



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 309 305**

51 Int. Cl.:
C23C 14/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03710534 .3**

96 Fecha de presentación : **21.02.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1483425**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.12.2004**

54 Título: **Método y dispositivo para revestir un sustrato.**

30 Prioridad: **21.02.2002 NL 1020059**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2008

73 Titular/es: **Corus Technology B.V.**
P.O. Box 10000
1970 CA IJmuiden, NL

72 Inventor/es:
Schade van Westrum, Johannes A. F. y
Gleijm, Gerardus

74 Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

ES 2 309 305 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).

ES 2 309 305 T3

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para revestir un sustrato.

5 La invención se refiere a un método para revestir un sustrato con una capa de un material, tal como un metal, en el cual una cantidad de material eléctricamente conductor se vaporiza en un espacio con una baja presión de fondo y se suministra energía al material el cual será vaporizado con el fin de vaporizar este material. La invención se refiere también a un dispositivo para el revestimiento de un sustrato.

10 El método descrito anteriormente es una técnica conocida de revestimiento de sustratos con capas (finas) de material de revestimiento; el método es comúnmente referido como deposición física de vapor (PVD). Esta técnica tiene un uso extendido en las industrias electrónicas y ópticas, en la industria del vidrio y en la fabricación de metal revestido con láminas de plástico para todo tipo de aplicaciones. El PVD es un método de revestimiento atractivo debido a que puede ser lograda una alta calidad y no se producen materiales de desecho.

15 Cuando se utiliza PVD, el material de revestimiento primeramente tiene que ser convertido a la fase de vapor. Esto es logrado por calentamiento del material de revestimiento en una cámara en la cual hay una presión de fondo muy baja, conocida como una cámara de vacío. Como resultado del calentamiento, el material de revestimiento cambia a vapor hasta una presión la cual está en equilibrio termodinámico con la superficie caliente del material de revestimiento donde el vapor formado es alcanzado. Esta presión de vapor de equilibrio es el parámetro más importante para la tasa de transferencia de material de revestimiento al sustrato sobre el cual el vapor es depositado. La presión de vapor de equilibrio es dependiente de la temperatura del material de revestimiento. Para lograr una tasa de transferencia razonable del material de revestimiento en el sustrato, es decir, una cantidad razonable de material de revestimiento que es depositado sobre el sustrato por unidad de tiempo, el material de revestimiento en general tiene que ser calentado a altas temperaturas. Estas temperaturas son a menudo del orden de la mitad del punto de ebullición a presión atmosférica o, a veces, incluso más altas. En la práctica, las temperaturas para los metales están aproximadamente entre 600°C para el zinc y aproximadamente 2200°C para el niobio y renio. Los metales tales como el tántalo, molibdeno y tungsteno requieren de temperaturas altas tales que no son utilizados para la PVD. Los metales tales como titanio, cromo, níquel, aluminio y similares son raramente utilizados porque la tasa de transferencia del material es baja.

30 Un inconveniente del uso de la PVD es que las tasas de transferencia están limitadas principalmente por el hecho de que los materiales de revestimiento que tienen que ser vaporizados están siempre en estado líquido teniendo en cuenta las altas temperaturas del proceso. En consecuencia, el material tiene que estar en un crisol, el cual puede ser hecho, por ejemplo, de un material de cerámica o de cobre. En este último caso, se requiere un enfriamiento intensivo con agua, por lo que una fina capa de material de revestimiento solidificado cubre el cobre, con el resultado de que el cobre se ve impedido de fundirse o de ser vaporizado y el cobre no se ve afectado. Una consecuencia desventajosa del enfriamiento de un crisol de cobre es que una proporción significativa del calor suministrado se pierde como resultado del enfriamiento. El uso de un crisol de cerámica está limitado a los materiales de revestimiento los cuales no entran en una reacción química con el material del crisol a las altas temperaturas del proceso. El suministro de la energía térmica necesaria también presenta un problema cuando se utiliza un crisol de cerámica, debido a que la mayoría de los materiales de cerámica son malos conductores del calor.

