

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 114**

51 Int. Cl.:

H01J 37/34 (2006.01)

C23C 14/35 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2011 PCT/DE2011/001744**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12051980**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2011 E 11813313 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2630650**

54 Título: **Fuentes de pulverización catódica a alta presión con blancos grandes y procedimiento de pulverización catódica**

30 Prioridad:
22.10.2010 DE 102010049329

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.02.2017

73 Titular/es:
**FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (100.0%)
52425 Jülich, DE**

72 Inventor/es:
**FALEY, MIKHAIL y
POPPE, ULRICH**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 602 114 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

Fuentes de pulverización catódica a alta presión con blancos grandes y procedimiento de pulverización catódica.

Estado de la técnica

5 En la pulverización catódica se establece primeramente una cámara de pulverización catódica y luego se establece una atmósfera de un gas de pulverización catódica con una presión definida. En las proximidades de un blanco de pulverización catódica instalado sobre un cabezal de pulverización catódica y que se mantiene en general a potencial negativo se enciende una descarga del gas de pulverización catódica. A partir de los átomos o moléculas eléctricamente neutros del gas de pulverización catódica se produce entonces un plasma de pulverización catódica a base de iones positivamente cargados y electrones libres. Los iones positivamente cargados son acelerados por el potencial negativo del blanco hacia su superficie y golpean y expulsan allí, por transferencia de impulsos, material que vuela en parte, debido al retroceso, en dirección al sustrato que se debe revestir y que se deposita allí. Al mismo tiempo, se liberan por este bombardeo electrones del blanco que son acelerados por el campo eléctrico en dirección al plasma de pulverización catódica y que ionizan allí otros átomos o moléculas del gas de pulverización catódica por medio de colisiones. Se obtiene de esta manera el propio plasma de pulverización catódica.

15 Para poder revestir sustratos relativamente grandes en una sola operación se aspira a emplear blancos de pulverización catódica más grandes. No obstante, al aumentar el tamaño del blanco se hace cada vez más inestable el plasma. Esto se contrarresta en la pulverización catódica magnetronica haciendo que el plasma sea atravesado por las líneas de campo de un campo magnético permanente. Este campo discurre generalmente, en el caso de blancos de pulverización catódica redondos, entre un anillo magnético permanente instalado en el borde del alojamiento para el blanco de pulverización catódica y otro imán permanente instalado en el centro de este alojamiento del blanco. Una parte del campo de dispersión magnético discurre entonces en líneas de campo curvadas a través del espacio en el que se encuentra el plasma de pulverización catódica. Este campo de dispersión magnético fuerza a los electrones libres hacia largas trayectorias cicloides transversales a los campos eléctricos y magnéticos a través del plasma de pulverización catódica, en donde éstos ionizan átomos del gas de pulverización catódica por efecto de un gran número de colisiones y contribuyen así a la obtención del plasma.

20 Es desventajoso el hecho de que este procedimiento funciona tan sólo a una presión relativamente pequeña. A mayor presión, la longitud media de recorrido libre de los electrones es demasiado pequeña, con lo que éstos se acumulan solamente allí donde el campo magnético tiene la máxima intensidad. En el sitio en el que este campo es más débil, resulta también más débil el plasma. Como resultado, el espesor del plasma de pulverización catódica sobre la superficie del blanco de pulverización catódica carece de homogeneidad. En un caso extremo, el plasma se descompone en varias partes separadas una de otra que están localizadas en su mayor parte al lado de los polos magnéticos del imán permanente.

30 Sin embargo, se necesita una presión más alta especialmente para la pulverización catódica de capas oxídicas en atmósfera de oxígeno. Por un lado, la longitud media acortada de recorrido libre conduce indeseablemente a que se proyecten menos iones oxígeno negativos por efecto de la repulsión desde el blanco hacia el sustrato y éstos dañen allí la capa ya depositada o produzcan una erosión no estequiométrica (efecto de repulverización catódica). Por otro lado, es ventajosa una presión alta para transmitir del blanco al sustrato una capa oxídica durante la deposición con la estequiometría correcta. Algunos materiales pueden formar en general una fase estequiométrica estable en la capa depositada únicamente a una presión parcial de oxígeno relativamente alta.

40 Se conoce por el documento US 6432285 B1 un cabezal de pulverización catódica con un alojamiento para un blanco de pulverización catódica y una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de fuerza que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica y entran nuevamente en ésta, estando el polo Norte y el polo Sur de al menos una fuente de campo magnético - entre los cuales se forma el campo de dispersión - separados 10 mm o menos uno de otro.

45 Se conoce por el documento WO 2009/157186 A1 un procedimiento de deposición por pulverización catódica de un material de blanco sobre un sustrato a una presión de 0,5 mbar o más, en el que se forma entre la superficie del blanco y el sustrato un plasma del gas de pulverización catódica, y en el que los electrones emitidos por la superficie del blanco en dirección al plasma son desviados dentro del plasma por las líneas de campo de una o varias fuentes de campo magnético, cuyo polo Norte y cuyo polo Sur están separados 10 mm uno de otro, aumentando la intensidad de las fuentes de campo magnético desde el centro hacia el borde de la superficie del blanco.

50 El documento WO 2009/078094 A1 revela un cabezal de pulverización catódica con un alojamiento para un blanco de pulverización catódica y una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de campo que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica y entran nuevamente en ésta, estando el polo Norte y el polo Sur de al menos una fuente de campo magnético - entre los cuales se forma el campo de dispersión - separados 10 mm o menos uno de otro.

Problema y solución

Por tanto, el problema de la invención consiste en proporcionar un cabezal de pulverización catódica que genere a alta presión un plasma estable sobre toda la superficie del blanco de pulverización catódica. Otro problema de la invención consiste en proporcionar un procedimiento con el que se pueda depositar material del blanco a alta presión sobre un sustrato con un espesor de capa homogéneo.

Estos problemas se resuelven según la invención por medio de un cabezal de pulverización catódica según la reivindicación principal y la reivindicación paralela, así como con un procedimiento según otra reivindicación paralela. Otras ejecuciones ventajosas se desprenden de las respectivas reivindicaciones subordinadas referidas a ellas.

Objeto de la invención

En el marco de la invención se ha desarrollado un cabezal de pulverización catódica con una superficie de alojamiento para un blanco de pulverización catódica (superficie de alojamiento del blanco) sobre un portablanco (cuerpo de base). La superficie de alojamiento del blanco puede tener también una curvatura cualquiera, teniendo la forma de un plano varias ventajas desde un punto de vista práctico. Para la pulverización catódica se puede, por ejemplo, soldar, pegar o sinterizar fijamente el blanco sobre la superficie de alojamiento del mismo. El cabezal de pulverización catódica presenta una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de campo que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica y entran nuevamente en ésta.

Según la invención, el polo Norte magnético y el polo Sur magnético de al menos una fuente de campo magnético, entre los cuales se forma el campo de dispersión magnético, están separados uno de otro 10 mm o menos, preferiblemente 5 mm o menos y muy especialmente de preferencia alrededor de 1 mm. El límite pertinente inferior para esta distancia viene determinado por la distancia entre el blanco de pulverización catódica y el plasma de pulverización catódica (espacio oscuro catódico). El campo magnético debe prolongar el recorrido de los electrones a través del plasma de pulverización catódica para aumentar la probabilidad de que se ionicen más átomos del gas de pulverización catódica a lo largo de este recorrido. A este fin, dicho campo tiene que extenderse a través del espacio oscuro catódico hasta el interior del plasma de pulverización catódica. El cabezal de pulverización catódica según la invención está pensado para mejorar la pulverización catódica a una alta presión de 0,5 mbar o más, preferiblemente de 1 mbar o más. A tal presión, el espacio oscuro catódico se extiende típicamente a lo largo de algunas décimas de milímetro. Para ejercer una influencia sobre el plasma, el campo magnético tiene que superar tanto este espacio oscuro como también la separación de la superficie del blanco hasta el imán permanente.

Típicamente, 0,8 mm, de preferencia alrededor de 1 mm, parecen ser entonces la mínima distancia técnicamente conveniente entre el polo Norte magnético y el polo Sur magnético. En este caso, con la distancia entre el polo Norte y el polo Sur en la que ambos se extienden espacialmente en general en cierto grado se entiende siempre la distancia más corta. La pequeña distancia entre el polo Norte y el polo Sur localiza el campo magnético y maximiza los componentes del campo de dispersión a lo largo de la superficie de alojamiento del blanco, es decir, la proyección del campo de dispersión sobre la superficie de alojamiento del blanco.

