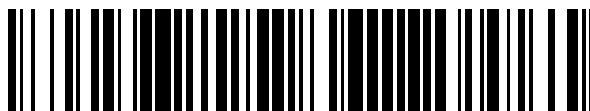


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 667**

51 Int. Cl.:

C23C 14/34 (2006.01)

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 14/08 (2006.01)

C23C 14/10 (2006.01)

F24S 70/20 (2008.01)

F24S 70/30 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2016 PCT/IB2016/056504**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.05.2017 WO17072711**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2016 E 16794431 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3368834**

54 Título: **Método para la deposición de capas funcionales adecuadas para tubos receptores de calor**

30 Prioridad:

30.10.2015 EP 15192258

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

17.03.2020

73 Titular/es:

**RIOGLASS SOLAR SYSTEMS LTD. (100.0%)
3 Ha'hachshara Street
9905303 Beit Shemesh, IL**

72 Inventor/es:

BARKAI, MENASHE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 748 667 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

Método para la deposición de capas funcionales adecuadas para tubos receptores de calor

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere a un método para disponer (es decir, depositar) al menos una capa funcional adecuada para un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar. En particular, el método dado a conocer puede usarse para preparar recubrimientos funcionales basados en materiales dieléctricos o en una disposición de capas dieléctricas y conductoras.

Los recubrimientos funcionales pueden aplicarse en el campo de la tecnología de concentración solar para producir energía eléctrica a partir de radiación solar, y más particularmente, a tubos receptores de calor en centrales eléctricas de colectores cilindro-parabólicos.

15 **Antecedentes**

Una unidad de captación de energía solar de una central eléctrica de campo solar basada en la técnica de energía solar de concentración comprende, por ejemplo, un cilindro con espejos parabólicos y un tubo receptor de calor. El tubo receptor de calor (también conocido habitualmente como elemento captador de calor (HCE, *heat collector element*)) se dispone en una línea focal de los espejos. Se enfoca la luz solar mediante los espejos en el tubo receptor de calor, que está lleno de un fluido de transferencia de calor, por ejemplo un aceite térmico o una sal térmica fundida. La energía de la luz solar se acopla en el fluido de transferencia de calor mediante el tubo receptor de calor para convertir la energía solar en energía térmica.

Para optimizar la eficiencia con la que se acopla la energía de la luz solar en el fluido de transferencia de calor, el tubo receptor debe poder resistir altas temperaturas, maximizar la absorción de radiación solar y, al mismo tiempo, minimizar la pérdida de energía de la emisión de radiación debida a la alta temperatura.

Para ello, el tubo receptor de calor está cubierto normalmente con un recubrimiento selectivo frente a la radiación solar que proporciona al tubo receptor de calor una alta absorbancia de la radiación solar, y una baja emisividad con el rango de radiación del infrarrojo térmico. De manera ideal, el recubrimiento debe proporcionar una absorbancia del 100% ($\alpha=1$, reflectancia del 0%) dentro del rango de irradiancia solar, y una emisividad del 0% ($\epsilon=0$, reflectancia del 100%) dentro del rango de emitancia térmica.

El recubrimiento selectivo frente a la radiación solar comprende habitualmente un apilamiento multicapa con capas de película delgada depositadas de manera secuencial (capas funcionales) que tienen diferentes características ópticas que proporcionan conjuntamente los requisitos deseados de alta absorción en la región del espectro solar, y alta transparencia en la región del infrarrojo térmico. Por ejemplo, estas capas funcionales pueden ser capas de cermet y capas dieléctricas.

Cermet es un acrónimo derivado de los términos cerámica y metal, que son dos fases mayoritarias de este material. Los materiales de tipo cermet son materiales compuestos de cerámica-metal que se componen de una matriz cerámica y un metal, o una sustancia que tiene un comportamiento metálico, dispersa en la matriz cerámica. El metal o la sustancia metálica está presente generalmente en forma de nanopartículas, que son normalmente de tamaños muy pequeños, del orden de 10 - 50 ángstrom (1-5 nm). Otra configuración es un apilamiento multicapa de capas delgadas alternas de metal y dieléctrico. La razón entre metal y dieléctrico dentro del material compuesto viene dada por el factor de llenado (F.F., *filling factor*). El coeficiente de extinción, y a su vez la absorbancia, aumenta con el factor de llenado.