45 Es un objeto de la invención proporcionar un método mejorado y un dispositivo para el revestimiento de sustratos por medio de la PVD.

Otro objeto de la invención es proporcionar un método y dispositivo de este tipo en el cual la tasa de transferencia del material de revestimiento es más alta que lo que ha sido posible hasta ahora.

50 Aún otro objeto de la invención es proporcionar un método y dispositivo de este tipo que en la práctica hace posible el uso de materiales utilizando la PVD como material de revestimiento donde esto no ha sido posible hasta ahora.

55 De acuerdo con un primer aspecto de la invención uno o más de estos objetos son logrados mediante un método de revestimiento de un sustrato con una capa de un material, tal como un metal, en el cual una cantidad de material eléctricamente conductor es vaporizado en un espacio con una baja presión de fondo y se suministra energía al material que va a ser vaporizado con el fin de vaporizar este material, en cuyo método el material que va a ser vaporizado, mientras está siendo vaporizado, es mantenido flotando, sin apoyo, en el espacio y es encerrado en un campo electromagnético alterno, y en cuyo método el campo electromagnético alterno es generado con la ayuda de una corriente alterna de alta frecuencia. El sustrato es pasado a través del espacio en forma de una cinta y es continuamente revestido con una capa del material.

60 El material el cual está siendo vaporizado es cubierto por el campo electromagnético alterno atrayendo cantidades adicionales del material que va a ser vaporizado en el transcurso del tiempo. La acción de atracción del campo electromagnético alterno en el material hace fácil cubrir la cantidad de material que va a ser vaporizado, el cual disminuye como una consecuencia de la vaporización, continuamente o en etapas.

65 Si el material que va a ser vaporizado es atraído en una sección separada del campo alterno, la sección del campo alterno donde el material está siendo vaporizado no es afectada o es afectada en menor medida.

ES 2 309 305 T3

En este caso, el material que va a ser atraído preferiblemente no flota libremente en el espacio. Es entonces fácil para el material que va a ser atraído ser trasladado a un lugar en el espacio desde el cual éste es atraído, por un campo electromagnético alterno.

5 De acuerdo con una realización más ventajosa del método, la sección separada del campo alterno es obtenida por medio de una bobina auxiliar que es independiente de la bobina. Como resultado de ello, la operación de atracción en el material que va a ser vaporizado puede ser controlada y regulada independientemente de la vaporización del material.

10 Mantener el material que va a ser vaporizado flotando sin apoyo en el espacio significa que ya no es requerido el uso de un crisol de cobre o de cerámica. Como resultado, es posible suministrar una temperatura superior al material que va a ser vaporizado, debido a que el crisol ya no constituye el factor limitante. Por lo tanto, la tasa de transferencia del material vaporizado al sustrato puede ser aumentada. Debido a que ya no es necesario utilizar un crisol, también es posible vaporizar materiales que hasta ahora no han sido posible utilizar, considerando su capacidad para reaccionar con el material del crisol.

Es posible incluir un material eléctricamente conductor en un campo electromagnético alterno como resultado de las fuerzas de Lorentz, las cuales son generadas por la interacción entre el campo magnético externo y las corrientes en remolino que son inducidas en el material eléctricamente conductor.

20 El campo electromagnético alterno es generado con la ayuda de una corriente alterna de alta frecuencia. Una corriente alterna de alta frecuencia es requerida para que sea posible mantener flotando una masa lo suficientemente grande de material eléctricamente conductor para que esto sea posible para una cantidad de material eléctricamente conductor por minuto el cual es suficiente para el revestimiento del sustrato que a ser vaporizado de manera eficiente a escala industrial.

El proceso de flotación y fusión de materiales conductores en un campo electromagnético alterno es conocido bajo el nombre de "fusión con levitación". Un método y un dispositivo para este propósito son descritos en EP 0751361 B1; en este caso, el material fundido se utiliza para una fundición precisa. Debe ser señalado que un crisol enfriado con agua, con el cual el material fundido no debe entrar en contacto, sigue siendo siempre utilizado.