Se ha reconocido que, precisamente en la pulverización catódica a una alta presión entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 5 mbar a través de este campo magnético localmente eficaz, pueden adaptarse localmente el grado de ionización del plasma de pulverización catódica y así también la tasa de erosión sobre el blanco de pulverización catódica. A este fin, los inventores se aprovechan del hecho de que la distancia entre el blanco de pulverización catódica y el plasma de pulverización catódica (espacio oscuro catódico) viene determinada por la longitud media del recorrido libre para los electrones y los iones del gas de pulverización catódica, la cual depende a su vez fuertemente de la presión. A una presión más baja en torno a 10^{-2} mbar o menos, el espacio oscuro catódico puede tener una extensión de varios centímetros. Las trayectorias cicloides largas de los electrones en el campo de dispersión magnético hacen que, ya a una menor separación del blanco, sean más probables las colisiones entre los electrones y los átomos del gas de pulverización catódica. Se ioniza así antes el plasma; por tanto, se reduce algo el espacio oscuro catódico. A una presión del gas de pulverización catódica de 10^{-2} mbar o menos se puede comprimir el espacio oscuro catódico, pero incluso con campos magnéticos muy fuerte apenas se puede comprimir la extensión del espacio oscuro catódico por debajo de 1 cm. Un campo magnético localizado de la manera reivindicada está también tan fuertemente localizado en la dirección espacial perpendicular a la superficie del alojamiento del blanco que solamente una fracción de las líneas de campo avanza a través del espacio oscuro catódico hasta el interior del plasma de pulverización catódica y allí es muy débil la intensidad del campo magnético. Por tanto, los electrones emitidos por la superficie del blanco de pulverización catódica no pueden ser conducidos a lo largo de estas líneas catódicas a través del plasma de pulverización catódica, con lo que dichos electrones contribuyen tan sólo en pequeña medida a la ionización adicional de este plasma.

Por el contrario, a una presión comprendida entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 5 mbar está entonces más presente un espacio oscuro catódico del orden de magnitud de menos 1 mm o incluso menos de 0,1 mm que puede ser atravesado sin problemas por el campo localizado. Los electrones emitidos por la superficie del blanco se

conducen principalmente a través del plasma en un movimiento de precisión transversal a las líneas de campo del campo magnético (trayectorias cicloides), con lo que se prolonga su recorrido dentro del plasma. Se produce un número incrementado de colisiones entre los electrones y los átomos o moléculas del gas de pulverización catódica, con lo que éste se ioniza más fuertemente. Los iones positivamente cargados son atraídos por el cabezal de pulverización catódica negativamente cargado y contribuyen a la erosión del material. En la pulverización catódica de radiofrecuencia (pulverización catódica RF) se aumenta también localmente de manera semejante el grado de ionización por medio del campo de dispersión magnético local. En la pulverización catódica RF se aplica entre el alojamiento del blanco y masa, en lugar de un potencial negativo, un campo alterno de alta frecuencia. Durante la semionda positiva del campo alterno se polariza siempre el blanco, y durante la semionda negativa se erosiona material. De esta manera, se pueden emplear también aisladores como materiales de revestimiento.

Mediante el campo magnético localmente operativo se pueden adaptar así localmente el grado de ionización del plasma y así también la tasa de erosión durante la pulverización catódica. Como consecuencia de esto, con el cabezal de pulverización catódica según la invención y con parámetros por lo demás iguales se pueden producir capas sobre el sustrato con un espesor de capa más homogéneo que el obtenido con cabezales de pulverización catódica según el estado de la técnica.

Dado que el grado de ionización del plasma de pulverización catódica está distribuido más homogéneamente que en los cabezales de pulverización catódica según el estado de la técnica, se pueden utilizar mayores cantidades de plasma de pulverización catódica y así también mayores blancos de pulverización catódica, de modo que se pueden revestir piezas de trabajo de mayor tamaño en una sola operación. Además, como efecto secundario se desgasta más homogéneamente el blanco. En la pulverización catódica magnetrónica convencional la erosión está concentrada, por ejemplo, en una estría de forma circular; si el blanco está completamente perforado en este sitio, tiene que ser recambiado, aun cuando únicamente se haya erosionado una fracción de su masa total.

Estos efectos se manifiestan en medida especial cuando se utilizan un blanco de pulverización catódica y/o un sustrato que son sustancialmente más grandes que la distancia entre el blanco de pulverización catódica y el sustrato. A presiones de pulverización catódica a partir de aproximadamente 0,5 mbar, esta distancia asciende solamente a alrededor de 10-30 mm.

Se ha reconocido también que en la pulverización catódica magnetrónica según el estado de la técnica la tasa de erosión no homogénea es la entrada a un proceso de autorrefuerzo que desestabiliza el plasma de pulverización catódica cuando se emplean blancos de mayor tamaño. En el plasma de pulverización catódica se produce permanentemente calor que calienta también el blanco. Esto se cumple especialmente cuando se realiza la pulverización catódica a alta presión y el espacio oscuro catódico entre el plasma y el blanco es muy delgado. Como quiera que los iones del gas de pulverización catódica son atraídos por el potencial negativo del blanco, fluye entonces durante la pulverización catódica una corriente positiva en dirección al blanco. Cuando se realiza la pulverización en una atmósfera de oxígeno, se repelen por el blanco adicionalmente los iones oxígeno negativos, lo que corresponde a otra componente de corriente positiva en dirección al blanco. El blanco opone a la corriente total una resistencia que disminuye al aumentar la temperatura, especialmente en blancos semiconductores. Por tanto, en el sitio en que el blanco está ya más caliente se concentra una mayor proporción de la corriente de pulverización catódica. En cambio, se extrae corriente de otros sitios del blanco. En blancos más pequeños unas corrientes de compensación dentro del blanco actúan aún en contra de este proceso. Sin embargo, esto ya no es suficiente en blancos más grandes, de modo que se desploma el plasma de pulverización catódica en los lugares del blanco en los que reina una falta de corriente de pulverización catódica. Como quiera que ahora, según la invención, se proporcionan de antemano una ionización homogénea del plasma y, por tanto, una tasa de erosión homogénea, no se produce en el blanco una distribución desigual de la corriente de pulverización catódica que pudiera reforzarse ella misma de esta manera. Por tanto, con el cabezal de pulverización catódica según la invención se pueden pulverizar catódicamente blancos más grandes que en la pulverización catódica magnetrónica convencional.

Con el cabezal de pulverización catódica según la invención se puede adaptar también la erosión del material del blanco de pulverización catódica en el sentido de que algunas áreas del blanco permanezcan protegidas frente a la erosión. Ventajosamente, en la proyección del campo de dispersión de cada fuente de campo magnético sobre la superficie del alojamiento del blanco la zona en la que está concentrado al menos un 90% de la intensidad de campo está completamente fuera de una zona prefijada que debe quedar protegida contra la erosión del material. Como zona de esta clase puede estar prefijada, por ejemplo, la zona del borde (por ejemplo, un 20% o menos, preferiblemente un 10% o menos y de manera especialmente preferida un 5% o menos) de un blanco de pulverización catódica redondo cuando la superficie de alojamiento del blanco para el blanco de pulverización catódica esté rodeada por un blindaje destinado a limitar espacialmente la erosión del material al blanco de pulverización catódica. No se desea entonces que el plasma de pulverización catódica se aproxime demasiado a la rendija entre el alojamiento del blanco y el blindaje, ya que esto puede conducir a descargas disruptivas.

La idea general de la invención es la de compensar las faltas de homogeneidad en el espesor del plasma de pulverización catódica influyendo localmente sobre el plasma de pulverización catódica con campos magnéticos locales. Importa en este caso que, en contraste con la pulverización catódica magnetrónica según el estado de la