Los materiales de tipo cermet como absorbedores solares han suscitado interés desde los años 1950, cuando Tabor, Gier y Dunkle presentaron sus primeros resultados sobre el uso de cermets como materiales de recubrimiento para absorción selectiva de radiación solar. Desde entonces, se han estudiado las características selectivas de absorción de numerosos materiales compuestos.

Capas dieléctricas en el recubrimiento selectivo frente a la radiación solar funcionan como recubrimiento antirreflectante (AR) para corresponder con interferencia destructiva en la mayor parte del espectro solar y también como barreras de difusión, para restringir la difusión entre el sustrato y el recubrimiento y/o entre las diferentes capas.

Existen numerosos métodos para depositar las diferentes capas del recubrimiento selectivo frente a la radiación solar sobre la superficie del sustrato, sin embargo en la práctica industrial el método más conveniente y eficiente es mediante pulverización catódica. La deposición por pulverización o pulverización catódica es un método de deposición física en fase de vapor (PVD) que implica expulsar material de un objetivo sobre un sustrato mediante el bombardeo del objetivo con partículas energéticas. Se usan objetivos de metales y dieléctricos en el procedimiento de pulverización catódica. En particular, normalmente se usa una fuente de alimentación de CC (corriente continua)

para depositar metales, mientras que se usa una fuente de alimentación de RF (radiofrecuencia) para depositar materiales dieléctricos.

WO 97/00335 A1 describe un método para obtener un recubrimiento selectivo a energía solar con una estructura de tres capas que comprende: una capa metálica que refleja el infrarrojo, una capa absorbente de energía solar y una capa antirreflectante. La capa absorbente se deposita como un cermet, típicamente un cermet de nitrato de aluminio-wolframio, que se forma al pulverizar dichos materiales de forma simultánea desde un primer y un segundo electrodo metálico en presencia de un gas que es reactivo respecto al metal del que está formado el segundo electrodo y sustancialmente no reactivo con el metal del que está formado el primer electrodo.

En la pulverización catódica reactiva, se forma la película depositada mediante pulverización catódica de un objetivo metálico en presencia de un gas reactivo. Los iones metálicos del objetivo metálico reaccionan con el gas reactivo para formar el compuesto deseado en el sustrato. La composición de la película puede controlarse variando las presiones relativas de gases inertes y reactivos.

Un procedimiento típico de pulverización catódica reactiva puede funcionar en tres modos diferentes: modo metálico, modo de compuesto y modo de transición.

En el modo metálico, el gas reactivo que fluye al interior de la cámara no es suficiente para reaccionar con la totalidad del material sometido a pulverización catódica depositado. De ese modo, la película depositada en el sustrato es subestequiométrica. En este modo, la superficie objetivo de la pulverización catódica es predominantemente metálica.

En el modo de transición, existe una compleja dependencia de la composición con el flujo de gas reactivo. Las condiciones óptimas pueden ser inestables.

En el modo de compuesto, la presión parcial del gas reactivo es alta y no solo se forma una película de compuesto sobre el sustrato según se desea, sino también sobre el objetivo de la pulverización. Sin embargo, la realización de la pulverización catódica reactiva se ve impedida por el efecto del "envenenamiento" del objetivo, dando como resultado un rendimiento de pulverización significativamente reducido y, de ese modo, una tasa de deposición reducida.

A menudo se depositan películas de compuesto tales como películas de óxidos o nitrato usando un objetivo de compuesto aislante mediante pulverización catódica con magnetron de RF, o mediante pulverización catódica con magnetron de RF o MF reactiva de un objetivo conductor con gases reactivos.

Por tanto, cuando se preparan materiales de tipo cermet, la matriz cerámica se deposita habitualmente por medio de pulverización catódica de RF, o por medio de pulverización catódica reactiva en un entorno que comprende gases reactivos (O_2 o N_2), mientras que el metal disperso en la matriz cerámica se deposita por medio de pulverización catódica de CC (copulverización catódica de CC-RF o copulverización catódica de CC-reactiva como procedimiento global).

