactivo se introduce a través del sistema de alimentación de gas **10** para que reaccione con el material o materiales objetivo metalizado(s) por bombardeo atómico y deposite de ese modo una película fina de compuesto sobre el sustrato. Por ejemplo, puede introducirse gas oxígeno en el proceso de metalización por bombardeo atómico con cualquiera de las realizaciones que se describen anteriormente, con el fin de depositar películas finas de óxido, para depositar, por ejemplo, alúmina, por metalización por bombardeo atómico de un objetivo de aluminio en presencia de gas oxígeno o sílice por metalización por bombardeo atómico de un objetivo de silicio en presencia de gas oxígeno.

40

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico que comprende:

- 5 una cámara de vacío;
- unos medios para generar un vacío en la cámara de vacío;
- un sistema de alimentación de gas acoplado a la cámara de vacío;
- un sistema para confinar y guiar un plasma de gas en el interior de la cámara de vacío;
- 10 un conjunto objetivo de metalización por bombardeo atómico ubicado en el interior de dicha cámara, teniendo el conjunto objetivo una sección transversal externa circular o no circular definida por una superficie exterior del conjunto objetivo;
- un sistema de formación de plasma de gas para formar el plasma de gas, estando el sistema de formación de plasma de gas acoplado a la cámara de vacío lejos del conjunto objetivo, teniendo el sistema de formación de plasma de gas una salida a la cámara de vacío y una zona de generación de plasma que es
- 15 tubular en dicha salida a la cámara de vacío; y
- un sistema para aplicar un voltaje de polaridad negativa a la superficie del material que va a metalizarse por bombardeo atómico de tal modo que tiene lugar la metalización por bombardeo atómico,

**caracterizado por que:**

- 20 el material que va a metalizarse por bombardeo atómico forma al menos la superficie exterior del conjunto objetivo; y
- el conjunto objetivo se coloca de tal modo que la superficie exterior se rodea por el plasma en el interior de la cámara de vacío.

25 2. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto objetivo es cilíndrico.

30 3. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conjunto objetivo tiene una sección transversal poligonal.

35 4. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el conjunto objetivo comprende un conjunto de montaje alargado (18) y material objetivo (19) dispuesto en torno a y a lo largo del conjunto de montaje.

5. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la superficie del conjunto objetivo comprende más de un tipo de material que va a metalizarse por bombardeo atómico.

40 6. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho sistema para confinar y guiar el plasma comprende al menos dos electroimanes, pudiendo controlarse al menos uno de dichos electroimanes.

45 7. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dichos electroimanes tienen una polaridad magnética idéntica.

50 8. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, en el que dicho sistema comprende un primer electroimán en un primer extremo de dicha cámara de vacío y un segundo electroimán en un segundo extremo de dicha cámara de vacío.

9. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicho sistema comprende además un tercer electroimán entre dichos electroimanes controlables primero y segundo.

55 10. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que al menos uno de dichos electroimanes es permanente.

60 11. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicho voltaje de polaridad negativa se aplica de forma continua.

12. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicho voltaje de polaridad negativa se aplica de forma intermitente.

65 13. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicho voltaje aplicado a dicho material es una radiofrecuencia.

14. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el sistema de formación de plasma acelera electrones de plasma hasta energías de ionización y al interior de la cámara de vacío a través de la interacción de una antena de radiofrecuencia y un campo magnético.
- 5 15. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que el sistema de formación de plasma incluye una fuente de antena de helicón.
- 10 16. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el plasma se restringe y se guía a través de la cámara de vacío a lo largo de un eje en línea recta.
- 15 17. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que el plasma que produce la fuente de plasma tiene una densidad en exceso de  $10^{10}$   $\text{cm}^{-3}$  en uno o más puntos en el interior de la cámara de vacío.
- 20 18. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que el conjunto objetivo puede girarse.
- 25 19. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que el conjunto objetivo comprende un conjunto de montaje refrigerado por agua sobre el que se dispone el material objetivo, y el conjunto de montaje se conecta a una fuente de voltaje.
- 30 20. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, en el que el conjunto objetivo incluye una pantalla de protección para proteger el conjunto de montaje.
- 35 21. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 20, en el que la pantalla de protección cubre además el material objetivo, y la pantalla de protección define unas aberturas a través de las cuales se introduce el plasma y sale material metalizado por bombardeo atómico.
- 40 22. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, que además comprende una pluralidad de sustratos colocados en torno al conjunto objetivo.
- 45 23. Un sistema de recubrimiento por metalización por bombardeo atómico de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el sistema de alimentación de gas se configura para introducir un gas en el interior de dicha cámara de vacío de tal modo que tiene lugar una metalización por bombardeo atómico reactiva.
- 50 24. Un procedimiento de revestimiento por metalización por bombardeo atómico, que comprende las etapas de:  
montar un conjunto objetivo en forma de prisma en el interior de una cámara de vacío, teniendo dicho conjunto objetivo una superficie exterior que comprende de material objetivo de tal modo que el conjunto objetivo tiene una sección transversal poligonal externa definida por dicho material objetivo;  
producir un vacío en el interior de una cámara;  
hacer que fluya un gas de proceso en el interior de dicha cámara;  
producir un campo magnético a través de dicha cámara;  
generar plasma en el interior de dicha cámara lejos del conjunto objetivo, de tal modo que dicho plasma tiene una forma tubular, y el campo magnético confina y guía el plasma de tal modo que éste rodea la superficie exterior del conjunto objetivo; y  
aplicar un voltaje de polaridad negativa al conjunto objetivo en forma de prisma, de tal modo que dicho material objetivo se metaliza por bombardeo atómico.