- técnica, la zona de la superficie del blanco influenciada por una fuente de campo magnético sea pequeña en comparación con el área total de la superficie del blanco. Por tanto, la invención se refiere también a un cabezal de pulverización catódica con un alojamiento para un blanco de pulverización catódica y una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de campo que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica y entran nuevamente en éste, caracterizándose este cabezal de pulverización catódica por el hecho de que en la proyección del campo magnético de al menos una fuente de campo magnético sobre la superficie de alojamiento del blanco al menos un 90%, preferiblemente al menos un 95% de la intensidad de campo están concentrados en una proporción de la superficie de un 10% o menos, preferiblemente un 5% o menos y de manera muy especialmente preferida un 1% o menos de la superficie de alojamiento del blanco.
- La influenciación local del plasma de pulverización catódica con campos magnéticos locales mejora la homogeneidad del revestimiento tanto más cuanto más grande sea el blanco de pulverización catódica. Por tanto, la superficie de alojamiento del blanco está configurada ventajosamente para recibir un blanco de pulverización catódica con un diámetro de 30 mm o más, preferiblemente de 50 mm o más y de manera muy especialmente preferida de 60 mm o más.
- Sin embargo, la influenciación local del plasma de pulverización catódica con campos magnéticos locales tiene también la acción de que el blanco de pulverización catódica empleado no tiene que ser circular. Mediante las posiciones y las intensidades de las fuentes de campo magnético se puede generar en superficies de blanco de cualquier conformación una distribución de campo que conduzca a un plasma de pulverización catódica con espesor homogéneo y así también a una erosión de material homogénea. Por tanto, la invención se refiere también de manera muy general a un cabezal de pulverización catódica con un alojamiento para un blanco de pulverización catódica y una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de campo que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica y entran nuevamente en ésta, caracterizándose este cabezal de pulverización catódica por que está configurado para recibir un blanco no circular, especialmente un blanco con una superficie elíptica, en forma de estrella o poligonal. Esta ejecución puede consistir, por ejemplo, en que la superficie de alojamiento del blanco presente una conformación correspondiente. Sin embargo, como alternativa o bien en combinación con ello, una superficie de alojamiento del blanco, que esté conformada con mayor tamaño y/o de otra manera que la superficie del blanco de pulverización catódica, puede estar sombreada también por un aislador de cuerpos sólidos inmovilizable delante de la superficie de alojamiento del blanco vuelta hacia el plasma de pulverización catódica de tal modo que la erosión del material esté limitada a la superficie del blanco o a partes de ella. No tiene lugar entonces una erosión del material por el propio cabezal de pulverización catódica. En la parte especial de la descripción están indicados dos ejemplos de realización que emplean blancos de pulverización catódica rectangulares para el revestimiento de sustratos de forma de cinta. La tasa de erosión se adapta en estos ejemplos de realización localmente a la forma de cinta del sustrato por medio de disposiciones lineales de fuentes de campo magnético.
- En una ejecución especialmente ventajosa de la invención el cabezal de pulverización catódica presenta un cuerpo de base que lleva la superficie de alojamiento del blanco y así también, en funcionamiento, el blanco de pulverización catódica, así como adicionalmente un blindaje que rodea al blanco de pulverización catódica para la limitación espacial de la erosión del material al blanco de pulverización catódica. Según la invención, entre el cuerpo de base (con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica) y el blindaje está dispuesto un aislador de cuerpos sólidos. Los cuerpos de base con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica se encuentran generalmente a un potencial eléctrico, mientras que el blindaje está al potencial de masa. Por tanto, entre el cuerpo de base (con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica) y el blindaje se aplican tensiones (o amplitudes de tensión alterna en la pulverización catódica RF) de algunos centenares de voltios. Sin embargo, la rendija entre el cuerpo de base (con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica) y el blindaje tiene que ser ahora más pequeña que la longitud media de recorrido libre para que no se pueda formar en ella un plasma no deseado. En una rendija más grande se pueden acelerar electrones por repulsión del potencial negativo y éstos pueden ionizar átomos de gas, liberándose más iones y electrones. Se puede formar así a manera de avalancha un plasma en la rendija entre el blindaje y el cuerpo de base con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica y esto puede conducir a descargas eléctricas disruptivas.
- Al aumentar la presión del gas de pulverización catódica disminuyen entonces la longitud media de recorrido libre y así también la anchura de rendija admisible. Por tanto, a una misma tensión aplicada aumenta la intensidad del campo eléctrico a través de la rendija. Al mismo tiempo, disminuye la intensidad de campo de perforación de la atmósfera en la cámara de pulverización catódica, especialmente cuando, como ha ocurrido en los ensayos de los inventores, se elige una atmósfera con contenido de oxígeno. Por tanto, la salida de descargas eléctricas disruptivas puede ser el factor limitativo para la máxima presión practicable del gas de pulverización catódica a la cual puede realizarse una pulverización catódica. El aislador de cuerpos sólidos tiene ahora una intensidad de campo de perforación netamente más alta que una atmósfera con contenido de oxígeno. Al mismo tiempo, este aislador ocupa un volumen entre el cuerpo de base (con superficie de alojamiento de blanco y blanco de pulverización catódica) y el blindaje que ya no está disponible como trayecto de aceleración para electrones. Como resultado, el aislador de cuerpos sólidos hace así que se pueda realizar una pulverización catódica hasta una presión netamente más alta.

Cuanto más completamente rellene el aislador de cuerpos sólidos el espacio intermedio entre el cuerpo de base y el blindaje, tanto mejor se suprimirá la formación de un plasma no deseado en este espacio intermedio.

Se obtiene un límite superior para la presión del gas de pulverización catódica con ayuda de la longitud media de recorrido libre decreciente desproporcionadamente al aumentar la presión. Más allá de aproximadamente 5 mbar, se forma el plasma de pulverización catódica solamente todavía a una pequeña distancia (aproximadamente 1 mm o menos) del blanco de pulverización catódica, ya que en las zonas más distanciadas del gas de pulverización catódica los electrones ya no tienen energía suficiente para ionizar los átomos del gas de pulverización catódica. Si se ha producido inicialmente un plasma en las proximidades del blanco, no tienen lugar ionizaciones adicionales más allá de este plasma, puesto que el potencial del blanco de pulverización catódica con respecto a masa disminuye ya sustancialmente a través del espacio oscuro catódico hasta el plasma. Más allá del plasma ya no se aceleran los electrones. Por consiguiente, el calor generado en el plasma se concentra también en un área más pequeña. La superficie del blanco se calienta fuertemente de manera no homogénea y el plasma de pulverización catódica resulta inestable. Según la invención, los polos magnéticos de al menos una fuente de campo magnético están separados uno de otro a una distancia mínima de tan sólo aproximadamente 1 mm, lo que dificulta mucho la estabilización del plasma de pulverización catódica de aproximadamente 1 mm de grueso cuando las presiones del gas de pulverización catódica están por encima de aproximadamente 5 mbar.

Ventajosamente, la fuente de campo magnético comprende al menos un imán permanente cuyo campo es guiado por una culata de material magnéticamente permeable hasta la superficie de alojamiento del blanco. Si esta culata consiste, por ejemplo, en un metal, tal como, por ejemplo, hierro, dicha culata puede ser transformada mecánicamente en la geometría deseada de una manera netamente más sencilla que en el caso de materiales típicos a partir de los cuales se fabrican pequeños imanes magnéticos con alta intensidad de campo. Esto rige especialmente en otra ejecución ventajosa de la invención en la que los flujos de varios imanes permanentes se conducen a través de una misma culata. En esta ejecución la culata presenta una geometría mecánica complicada. Un ejemplo de realización de los inventores prevé una culata de hierro y un sujetador de cobre en los que están practicados taladros para recibir pequeños imanes permanentes. El hierro y el cobre se pueden procesar siempre mecánicamente sin problemas. Por el contrario, los imanes permanentes consisten en polvo sinterizado de una aleación de tierras raras y son muy quebradizos, de modo que se rompen en pedazos durante el ensayo de un procesamiento mecánico. Los imanes permanentes pueden asentarse en taladros del sujetador de cobre. Inducen un campo magnético en dirección al alojamiento del blanco. En la culata de hierro se conduce el campo magnético desde la superficie de alojamiento del blanco hasta el polo posterior del imán permanente. Se produce así todo el campo de dispersión magnético en solamente las proximidades de la superficie de alojamiento del blanco.

Sin embargo, la fuente de campo magnético puede comprender también al menos un electroimán. Esto tiene la ventaja de que su intensidad de campo puede variarse in situ sin ruptura del vacío para adaptar localmente la tasa de erosión. No obstante, es tecnológicamente muy exigente el generar las intensidades de campo necesarias en un espacio muy estrecho, ya que esto hace necesarias muchas espiras o una corriente de alta intensidad.

Ventajosamente, se han previsto una o varias disposiciones de fuentes de campo magnético en forma de anillo, de nido de abeja o lineal. En este caso, las distintas fuentes de campo magnético pueden presentar intensidades de campo diferentes. Con tales disposiciones se puede configurar como homogénea la tasa de erosión en toda la superficie del blanco o bien se la puede adaptar de otra manera. Dado que las fuentes de campo magnético presentan siempre según la invención tan sólo campos localmente operativos, sus intensidades de campo pueden optimizarse independientemente una de otra hacia una distribución deseada de la tasa de erosión. A este fin, es especialmente ventajoso que las distancias entre fuentes de campo magnético contiguas se elijan de modo que no se solapen las zonas en las que se concentra siempre un 90% del campo de cada fuente.

En los ensayos de los inventores el espesor de capa aplicado sobre un sustrato circular con un diámetro de 30 mm varió en toda la superficie del sustrato en hasta un 50% cuando se empleó un blanco de pulverización catódica circular según el estado de la técnica. Por el contrario, cuando se empleó el mismo blanco junto con un cabezal de pulverización catódica según la invención con solamente una disposición anular de fuentes de campo magnético, el espesor de capa varió solamente todavía en hasta un 10%. Una distribución homogénea del espesor de capa es esencial especialmente para la obtención de sistemas multicapa lateralmente estructurados. Tales procesos de producción incluyen en general pasos de corrosión que cubren toda la superficie, por ejemplo un bombardeo iónico desde un cañón de iones, que no se limiten ellos mismos, sino que tengan que ser detenidos activamente en el momento correcto después de corroer y perforar la capa que se debe mecanizar. Si se varía el espesor de capa, no se elimina entonces completamente por corrosión la capa en algunos sitios y/o se daña la capa situada debajo en otros sitios.

El experto necesita un reacoplamiento para la optimización de las intensidades de campo. Este reacoplamiento puede adquirirse, por ejemplo, depositando una capa sobre un sustrato con una disposición de fuentes de campo magnético y analizando la distribución del espesor de capa en todo el sustrato. Si el espesor de capa se desvía del resultado deseado en un sitio, esto es señal de que hay que aumentar o disminuir la tasa de erosión en un sitio determinado del blanco de pulverización catódica.

El material depositado sobre el sustrato en un sitio determinado es una superposición del material erosionado de varios sitios del blanco de pulverización catódica en los que se encuentran imanes. En una primera aproximación, la proporción de la tasa de deposición local en un punto alto sobre el sustrato, que es producido por el material proveniente de un lugar determinado "k" del blanco, es proporcional al grado de ionización local o a la intensidad de campo magnético local en el lugar "k". Con este conocimiento se puede simular la distribución de intensidad de campo magnético óptima necesaria para la distribución espacial deseada de la tasa de deposición sobre el sustrato y se pueden posicionar de manera correspondiente las fuentes de campo magnético. A este fin, se puede establecer, por ejemplo, un sistema de ecuaciones lineales en el que se busquen las intensidades de campo magnético locales y las tasas de deposición locales deseadas estén en el lado derecho. La acción fuertemente localizada de las fuentes de campo magnético tiene entonces la consecuencia de que no existen términos de acoplamiento no lineales complicados entre las distintas ecuaciones.