Sin embargo, el uso de una fuente de alimentación de RF, como fuente para la pulverización catódica de dieléctricos para formar capas de cermet o antirreflectantes (AR), presenta algunas desventajas y limitaciones como las siguientes:

- baja tasa de deposición de dieléctricos y nivel limitado de suministro de energía (hasta 30 kW en comparación con más de 250 kW para la pulverización catódica de CC) dando como resultado una baja productividad; y
- baja uniformidad de grosor.

Con respecto al uso de pulverización catódica de MF reactiva para la deposición de dieléctricos, se encuentra la resolución de problemas tales como la no uniformidad del grosor cuando se funciona en modo de transición, o la duración limitada del objetivo cuando se funciona en modo de compuesto. Particularmente, cuando un tubo receptor de calor se recubre mediante pulverización catódica de MF reactiva en el campo técnico solar, las principales limitaciones son las siguientes:

- escasa durabilidad frente a la temperatura en modo metálico, y
- baja uniformidad del nivel de oxidación.

Por tanto, existe la necesidad en la técnica de métodos alternativos para producir capas o recubrimientos funcionales para recubrimientos multicapa selectivos frente a la radiación solar.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un método para disponer sobre un sustrato capas funcionales adecuadas para recubrimientos multicapa selectivos frente a la radiación solar, y más específicamente, para recubrimientos de tubos receptores de calor. En particular, este método es adecuado para preparar recubrimientos que se componen de

diferentes clases de disposiciones basadas en capas conductoras y dieléctricas así como recubrimientos de dieléctricos.

El método de recubrimiento dado a conocer en la presente solicitud representa una herramienta versátil, que proporciona la implementación práctica y factible para una variedad de técnicas de deposición, especialmente para la tecnología de pulverización catódica de CC y/o MF, para la obtención de recubrimientos selectivos uniformes, reproducibles y duraderos que van a usarse en la tecnología solar.

Por tanto, en un primer aspecto la invención se refiere a un método para la deposición de al menos una capa funcional adecuada para un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar, comprendiendo dicho método:

- a) proporcionar un sustrato;
- b) depositar material conductor sobre dicho sustrato en una cámara de deposición (1) para obtener un sustrato recubierto con la al menos una capa conductora;
- c) transferir el sustrato recubierto obtenido en b) a una cámara de transformación (2);
- d) transformar el recubrimiento del sustrato introduciendo un gas reactivo en la cámara de transformación (2) de modo que al menos una capa conductora externa de la al menos una capa conductora se transforme parcialmente o totalmente en al menos una capa dieléctrica;

y

- e) opcionalmente, transferir el sustrato obtenido en d) a la cámara de deposición (1) y repetir el método desde la etapa b) varias veces.

El método de la invención puede denominarse "método en modo dual" puesto que combina una etapa de depositar una capa conductora y una etapa de transformar, parcialmente o totalmente, dicha capa conductora en una capa dieléctrica.

El método puede repetirse tantas veces como sea necesario para obtener al menos una capa funcional.

En una realización preferida, el método se usa para preparar recubrimientos basados en capas conductoras y dieléctricas. Más preferiblemente, el método se usa para preparar una disposición o un apilamiento periódico y alterno de una capa conductora y una capa dieléctrica. Tal disposición o apilamiento multicapa puede presentar un comportamiento óptico similar al de un material de tipo cermet y se denomina en el presente documento material similar a cermet.

En otra realización preferida, el método se usa para preparar recubrimientos de materiales dieléctricos, como óxidos o nitruros.

Ambos tipos de capas funcionales, el recubrimiento de material similar a cermet y el recubrimiento de dieléctricos, pueden formar parte de un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar tal como los diseñados para tubos receptores de calor, es decir capas de absorción, capas antirreflectantes y barreras de difusión.

Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a partir de, y se dilucidarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

Para entender mejor la invención, sus objetos y ventajas, se adjuntan las siguientes figuras a la memoria descriptiva en las que se representa lo siguiente:

La figura 1 muestra una sección transversal de un aparato a modo de ejemplo para llevar a cabo el método de la invención sobre tubos receptores de calor. El aparato está equipado con una cámara de deposición (1) y una cámara de transformación (2) y dos cámaras de separación (3, 4) que están dotadas de bombas de vacío y colocadas entre dichas cámaras (1, 2). Además, hay un tambor de carrusel rotatorio (5) sobre el que se cargan los tubos que van a recubrirse. Cada tubo rota alrededor de su eje durante la rotación de carrusel. Por tanto, cada tubo se mueve a modo de planeta, que tiene tanto revolución como rotación.

Descripción detallada

La presente invención proporciona un método para disponer capas funcionales como las usadas en recubrimientos multicapa selectivos frente a la radiación solar. El método de la invención es particularmente útil para preparar un apilamiento múltiple de capas conductoras y dieléctricas sobre un sustrato, así como para la deposición de capas dieléctricas. El método de la invención comprende las siguientes etapas:

- a) proporcionar un sustrato;
- b) depositar material conductor sobre dicho sustrato en una cámara de deposición (1) para obtener un sustrato recubierto con la al menos una capa conductora;
- c) transferir el sustrato recubierto obtenido en b) a una cámara de transformación (2);

d) transformar la superficie del sustrato recubierto introduciendo un gas reactivo en la cámara de transformación (2) de modo que al menos una capa conductora externa de la al menos una capa conductora se transforme parcialmente o totalmente en al menos una capa dieléctrica;

y

e) opcionalmente, transferir el sustrato obtenido en d) a la cámara de deposición (1) y repetir el método desde la etapa b) tantas veces como sea necesario para obtener al menos una capa funcional.

Tal como se usa en el presente documento, “capa o recubrimiento funcional” se refiere a una capa o un recubrimiento que tienen una función, y la función significa una acción obtenida a través de fenómenos físicos y/o químicos, preferiblemente estando relacionada dicha acción con las características ópticas. En una realización preferida, la capa funcional es un recubrimiento similar a cermet basado en un apilamiento periódico y alterno de capas conductoras y dieléctricas depositadas de manera secuencial, que puede usarse como absorbedor solar para proporcionar alta absorción solar. En otra realización preferida, la capa funcional es un recubrimiento de material dieléctrico (tal como un óxido o un nitruro) que puede usarse como capa antirreflectante o como una barrera de difusión.

Las capas adyacentes se cubren entre sí al menos de manera parcial. Preferiblemente, una capa cubre la capa subyacente por completo.

En el contexto de la invención, el término “sustrato” se refiere a cualquier material que tiene al menos una conductividad residual y que comprende una superficie que puede recubrirse. Preferiblemente, los sustratos que van a recubrirse se seleccionan de metal, óxidos o cerámicas. Más preferiblemente, el sustrato es un tubo receptor de calor de acero inoxidable, que puede no estar recubierto o estar recubierto con al menos un recubrimiento previo.

Según la etapa b) del método de invención, se deposita un material conductor sobre el sustrato proporcionado en la cámara de deposición (1) para obtener un sustrato recubierto con al menos una capa conductora. Esta capa conductora podría ser un metal, un semiconductor o una cerámica conductora tal como boruros.

Las técnicas adecuadas para la deposición del material conductor en la etapa b) incluyen, pero no se limitan a, pulverización catódica de CC, pulverización catódica de CC pulsada de MF o pulverización catódica de MF dual.

En el contexto de la presente invención, el término “cámara de deposición” o “cámara de unión” se refiere a una cámara en la que se deposita una capa conductora. En una realización particular, la cámara de deposición comprende una pulverización catódica de CC, una pulverización catódica de CC pulsada de MF o una pulverización catódica de MF dual que tiene al menos un cátodo cargado con un objetivo conductor. En una realización más particular, la pulverización catódica de la cámara de deposición contiene dos cátodos cargados, cada uno, con un objetivo conductor, que pueden ser iguales o diferentes. En una realización más particular, se une una capa conductora al sustrato. En otra realización más particular, se unen dos capas conductoras diferentes al sustrato usando dos cátodos diferentes, por ejemplo en la pulverización catódica de CC.