30 La fusión con levitación en un campo electromagnético alterno está también descrita en una serie de artículos de diversos autores en el "3er Simposio Internacional de Procesamiento Electromagnético de los Materiales", Abril 3-6 2000, Nagoya, Japón, pp 345-375. Hasta ahora, sin embargo, la fusión con levitación no ha sido usada en conjunto con la deposición en fase de vapor; la fusión con levitación seguida por la vaporización de acuerdo con la invención no es conocida.

La frecuencia de la corriente alterna es preferiblemente de 10 kHz o superior, preferiblemente más 50 kHz o superior, aún más preferiblemente 250 kHz o superior, aún más preferiblemente 1 MHz o superior, y todavía más preferiblemente 1.5 MHz o superior. El nivel de la frecuencia está relacionado con la cantidad de material que va a ser vaporizado por unidad de tiempo, por ejemplo si un sustrato va a ser revestido continuamente. Esto requiere una cierta área de superficie de vaporización y una temperatura seleccionada del material de flotación. Esta cantidad de material flotante requiere un mínimo de corriente en remolino en la capa de la superficie del material flotante y, por tanto, una frecuencia mínima de la corriente alterna.

45 De acuerdo con una realización preferida, el campo electromagnético alterno es generado con la ayuda de una corriente alterna que pasa a través de una bobina con una intensidad de corriente de 200 A o más, preferiblemente con una intensidad de corriente de 500 A o más, más preferiblemente con una intensidad de corriente de 1 kA o más, y aún más preferiblemente con una intensidad de corriente de 4 kA o más. La intensidad de la corriente alterna debe ser seleccionada como una función del nivel de la frecuencia de la corriente alterna a fin de tener una suficiente capacidad de calentamiento.

50 Preferiblemente, la energía que se disipa en el material flotante es al menos de 2 kW, preferiblemente al menos de 5 kW, y más preferiblemente al menos de 10 kW. Esto es deseable porque la vaporización del material flotante aumenta a medida que la energía disipada se hace mayor.

De acuerdo con una realización ventajosa del método, el material que va a ser vaporizado es calentado con la ayuda de calentamiento por inducción electromagnética. De esta manera, el material que va a ser vaporizado puede ser calentado a la temperatura alta deseada.

60 Como una alternativa o en adición, el material que va a ser vaporizado puede ser calentado con la ayuda de rayos láser y/o bombardeo de electrones y/o un plasma inductivamente acoplado y/o calentamiento por resistencia. Todos estos métodos de calentamiento pueden ser empleados fácilmente para calentar el material flotante.

65 El método anterior es utilizado preferentemente para vaporizar titanio, magnesio, estaño, zinc, cromo, níquel o aluminio o una mezcla de uno de estos metales con uno o más de otros materiales, incluidos estos u otros metales, debido a que éstos son materiales de revestimiento de importancia comercial. Después de la vaporización, algunos materiales pueden reaccionar con un gas reactivo, tal como oxígeno o nitrógeno, con el resultado de que óxidos no

ES 2 309 305 T3

conductores o nitruros sean formados. Esta reacción puede tener lugar durante la fase de vapor o inmediatamente después de la condensación del sustrato.

5 El sustrato es continuamente revestido con una capa de material. En muchos casos, esto significará que un sustrato es pasado a través de la cámara de vacío en forma de una tira, y durante el tiempo de residencia de una sección de la tira en la cámara debe ser vaporizado suficiente material para revestir esa sección de la tira. Hasta ahora, esto no fue posible debido a las bajas tasas de transferencia; sin embargo, con la ayuda del método descrito anteriormente es posible vaporizar suficiente material suficientemente rápido y, por tanto, revestir un sustrato tal como una tira a escala industrial.

10 Un segundo aspecto de la invención proporciona un dispositivo para revestir un sustrato con una capa de un material, tal como un metal, por la vaporización de un material eléctricamente conductor, que comprende una cámara equipada con medios para producir una baja presión de fondo en la cámara, medios para recibir el material que va a ser vaporizado, y los medios para el calentamiento del material que va a ser vaporizado, en cuyo dispositivo, de acuerdo con la invención, los medios para recibir el material a ser vaporizado comprenden una bobina que puede ser usada para generar un campo electromagnético alterno con el objetivo de habilitar el material que va a ser vaporizado a flotar sin apoyo. El mismo está provisto de medios para el aislamiento de la bobina desde un espacio de vaporización en la cámara, cuyos medios comprenden un tubo de cerámica. El campo electromagnético alterno de la bobina es formado de tal manera que una sección separada del campo alterno atrae el material a ser vaporizado.