La distribución del espesor de campo se puede optimizar de esta manera especialmente durante la pulverización catódica con alta presión, puesto que el sustrato se encuentra entonces a una distancia relativamente pequeña (por ejemplo, 20 mm) del blanco de pulverización catódica y los átomos o moléculas arrancados del blanco de pulverización catódica se mueven sustancialmente en línea recta en dirección al sustrato. Durante la pulverización catódica con una presión más pequeña se hacen netamente mayores tanto el espacio oscuro catódico como también el propio plasma, de modo que los átomos o moléculas recorren un camino netamente más largo desde el blanco de pulverización catódica hasta el sustrato. Sólo con dificultad se puede entonces inferir de qué lugares del blanco de pulverización catódica proviene el material que se ha depositado sobre el sustrato en un lugar dado.

La zona de borde de un blanco de pulverización catódica colocada más próxima a un blindaje puede ser excluida de la erosión del material no sólo por adaptación del campo magnético presentado. Como alternativa o bien en combinación con las medidas descritas hasta ahora, la invención se refiere en general también a un cabezal de pulverización catódica con un alojamiento para un blanco de pulverización catódica con un blindaje que rodea al alojamiento del blanco para limitar espacialmente la erosión del material al blanco de pulverización catódica, estando previsto un aislador de cuerpos sólidos inmovilizable delante de la superficie del blanco de pulverización catódica o del alojamiento del blanco que queda vuelta hacia el plasma de pulverización catódica, cuyo aislador, en funcionamiento, es capaz de excluir de la erosión del material el 20% o menos de esta superficie colocado más cerca del blindaje, de preferencia el 10% o menos de esta superficie colocado más cerca del blindaje y de manera muy especialmente preferida el 5% o menos de esta superficie colocado más cerca del blindaje.

Esta medida impide descargas disruptivas que sean provocadas por una aproximación demasiado grande del plasma de pulverización catódica a la rendija entre el alojamiento del blanco y el blindaje. Como quiera que esta zona es enmascarada por el aislador de cuerpos sólidos, se puede mejorar desproporcionadamente la estabilidad del plasma por medio de un pequeño sacrificio de superficie utilizable del blanco.

Es un leitmotiv de la presente invención el mejorar la calidad de las capas obtenidas en la pulverización catódica a alta presión del gas de pulverización catódica mediante la influenciación local de la erosión del material del blanco de pulverización catódica y aquí especialmente la homogeneidad del espesor de capa. Este leitmotiv tiene como base el conocimiento de que precisamente en la pulverización catódica a alta presión del gas de pulverización catódica se tiene que, a causa de la separación entonces relativamente pequeña entre el blanco de pulverización catódica y el sustrato, existe una relación causal demostrable entre la erosión del material en un lugar dado del blanco de pulverización catódica y la deposición de material en un lugar dado del sustrato. La influenciación puede ser provocada con una disposición adecuada de fuentes de campo magnético. Esta influenciación puede producirse ventajosamente también en combinación para ello con el aislador de cuerpos sólidos inmovilizable delante del blanco de pulverización catódica.

Este leitmotiv se materializa también en el procedimiento según la invención para la deposición por pulverización catódica de un material de blanco sobre un sustrato a una presión del gas de pulverización catódica de 0,5 mbar o más, preferiblemente de 1 mbar o más. En el procedimiento se conduce un plasma del gas de pulverización catódica entre la superficie del blanco y el sustrato. Según la invención, los electrones emitidos por la superficie del blanco en dirección al plasma son desviados en el plasma por las líneas de campo de una o varias fuentes de campo magnético, cuyos polo Norte y polo Sur magnéticos están separados uno de otro 10 mm o menos, preferiblemente 5 mm o menos y de manera muy especialmente preferida alrededor de 1 mm.

Análogamente a la descripción anterior de los cabezales de pulverización catódica se garantiza así que puedan adaptarse localmente el grado de ionización del plasma de pulverización catódica y así también la tasa de la erosión de material del blanco. Esto mejora la estabilidad del plasma de pulverización catódica y, por tanto, hace posible el empleo de blancos de pulverización catódica más grandes junto con una homogeneidad simultáneamente mejorada del espesor de capa obtenido sobre el sustrato, especialmente cuando se emplea en una ejecución ventajosa del procedimiento un cabezal de pulverización catódica según la invención.

Parte especial de la descripción

A continuación, se explica con más detalle el objeto de la invención ayudándose de figuras, sin que este objeto de la

invención quede limitado por esto. Se muestra en:

La figura 1, una fuente de pulverización catódica con un ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención,

5 La figura 2, una fuente de pulverización catódica adecuada para blancos de pulverización catódica de más de 50 mm de diámetro, con un cabezal de pulverización catódica según la invención que presenta varias disposiciones anulares concéntricas de fuentes de campo magnético,

La figura 3, un cabezal de pulverización catódica adecuado para blancos de pulverización catódica de más de 60 mm de diámetro, con una disposición en forma de nido de abeja de fuentes de campo magnético,

10 La figura 4, una fuente de pulverización catódica con un ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención para el revestimiento de sustratos largos o cintas,

La figura 5, una variante del ejemplo de realización mostrado en la figura 4 con una tasa de revestimiento más alta por unidad de tiempo y

La figura 6, una homogeneización de la distribución de espesor de capa sobre un sustrato de 30 mm de diámetro por optimización de la distribución y la intensidad de fuentes de campo magnético locales.

15 La figura 1 muestra la constitución esquemática de una fuente de pulverización catódica con un ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención. El cabezal de pulverización catódica está representado una vez como sección con un plano paralelo a la superficie del sustrato y otra vez como sección con un plano girado para ello en 90° hacia fuera del plano del dibujo. Este cabezal comprende un cuerpo de base 1 con una superficie de alojamiento 11 para un blanco de pulverización catódica 2 de 50 mm de diámetro. El cuerpo de base 1, que puede ponerse a un potencial V, es un bloque de cobre refrigerado por agua. El cuerpo de base y así también la superficie de alojamiento 11 del blanco están unidos al potencial de masa por un blindaje (no dibujado en la figura 1) y se distancian de este blindaje por medio del aislador 3 de cuerpos sólidos. En el cuerpo de base se encuentra una disposición anular 4 de fuentes de campo magnético. Esta disposición 4 comprende un anillo de culata periférico 41 de hierro con una escotadura en la que está inserto un anillo de soporte 42 de cobre. El anillo de soporte 42 presenta taladros en los que están insertos unos imanes permanentes 43. El cuerpo de base 1 contiene un espacio de montaje para el anillo de culata 41 equipado con el anillo de soporte 42 y los imanes permanentes 43 (por ejemplo, de SmCo_5 o $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$), de modo que los imanes permanentes 43 pueden ser puestos en proximidad inmediata del blanco 2.

20 Los imanes permanentes 43 pueden lindar directamente con la superficie de alojamiento 11 del blanco, con lo que se utiliza siempre plenamente el campo de dispersión magnético local. La potencia de pulverización catódica utilizable está limitada entonces por la cantidad de calor producida por el blanco de pulverización catódica 2. Por tanto, en este ejemplo de realización se encuentra ventajosamente todavía entre los imanes y la superficie de alojamiento del blanco una capa del material del cuerpo de base. Esta capa evacua al menos en parte el calor producido en el blanco de pulverización catódica 2, de modo que este blanco de pulverización catódica permanece homogéneamente refrigerado incluso con potencias bastante grandes y la corriente de calor que sale del blanco de pulverización catódica se mantiene al menos parcialmente alejada de los imanes permanentes 43. De esta manera, se garantiza que incluso con mayores potencias los imanes permanentes 43 permanezcan netamente por debajo de su temperatura de Curie y conserven su ferromagnetismo. Al mismo tiempo, se evita también a mayores potencias que se estanque la corriente de calor en los imanes permanentes, puesto que el cobre metálico que se encuentra entre los imanes permanentes 43 y la superficie de alojamiento 11 del blanco es un conductor de calor netamente mejor que los imanes permanentes 43, que son cuerpos cerámicos sinterizados.

35 Cada uno de los imanes permanentes 43 tiene un polo Norte magnético y un polo Sur magnético. El polo Norte se encuentra en este ejemplo de realización en las proximidades de la superficie de alojamiento 11 del blanco, y el polo Sur se extiende a través del anillo de culata 41 alrededor de los imanes 43 y el anillo de soporte 42 hasta las proximidades de la superficie de alojamiento 11 del blanco. Esto se ilustra en la figura 1 por medio de una ampliación de detalle. Por tanto, en la proximidad inmediata de la superficie de alojamiento 11 del blanco y, por tanto, del blanco 2 se encuentran un polo Norte y un polo Sur magnéticos. Entre ambos polos se forma un campo de dispersión magnético que penetra más allá del blanco en el plasma de pulverización catódica y mantiene allí electrones sobre trayectorias cicloides dentro del plasma.

45 Sin la disposición 4 se produce delante del blanco 2 una distribución del plasma de pulverización catódica de la configuración 5. El plasma es sensiblemente más débil en el borde del blanco 2 que en su centro. Se deposita así sobre el sustrato 6 que está preparado sobre un calentador de sustrato 7 puesto a tierra una capa cuyo espesor está distribuido de manera fuertemente poco homogénea. En el borde del sustrato la capa tiene todavía solamente la mitad del espesor que en el centro. Según la invención, mediante cada uno de los imanes permanentes 43 se refuerza localmente el plasma de pulverización catódica, lo que está insinuado mediante contribuciones adicionales 5a a la distribución del plasma de pulverización catódica. En conjunto, el grado de ionización del plasma de

pulverización catódica y así también la tasa de erosión están distribuidos de una manera netamente más homogénea. Por consiguiente, el espesor de la capa depositada sobre el sustrato 6 disminuye también hacia el borde en solamente todavía un 10% con respecto a su valor en el centro del sustrato 6.