En una realización particular, el material del objetivo conductor del cátodo contenido en la pulverización catódica se selecciona del grupo que incluye, pero no se limita a, aluminio (Al), cromo (Cr), titanio (Ti), niobio (Nb), zirconio (Zr), tántalo (Ta), níquel (Ni), cobre (Cu), cobalto (Co), hafnio (Hf), vanadio (V), molibdeno (Mo), tungsteno (W), silicio (Si), nicromo (NiCr), boruro de titanio (TiB₂), boruro de tántalo (TaB₂), boruro de zirconio (ZrB₂), boruro de hafnio (HfB₂), boruro de niobio (NbB₂) y boruro de vanadio (VB₂), o una combinación o aleación de los mismos. En una realización preferida, el material conductor se selecciona de una cerámica conductora tal como un boruro. Preferiblemente, el objetivo conductor se selecciona del grupo que consiste en boruro de titanio (TiB₂), boruro de tántalo (TaB₂), boruro de zirconio (ZrB₂), boruro de hafnio (HfB₂), boruro de niobio (NbB₂) y boruro de vanadio (VB₂), o una combinación o aleación de los mismos.

En otra realización preferida, el material conductor se selecciona de Al, Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cu, Cr, Ni, o una combinación o aleación de los mismos.

En la pulverización catódica de CC, se suministra una corriente continua (CC) a un cátodo que tiene un objetivo conductor. La tensión de pulverización está comprendida normalmente entre aproximadamente -300 V y aproximadamente -1 kV. Según una realización particular, la tensión está comprendida entre aproximadamente -300 V y -700 V.

En una realización particular, la pulverización catódica de CC es una pulverización catódica con magnetron de CC que incluye además imanes colocados detrás del objetivo para aumentar la tasa de deposición de película.

La pulverización catódica de CC de la cámara de deposición incluye normalmente un sistema de alimentación de gas para alimentar uno cualquiera de o cualquier combinación de gases inertes tales como argón y neón. Además, se proporcionan preferiblemente medios de control para variar la presión de trabajo, y para variar el flujo de los gases inertes en la cámara de unión. En particular, unas válvulas pueden controlar el flujo de los gases al cátodo.

En el contexto de la presente invención mediante el término “presión de trabajo” se entiende la presión a la que tiene lugar el procedimiento de deposición. La deposición o unión de la capa conductora sobre el sustrato mediante pulverización catódica de CC se realiza de manera conveniente en presencia de al menos un gas inerte tal como argón. La presión de trabajo durante la deposición está comprendida normalmente entre aproximadamente 1×10^{-3} mbar y aproximadamente 5×10^{-3} mbar. En una realización particular, la presión de trabajo es de aproximadamente 2×10^{-3} mbar a aproximadamente 3×10^{-3} mbar de Ar.

En una realización particular, el sustrato se somete a recocido en la cámara de deposición a una temperatura comprendida entre aproximadamente 200°C y aproximadamente 450°C, preferiblemente a una temperatura comprendida entre aproximadamente 220°C y aproximadamente 300°C.

La distancia entre el sustrato y el cátodo se fija habitualmente. En una realización particular, la distancia entre el sustrato y el cátodo está comprendida entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 10 mm, preferiblemente la distancia está comprendida entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 8 mm. En una realización preferida, la distancia entre el sustrato y el cátodo es de aproximadamente 8 mm.

Según la etapa c) del método de la invención, el sustrato recubierto obtenido en b) se transfiere a una cámara de transformación.

En una realización particular, el sustrato recubierto que se transfiere a la cámara de transformación es un tubo receptor de calor recubierto, cargándose dicho tubo en un tambor de carrusel rotatorio (5), en el que el tambor de carrusel rotatorio rota periódicamente entre la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2), mientras que los tubos cargados rotan a su vez alrededor de su propio eje en rotación de tipo planetario. Según una configuración particular, el tambor de carrusel (5) puede cargar hasta 56 tubos (por ejemplo 8, 16, 24, 32, 40, 48 ó 56 tubos).

En una realización particular, la cámara de deposición (1) en el método de la invención se dispone junto a la cámara de transformación (2).

En otra realización particular, la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2) están separadas con blindajes.

En una realización particular, hay cámaras de separación colocadas entre la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2). En una realización más particular, hay una cámara de separación (3) colocada entre la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2) y otra cámara de separación (4) colocada entre la cámara de transformación (2) y la cámara de deposición (1). Las cámaras de separación pueden incluir una o más bombas de vacío.