20 La provisión de la bobina hace que sea posible que el material que va a ser vaporizado flote, de modo que ya no es requerido el uso de un crisol, con el resultado de que el método como se describió anteriormente puede ser llevado a cabo con la ayuda de este dispositivo.

25 La bobina está diseñada para generar el campo electromagnético mediante una corriente alterna de alta frecuencia. Debido a que la bobina hace uso de una corriente alterna de alta frecuencia, un campo electromagnético alterno es formado, en el cual las fuerzas de Lorentz pueden mantener el material que va a ser vaporizado flotando.

30 De acuerdo con una realización preferida, los medios para el calentamiento del material comprenden una bobina de inducción electromagnética. Por consiguiente, el material que va a ser calentado puede ser fácilmente calentado a una temperatura alta sin hacer contacto con el material que va a ser calentado.

35 Con la bobina en el dispositivo, es preferiblemente posible generar las corrientes alternas de alta frecuencia antes mencionadas, y preferiblemente también las intensidades de corriente alterna antes mencionadas.

Como alternativa o en adición, los medios para el calentamiento del material comprenden un láser y/o una fuente de electrones. Estos medios también pueden utilizarse para calentar el material que va a ser vaporizado, aunque ligeramente en menor medida.

40 El aislamiento de la bobina desde el espacio de vaporización en la cámara de vacío hace que sea fácil separar la bobina del material que va a ser vaporizado y permite muy buen enfriamiento de la bobina sin contaminación del material que entra en la cámara de vaporización y, por tanto, también alcanzar el sustrato. Por otra parte, el refrigerante no puede provocar un cortocircuito en la cámara. Como resultado, es posible permitir a la bobina alcanzar una alta energía y transmitirla al material que va a ser vaporizado. Los medios de aislamiento son fabricados de material de cerámica, debido a que la cerámica es resistente a altas temperaturas y a los refrigerantes. Los medios de aislamiento comprenden un tubo de cerámica, debido a que estos son más fáciles de producir y utilizar.

45 Los medios de aislamiento para la bobina también proporcionan la ventaja que el material conductor el cual se condensa sobre los materiales de aislamiento como consecuencia de las corrientes de remolino que son generadas por la bobina se funde o es vaporizado, de manera que retorna al material flotante como material fundido o es utilizado como vapor para revestir el sustrato. La bobina aislada, es por lo tanto, de auto-limpieza.

50 Existen medios de alimentación para suministrar el material que va a ser vaporizado en forma de alambre, con el fin de cubrir el material que se vaporiza durante el uso. El material que va a ser vaporizado tiene que ser constantemente cubierto teniendo en cuenta el hecho de que una sección del material se evapora por unidad de tiempo; con este propósito, los medios de alimentación deben estar diseñados de manera que la cámara de vacío se mantenga bajo vacío.

55 Un equipo de medición es de preferencia dispuesto en la cámara. Este equipo de medición se utiliza para controlar el proceso. El equipo de medición es preferiblemente adecuado, entre otras cosas, para medir la temperatura, por ejemplo por medio de pirometría óptica.