5 La figura 2 muestra otro ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención con tres disposiciones anulares 4a, 4b y 4c de fuentes de campo magnético, dispuestas concéntricamente una respecto de otra, para un blanco algo más grande en comparación con la figura 1. Cada una de estas disposiciones está constituida según el mismo esquema que la disposición 4 en la figura 1. La disposición 4a comprende un anillo de culata 41a, un anillo de soporte 42a y unos imanes permanentes 43a. La disposición 4b comprende un anillo de culata 41b, un anillo de soporte 42b y unos imanes permanentes 43b. La disposición 4c comprende un anillo de culata 41c, un anillo de soporte 42c y unos imanes permanentes 43c. En este caso, los anillos de culata 41a, 41b y 41c no tienen que ser componentes separados; por el contrario, puede fabricarse una culata 41 del mismo valor constituida por una sola pieza. El cabezal de pulverización catódica está representado, al igual que ocurre también en la figura 1, una vez como sección con un plano paralelo a la superficie del sustrato y otra vez como sección con un plano girado para ello en 90° hacia fuera del plano del dibujo. La orientación de ambas secciones una con respecto a otra está indicada en la figura 2 por la línea de sección A-A.

10 Los imanes permanentes 43a de la disposición 4a generan localmente los campos magnéticos de mayor intensidad. Por el contrario, los imanes permanentes 43b y 43c de las disposiciones 4b y 4c generan respectivos campos magnéticos más débiles. Como es visible en la parte inferior de la figura 2, esto se materializa debido a que los imanes permanentes 43b y 43c se han acortado en cada caso con respecto a los imanes permanentes 43a, lindando su extremo superior (polo Sur magnético) con el respectivo anillo de culata 41a, 41b o 41c.

15 En este caso, se atraen siempre mutuamente los imanes permanentes 43a, 43b y 43c, por un lado, y los anillos de culata 41a, 41b y 41c, por otro lado, de modo que los imanes permanentes están mecánicamente inmovilizados y no es necesaria una unión adhesiva. Los imanes permanentes podrían lindar alternativamente siempre mediante su extremo inferior (polo Norte magnético) con la posición del material del cuerpo de base que los separa de la superficie de alojamiento 11 del blanco. Una proporción mayor del campo de dispersión generado por los imanes permanentes 43b y 43c alcanzaría entonces al plasma de pulverización catódica. No obstante, esto es algo más complicado de producir desde el punto de vista mecánico, puesto que los anillos de culata 41a, 41b y 41c tendrían que presentar unas respectivas espigas que llegaran exactamente hasta los polos Sur magnéticos de los imanes permanentes 43a, 43b y 43c.

20 La diferencia en las longitudes de los imanes permanentes 43a, 43b y 43c se ha representado en el dibujo de una manera fuertemente exagerada. Mediante campos magnéticos que se hacen más débiles hacia dentro se consigue una mejor homogeneidad de espesor de capa obtenido sobre el sustrato. Con este cabezal de pulverización catódica se pueden emplear blancos de pulverización catódica de 60 mm de diámetro y más y se materializan entonces espesores de capa homogéneos con un aprovechamiento homogéneo del blanco. Para blancos de pulverización catódica aún más grandes se pueden disponer aún más disposiciones anulares de imanes permanentes concéntricas una a otra.

25 La figura 3 muestra otro ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención como secciones con un plano (a) perpendicular a la superficie del sustrato y con un plano (b) paralelo a una superficie del sustrato. La disposición 4 de fuentes de campo magnético comprende una culata de hierro 41 estructurada en forma de nido de abeja, en cuyas celdas están insertos elementos de soporte 42 de cobre e imanes permanentes cilíndricos 43. Si los imanes permanentes 43 están orientados con su polo Norte magnético hacia el alojamiento del blanco, la culata de hierro 41 forma el polo Sur. Esta culata 41 no está constituida por varios anillos de culata, sino que se ha fabricado en una sola pieza. Las distintas celdas de la estructura de nido de abeja pueden tener una sección transversal circular o bien una sección transversal poligonal (aquí hexagonal).

30 Como se ha insinuado en la figura 3a mediante las longitudes de los imanes permanentes 43 y sus contribuciones 5a a la distribución del plasma de pulverización catódica, se utilizan imanes permanentes de intensidad diferente. Las diferencias de las intensidades se han representado aquí en el dibujo en forma fuertemente exagerada. Los imanes más débiles se encuentran en el centro; hacia el borde se hacen de mayor intensidad los imanes. Por tanto, se contrarresta hacia el borde el debilitamiento y desestabilización del plasma de pulverización catódica que se presentan normalmente en blancos grandes. Con este cabezal de pulverización catódica se pueden emplear blancos de pulverización catódica de 60 mm de diámetro y más, tal como ocurre también con el ejemplo de realización mostrado en la figura 2, y se materializan entonces espesores de capa homogéneos con aprovechamiento homogéneo del blanco.

35 La figura 4 muestra otro ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica según la invención en una representación en perspectiva (a) y como un dibujo en sección con un plano (b) paralelo a la superficie del sustrato. El sustrato 6 es una cinta que se desenrolla de un rollo 61 y que se enrolla después del revestimiento sobre un rollo 62. El cuerpo de base 1 del cabezal de pulverización catódica es de forma paralelepípedica. En él están embutidas unas barras de culata 41 de forma de L a base de hierro y unos elementos de soporte paralelepípedicos 42 a base de cobre con taladros. En los taladros de los elementos de soporte 42 están insertos unos imanes permanentes

43. Las barras de culata 41, los elementos de soporte 42 y los imanes permanentes 43 forman conjuntamente la disposición 4 de fuentes de campo magnético. El blanco de pulverización catódica 2 y el calentamiento del sustrato no se han dibujado por motivos de una mayor claridad.

5 Análogamente a la figura 1, el polo Norte magnético de cada imán permanente 43 se encuentra en proximidad inmediata de la superficie de alojamiento 11 para el blanco de pulverización catódica, mientras que el polo Sur se extiende a través de la barra de culata 41 de forma de L hasta las proximidades de la superficie de alojamiento del blanco. El campo de dispersión producido penetra en el plasma de pulverización catódica y enriquece su distribución 5 con contribuciones adicionales 5a. Se homogeneiza así el grado de ionización del plasma en toda la anchura del cabezal de pulverización catódica, de modo que se puede aplicar una capa homogénea en toda la anchura del sustrato 6. La zona de procesamiento puede tener, por ejemplo, una longitud comprendida entre aproximadamente 100 y aproximadamente 1000 mm. Se ha previsto que la cinta sustrato 6 pase continuamente por delante del cabezal de pulverización catódica y sea revestida.

15 La figura 5 muestra una variante del ejemplo de realización mostrado en la figura 4. Al igual que ocurre también en la figura 4, el calentamiento del sustrato no está dibujado. La cinta sustrato 6 no se desenrolla aquí del rollo 61 ni se enrolla sobre el rollo 62. Por el contrario, es desviada varias veces por estos dos rollos, que giran en el mismo sentido, con lo que dicha cinta corre a lo largo y debajo de varias disposiciones lineales 4a-4h de fuentes de campo magnético y es revestida en cada caso adicionalmente. Con este ejemplo de realización del cabezal de pulverización catódica se puede recubrir con un espesor de capa prefijado una longitud de cinta por unidad de tiempo mayor que la que es posible con el ejemplo de realización mostrado en la figura 4.

20 En la figura 6 se muestra la medida en que la optimización local de la tasa de pulverización catódica por medio de campos magnéticos locales según la figura 1 puede mejorar la homogeneidad de las capas obtenidas con la pulverización catódica. Se ha registrado para un sustrato circular de 30 mm de diámetro el respectivo espesor de capa d en función de la distancia X al centro del sustrato. El espesor de capa está normalizado aquí en unidades arbitrarias a su valor en el centro del sustrato. La curva a muestra la distribución del espesor de capa para un cabezal de pulverización catódica sin las fuentes de campo magnético previstas según la invención. La curva b muestra la distribución que genera un cabezal de pulverización catódica con una disposición aún no óptima de fuentes de campo magnético según la invención. Se puede apreciar ya una clara mejora; así, por ejemplo, la zona en la que el espesor de capa no cae por debajo del 90% de su valor en el centro del sustrato, es aproximadamente un tercio más ancha. La curva c muestra la distribución que resulta para la distribución óptima de fuentes de campo magnético. Prácticamente en todo el diámetro de 30 mm del sustrato el espesor de capa se desvía solamente todavía en menos de aproximadamente un 3% de su valor en el centro del sustrato. Estas desviaciones tan pequeñas son en general tolerables para capas funcionales. La curva d muestra la distribución de espesores de capa para el caso de fuentes de campo magnético demasiado fuertes según la figura 1. Se sobrecompensa aquí la disminución del espesor de capa hacia el borde que era el motivo de la utilización de las fuentes de campo magnético locales.

35 La figura 7 muestra ejemplos de realización para cabezales de pulverización catódica según la invención con aisladores de cuerpos sólidos en un dibujo en sección. En la figura 7a se ha previsto únicamente un aislador 3 de cuerpos sólidos entre el cuerpo de base 1 y el blindaje 7.