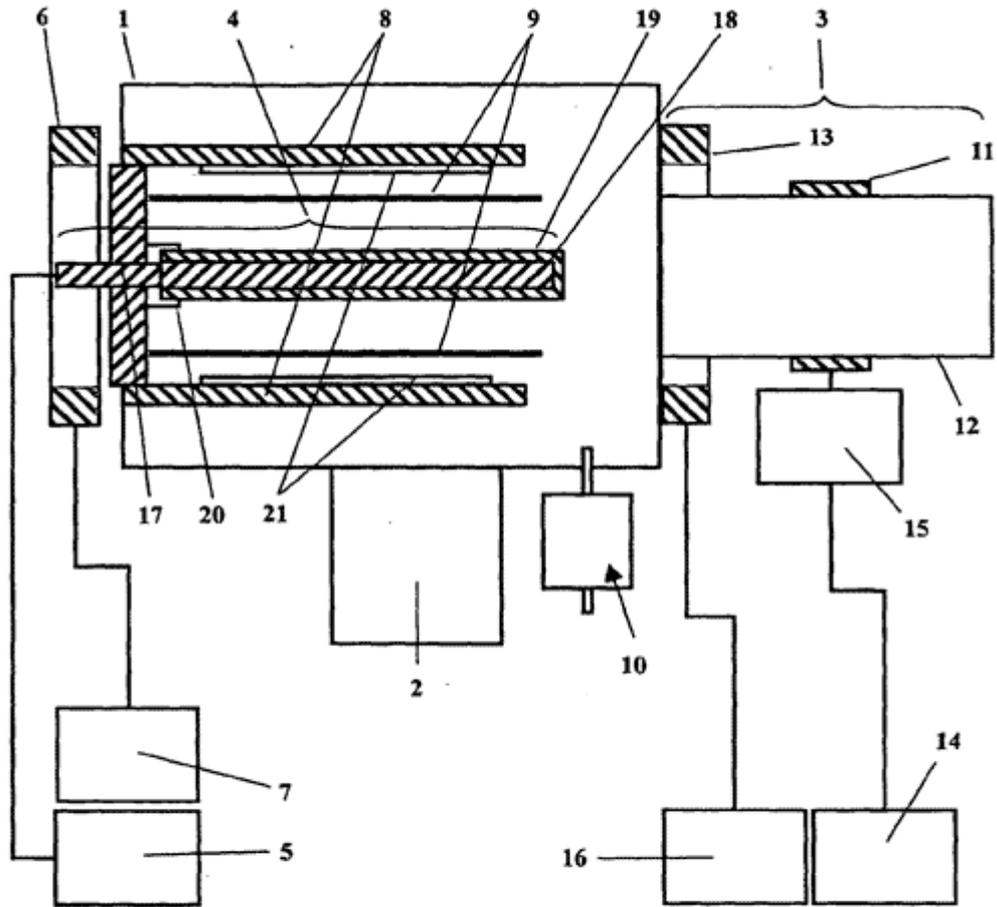


FIGURA 1

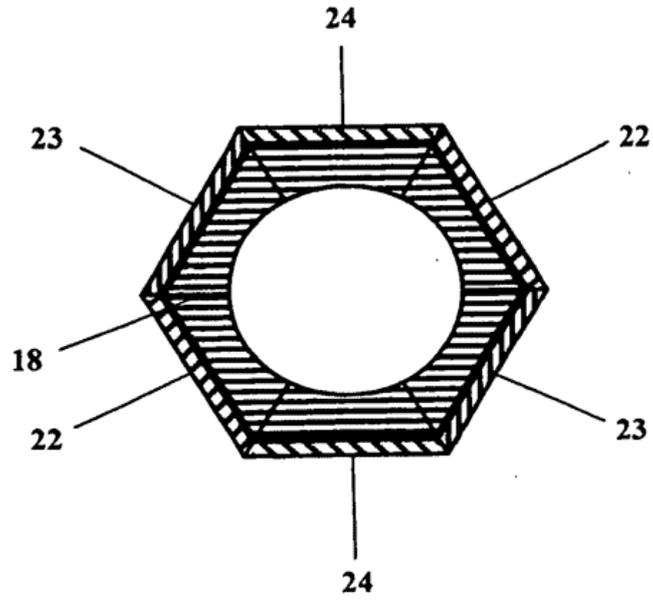


FIGURA 2