65

ES 2 309 305 T3

REIVINDICACIONES

1. Método para revestir un sustrato con una capa de un material, tal como un metal, en el cual una cantidad de un material eléctricamente conductor es vaporizado en un espacio con una baja presión de fondo y se suministra energía al material que va a ser vaporizado con el fin de vaporizar este material, donde el material que va a ser vaporizado, mientras está siendo vaporizado, es mantenido flotando, sin apoyo, en el espacio y es encerrado en un campo electromagnético alterno, el campo electromagnético alterno siendo generado con la ayuda de una corriente alterna de alta frecuencia que pasa a través de una bobina, **caracterizado** porque el sustrato es pasado a través del espacio en forma de una cinta y es continuamente revestido con una capa del material y que el material que va a ser vaporizado es cubierto con cantidades adicionales de material a ser vaporizado durante el transcurso del tiempo, donde el campo electromagnético alterno de la bobina es formado de manera que una sección separada del campo alterno atrae el material a ser vaporizado.
2. Método de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que la frecuencia de la corriente alterna es 10 kHz o superior, preferiblemente 50 kHz o superior, más preferiblemente 250 kHz o superior, aún más preferiblemente 1 MHz o superior y todavía más preferiblemente 1,5 MHz o superior.
3. Método de acuerdo con la Reivindicación 1 ó 2, en el que el campo electromagnético alterno es generado con la ayuda de una corriente alterna con una intensidad de corriente de 200 A o más, preferiblemente con una intensidad de corriente de 500 A o más, más preferiblemente con una intensidad de corriente de 1 kA o más, y aún más preferiblemente con una intensidad de corriente de 4 kA o más.
4. Método de acuerdo con la Reivindicación 1, 2 ó 3 en el que la energía que es disipada en el material flotante es al menos 2 kW, preferiblemente al menos 5 kW, y más preferiblemente al menos 10 kW.
5. El método de acuerdo con la Reivindicación 1, 2, 3 ó 4 en el que el material que va a ser vaporizado es calentado con la ayuda de calentamiento por inducción electromagnética.
6. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el material que va a ser vaporizado es calentado con la ayuda de rayos láser y/o bombardeo de electrones y/o plasma inductivamente acoplado y/o calentamiento por resistencia.
7. El método de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que el material que va a ser atraído no flota libremente en el espacio.
8. El método de acuerdo con la Reivindicación 1 ó 7, en el que la sección separada del campo alterno es obtenida por medio de una bobina auxiliar que está separada de la bobina.
9. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el titanio, magnesio, estaño, zinc, cromo, níquel o aluminio o una mezcla de uno de estos metales con uno u otros materiales incluyendo estos u otros metales es vaporizado.
10. Dispositivo para revestir un sustrato con una capa de un material, tal como un metal, por vaporización de un material eléctricamente conductor, comprendiendo una cámara provista con medios para la producción de una baja presión de fondo en la cámara, medios para la recepción del material que va a ser vaporizado, y medios para el calentamiento del material que va a ser vaporizado comprendiendo una bobina que puede ser usada para generar un campo electromagnético alterno con el fin de habilitar el material que va a ser vaporizado a flotar sin apoyo, **caracterizado** porque existen medios para el aislamiento de la bobina a partir de un espacio de vaporización en la cámara, cuyos medios de aislamiento comprenden un tubo de cerámica y porque el campo electromagnético alterno de la bobina es formado de manera que una sección separada del campo alterno atrae el material a ser vaporizado.
11. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 10, en el que la bobina es designada para generar el campo electromagnético alterno mediante una corriente alterna de alta frecuencia.
12. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 10 u 11, en el que los medios para el calentamiento del material comprenden una bobina de inducción electromagnética.
13. El dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 10, 11 ó 12, en el que los medios para el calentamiento del material comprenden un láser y/o una fuente de electrones.
14. El dispositivo de acuerdo con una de las Reivindicaciones 10-13, en el que los medios de aislamiento son hechos de material de cerámica.
15. El dispositivo de acuerdo con una de las Reivindicaciones 10-14, en el que los medios de alimentación para suministrar el material que va a ser vaporizado en forma de alambre son suministrados, con el fin de cubrir el material el cual está siendo vaporizado durante su uso.

ES 2 309 305 T3

16. El dispositivo de acuerdo con una de las Reivindicaciones 10-15, en el que el equipo de medición está dispuesto en la cámara.

5 17. El dispositivo de acuerdo a la Reivindicación 16, en el que el equipo de medición es adecuado para la medición de la temperatura.

18. El dispositivo de acuerdo con una de las Reivindicaciones 10-17, el cual es adecuado para llevar a cabo el método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-9.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65