40 En la figura 7b se ha previsto otro aislador 32 de cuerpos sólidos de forma anular que cubre la zona del borde del blanco de pulverización catódica 2. Este aislador 33 impide que el plasma de pulverización catódica se extienda hasta el borde y se puedan presentar allí descargas eléctricas disruptivas entre, por un lado, el cuerpo de base 1 o el blanco 2 y, por otro lado, el blindaje 7.

45 Sin embargo, se puede perder esta protección cuando un material conductor erosionado y retirado del blanco 2 se deposita en parte sobre el aislador 33. Por este motivo, el ejemplo de realización mostrado en la figura 7c muestra otro anillo aislador 34 que está distanciado del primer anillo aislador 33 por medio de una o varias piezas distanciadoras 35. El material retirado del blanco puede entonces depositarse solamente sobre el anillo aislador 34, pero no sobre el anillo aislador 33.

50 En la figura 7d el anillo aislador 33 no está dispuesto delante de la superficie del blanco 2, sino delante de la superficie del alojamiento 11 del blanco. Una retirada de material no deseada en la zona del borde más próxima al blindaje, que puede conducir a descargas eléctricas disruptivas, es impedida de la misma manera que en el ejemplo de realización mostrado en la figura 7c. Sin embargo, a diferencia de la figura 7c, se puede emplear un blanco más pequeño y, por tanto, más barato cuya superficie se aproveche completamente. En las figuras 7b y 7c queda inutilizada la respectiva parte del blanco 2 cubierta por el anillo aislador 33.

REIVINDICACIONES

1. Cabezal de pulverización catódica con un alojamiento (11) para un blanco de pulverización catódica (2) y una o varias fuentes de campo magnético para generar un campo de dispersión magnético con líneas de campo que salen de la superficie del blanco de pulverización catódica (2) y entran nuevamente en ésta, estando el polo Norte y el polo Sur de al menos una fuente de campo magnético - entre los cuales se forma el campo de dispersión - separados uno de otro en 10 mm o menos, preferiblemente 5 mm o menos y de manera muy especialmente preferida alrededor de 1 mm, **caracterizado** por que el alojamiento (11) del blanco está rodeado por un blindaje para limitar espacialmente la erosión del material al blanco de pulverización catódica (2) y por que está dispuesto un aislador (3) de cuerpo sólidos entre el alojamiento (11) del blanco y el blindaje.
- 5
2. Cabezal de pulverización catódica según la reivindicación 1, **caracterizado** por que en la proyección del campo de dispersión de cada fuente de campo magnético sobre la superficie del alojamiento (11) del blanco la zona en la que se concentra al menos el 90% de la intensidad de campo está situada completamente fuera de una zona prefijada que debe permanecer preservada de la erosión del material.
- 10
3. Cabezal de pulverización catódica según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** por que la fuente de campo magnético comprende al menos un imán permanente (43) cuyo campo es guiado por una culata (41) de material magnéticamente permeable.
- 15
4. Cabezal de pulverización catódica según la reivindicación 3, **caracterizado** por que los flujos de varios imanes permanentes (43) son guiados por una misma culata (41).
5. Cabezal de pulverización catódica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por una o varias disposiciones anulares o lineales de fuentes de campo magnético.
- 20
6. Cabezal de pulverización catódica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** por que está previsto un aislador (3) de cuerpos sólidos inmovilizable delante de la superficie del blanco de pulverización catódica (2) o del alojamiento de blanco (11) vuelta hacia el plasma de pulverización catódica, cuyo aislador, en funcionamiento, es capaz de excluir de la erosión del material el 20% o menos de dicha superficie más próximo al blindaje, preferiblemente el 10% o menos de dicha superficie más próximo al blindaje y de manera muy especialmente preferida el 5% o menos de dicha superficie más próximo al blindaje.
- 25
7. Procedimiento de deposición por pulverización catódica de un material de blanco con un cabezal de pulverización catódica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 sobre un sustrato (6) a una presión de 0,5 mbar o más, preferiblemente de 1 mbar o más, en el que se forma un plasma del gas de pulverización catódica entre la superficie del blanco y el sustrato (6), **caracterizado** por que los electrones emitidos por la superficie del blanco en dirección al plasma son desviados en el plasma por las líneas de campo de una o varias fuentes de campo magnético, cuyo polo Norte y cuyo polo Sur están separados uno de otro en 10 mm o menos, preferiblemente 5 mm o menos y de manera muy especialmente preferida alrededor de 1 mm.
- 30

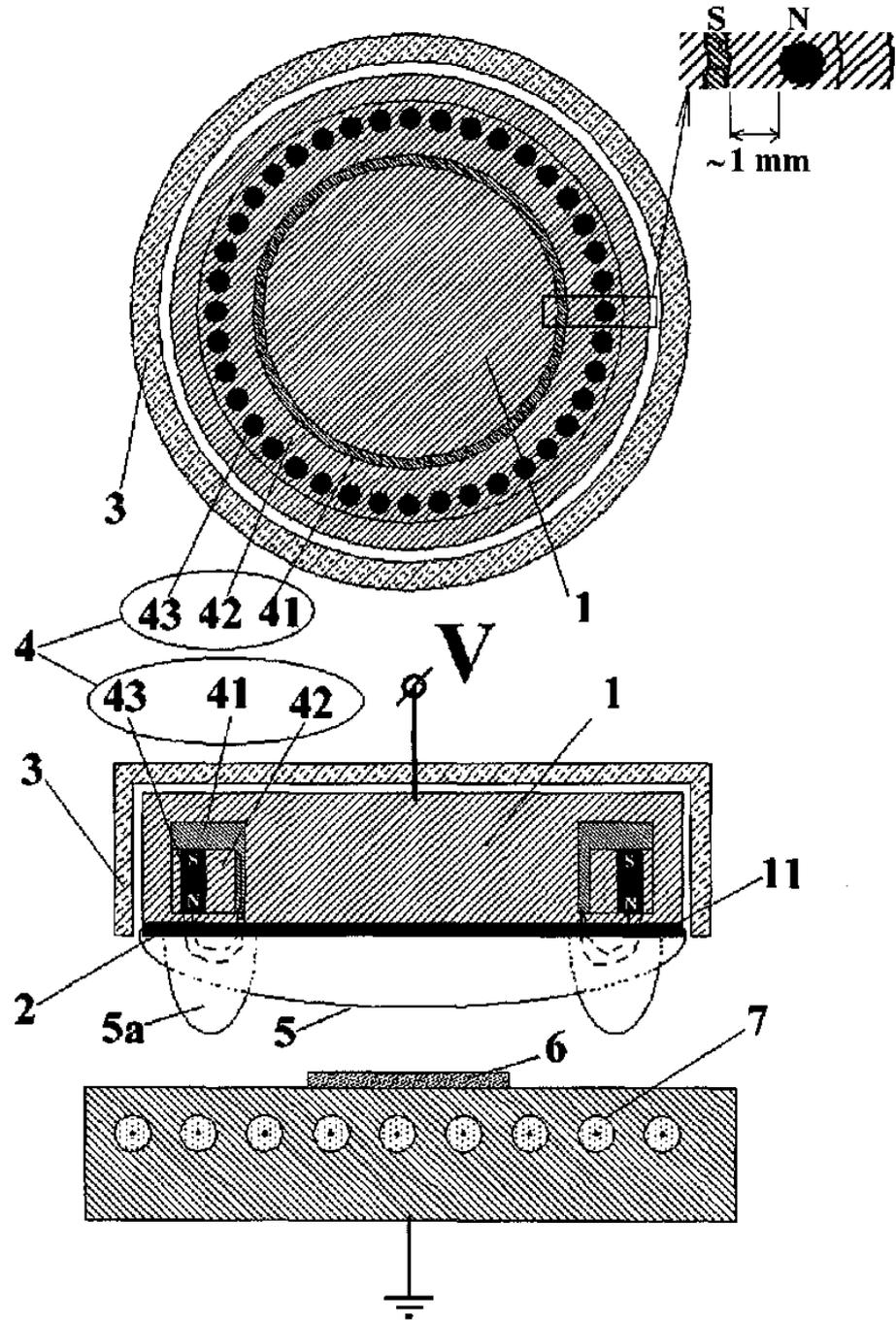


Figura 1

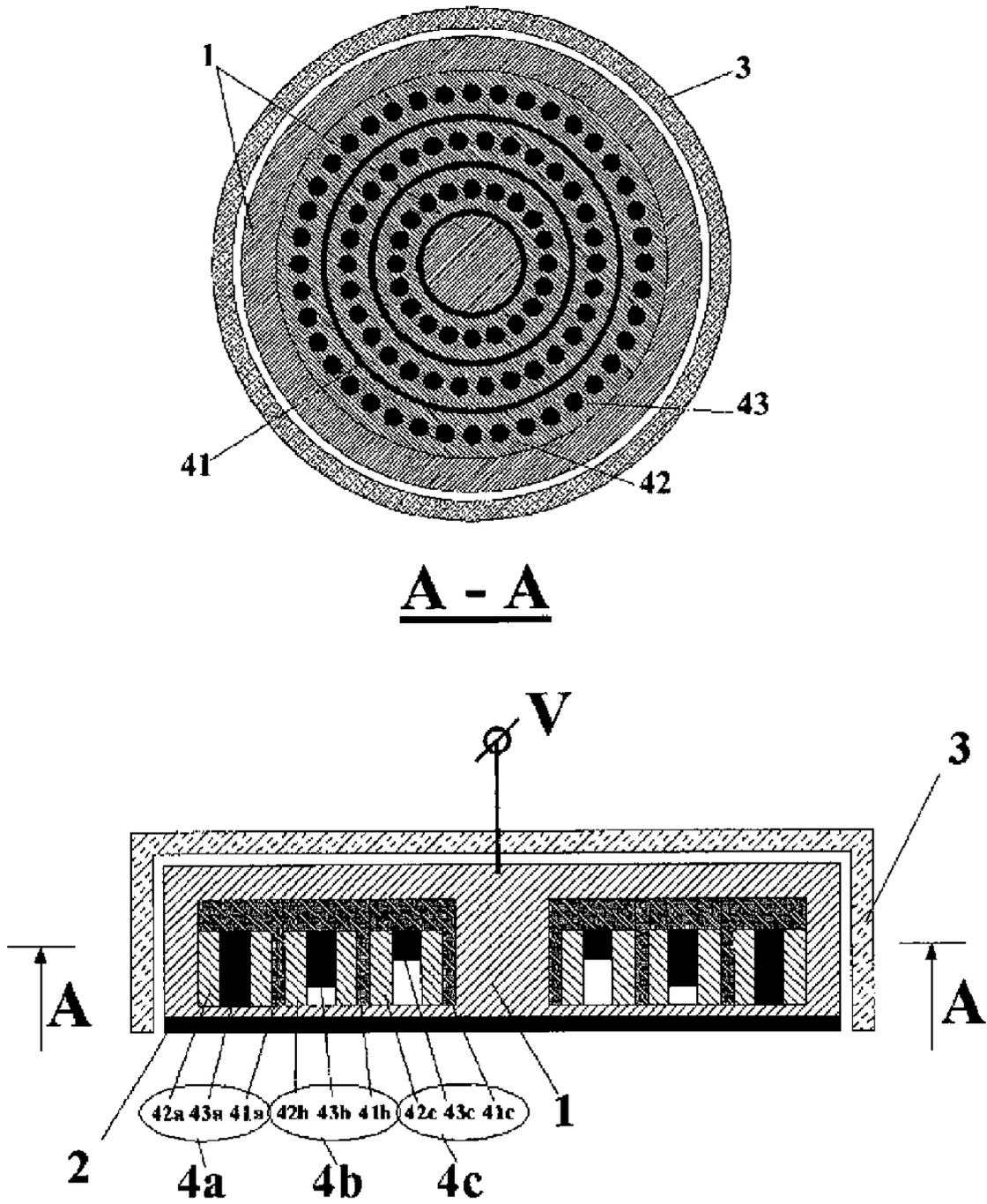


Figura 2

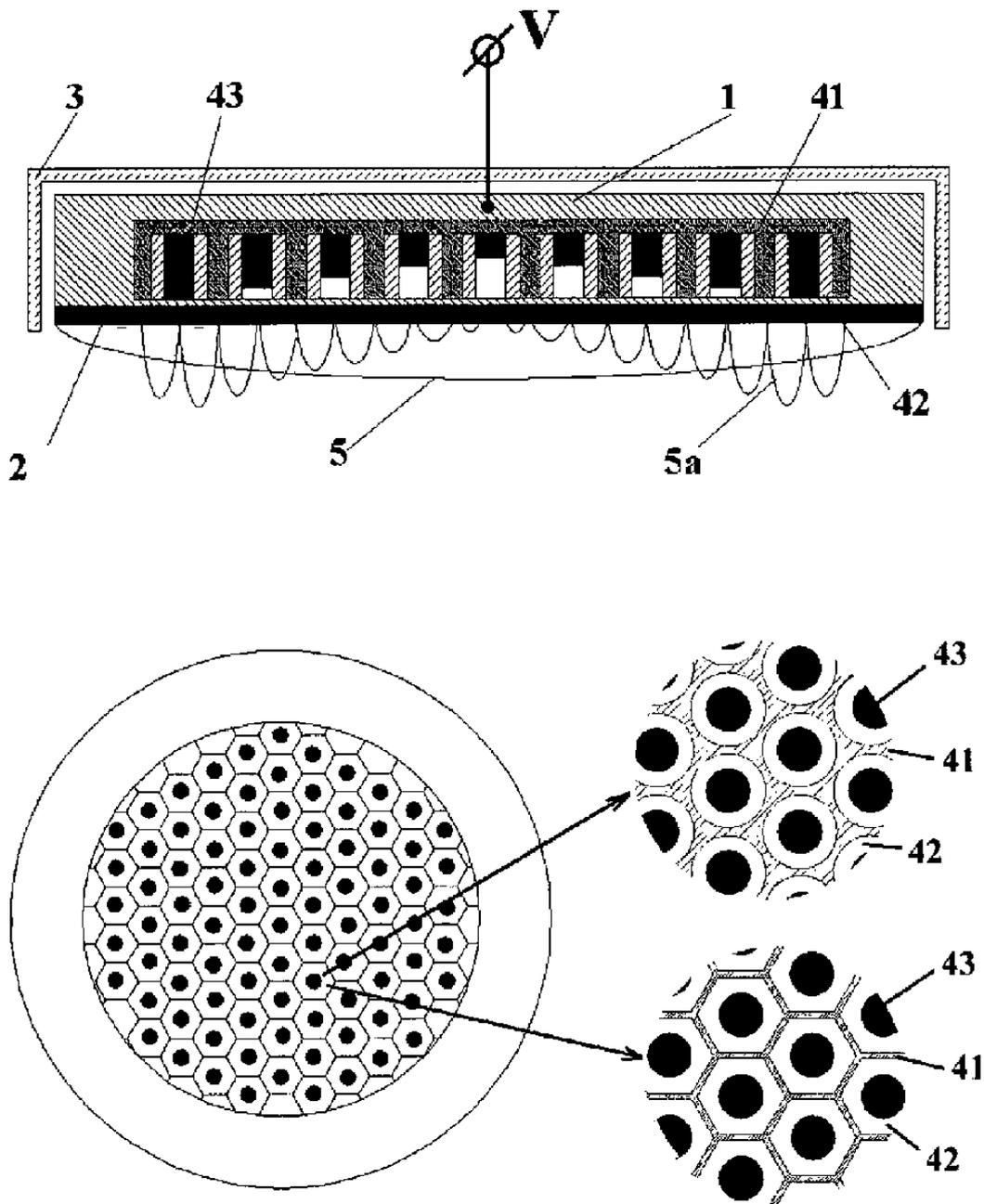


Figura 3

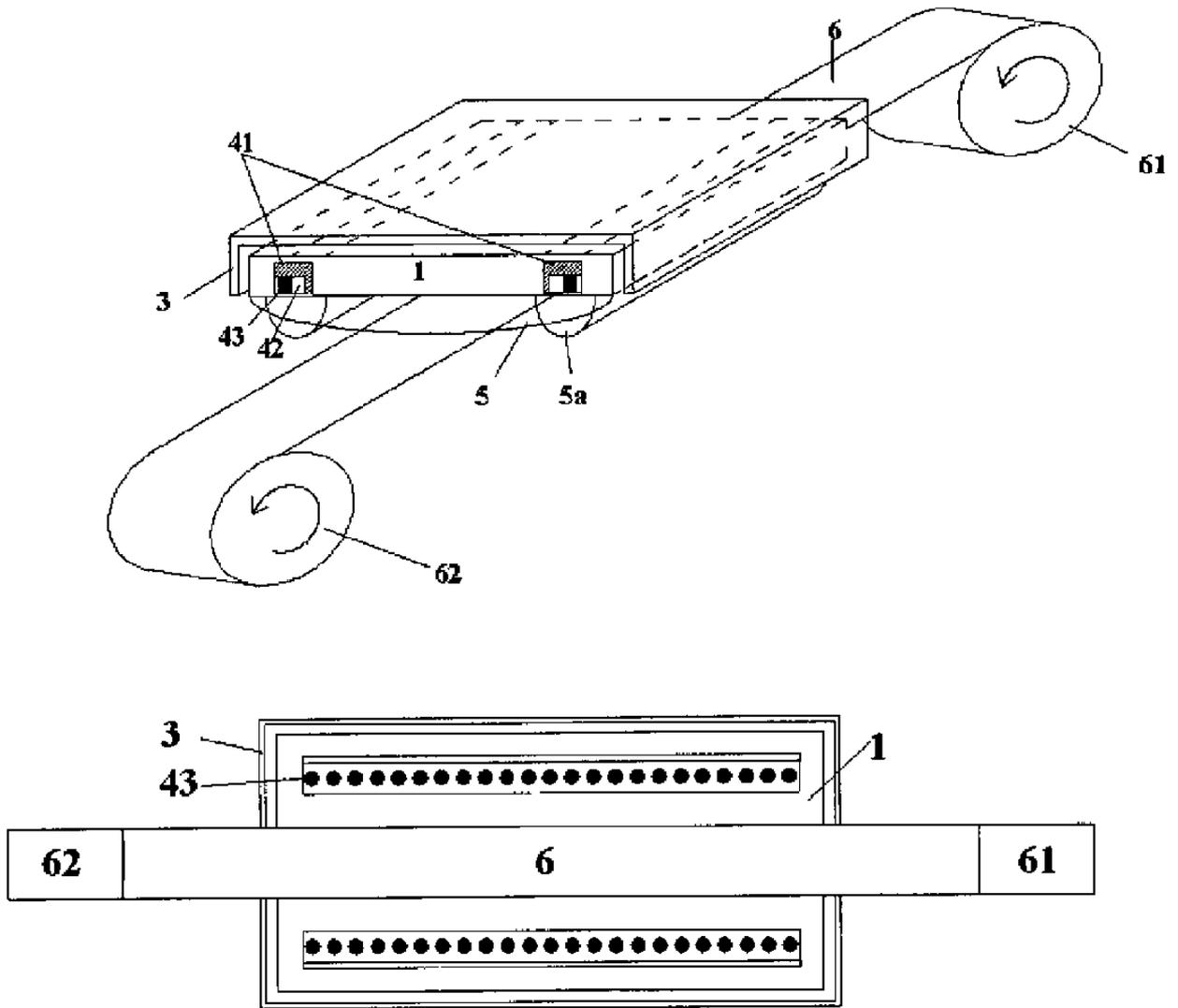


Figura 4

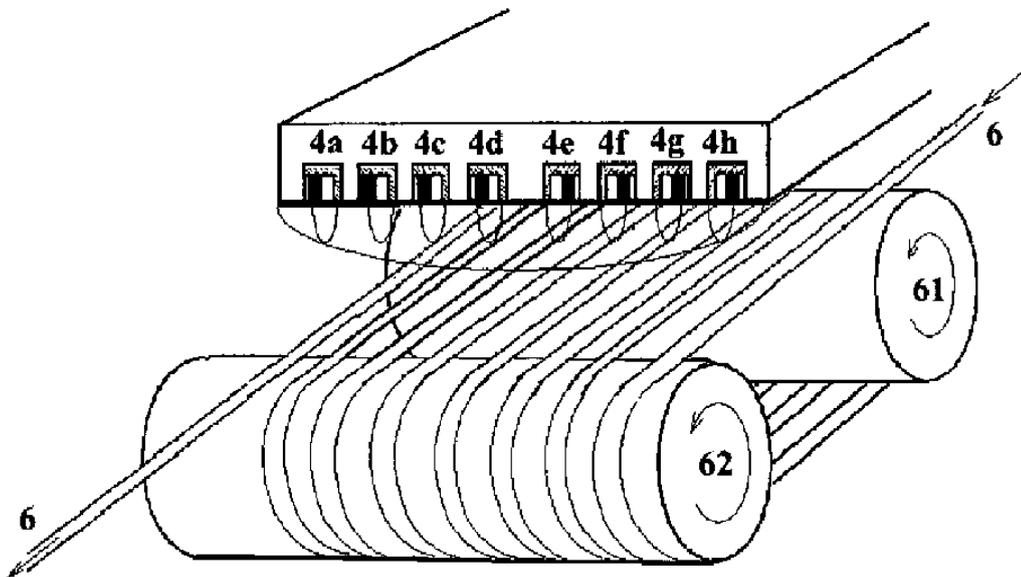


Figura 5

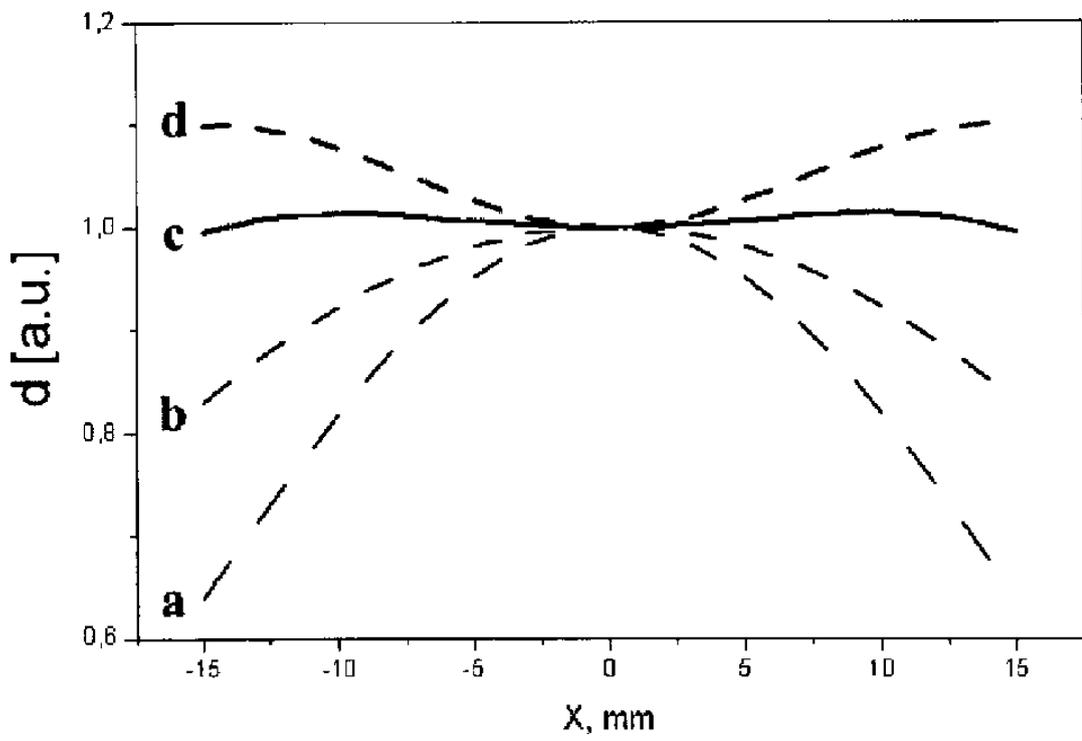


Figura 6

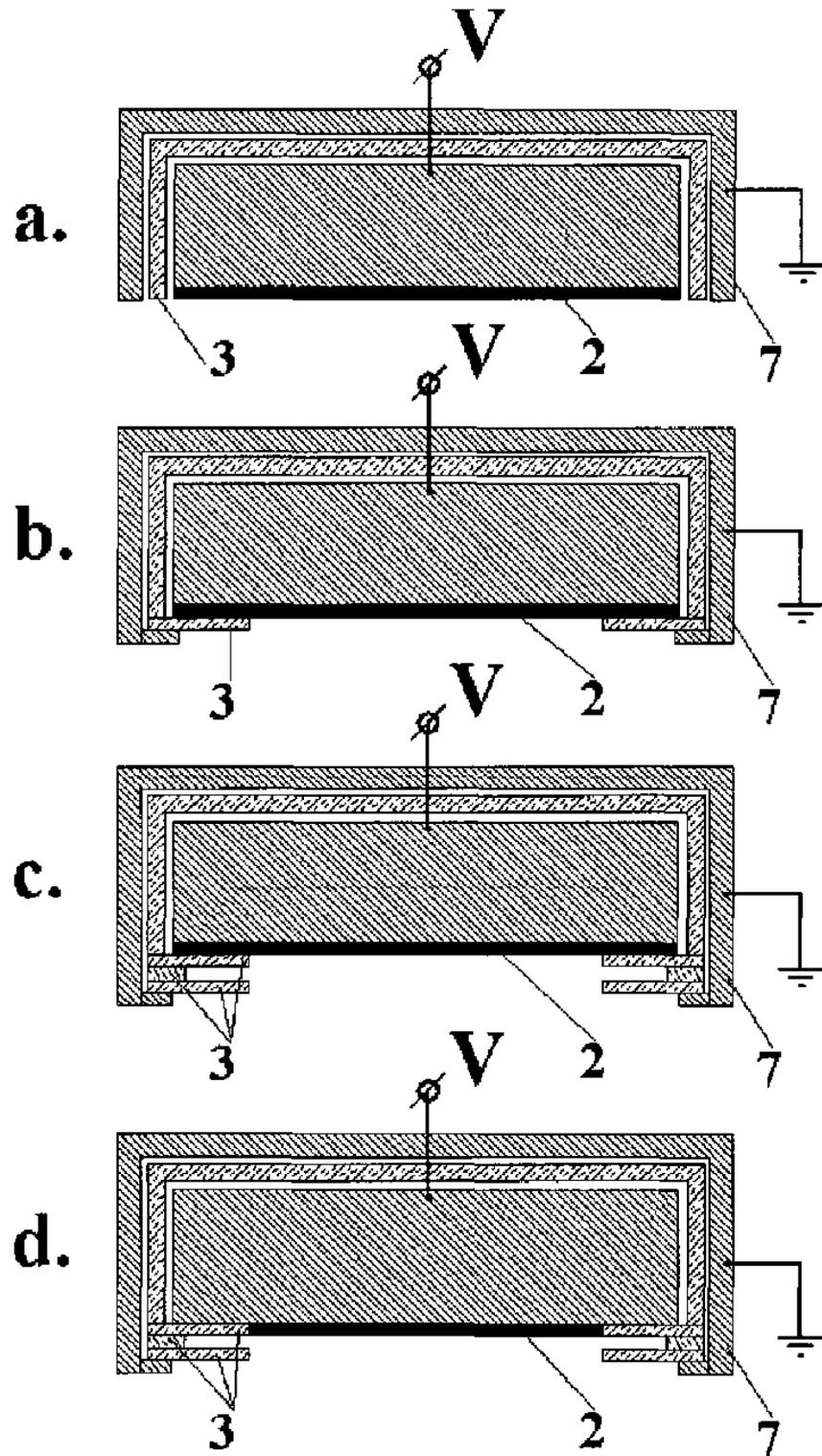


Figura 7