En otra realización particular, la atmósfera de la deposición y la cámara de transformación se aísla por medio de bombas de vacío conectadas a cada una de las cámaras.

Las bombas de vacío pueden seleccionarse, por ejemplo, de bomba rotatoria, turbobomba y una combinación de ambas. La presión de vacío obtenida mediante las bombas de vacío es generalmente inferior a 1×10^{-5} mbar y está comprendida normalmente entre aproximadamente 1×10^{-3} mbar y aproximadamente 5×10^{-3} mbar durante el procedimiento de pulverización catódica.

En el contexto de la presente invención, el término “cámara de transformación” o “cámara para transformar” se refiere a una cámara que incluye un sistema de alimentación de gas para alimentar gases reactivos tales como oxígeno, nitrógeno y combinaciones de los mismos. En una realización particular, la cámara de transformación contiene oxígeno o nitrógeno como gases reactivos. Además, el sistema de alimentación de gas de la cámara de transformación sirve normalmente para alimentar también gases inertes tales como argón, neón, y combinaciones de los mismos.

Además, se proporciona preferiblemente un sistema de control de procedimiento para variar la razón de gas inerte con respecto a gas reactivo mediante válvulas de control de flujo. Estas válvulas pueden controlar el flujo del gas al cátodo asociado respectivamente.

Según la etapa d), se transforma el sustrato recubierto con al menos una capa conductora (por ejemplo, una capa metálica o de boruro) y transferido a la cámara de transformación, de modo que al menos la capa conductora externa se transforme parcialmente o totalmente en al menos una capa dieléctrica. Cuando el sustrato recubierto con al menos una capa conductora obtenida en la etapa b) se transfiere a una cámara de transformación que contiene al menos un gas reactivo, la capa conductora depositada previamente puede reaccionar totalmente o parcialmente con los gases reactivos introducidos para formar un material dieléctrico, es decir, la transformación de la capa conductora en un dieléctrico puede ser en cualquier porcentaje del grosor de la capa conductora. Por ejemplo, la capa conductora externa puede transformarse en un dieléctrico aproximadamente al 10%, aproximadamente al 20%, aproximadamente al 30%, aproximadamente al 40%, aproximadamente al 50%,

aproximadamente al 60%, aproximadamente al 70%, aproximadamente al 80%, aproximadamente al 90% de profundidad desde la superficie o al 100% (es decir, transformación completa). En una realización particular, la capa conductora externa se transforma totalmente en una capa dieléctrica en la etapa d) del método de la invención.

5 En otra realización particular, el sustrato se recubre con una capa conductora en la etapa b) y dicha capa conductora se transforma parcial o totalmente en una capa dieléctrica en la etapa d). En otra realización particular, el sustrato se recubre con dos capas conductoras en la etapa b) y dichas capas conductoras se transforman parcial o totalmente en capas dieléctricas en la etapa d).

10 En una realización particular, la presión de trabajo en la cámara de transformación está comprendida normalmente entre aproximadamente 1×10^{-3} mbar y aproximadamente 5×10^{-3} mbar. En una realización más particular, la presión de trabajo está comprendida entre aproximadamente 2×10^{-3} mbar y aproximadamente 3×10^{-3} mbar de Ar.

La etapa d) puede estar asistida por una descarga de plasma, tal como se explica a continuación.

15 Además, la etapa d) también puede comprender, después o de manera simultánea a la transformación de la capa conductora en dieléctricos, la deposición de material dieléctrico adicional por medio de pulverización catódica de MF dual o pulverización catódica de CC pulsada. Preferiblemente, dicho material dieléctrico también se deposita en el interior de la cámara de transformación.

20 La deposición del material dieléctrico adicional en la etapa d) puede llevarse a cabo por medio de una pulverización catódica de MF o pulverización catódica de CC pulsada. En una realización particular, se aplica pulverización catódica con magnetrón dual de MF.

25 La pulverización catódica con magnetrón dual de MF funciona a frecuencia media, por ejemplo de desde aproximadamente 20 hasta aproximadamente 350 kHz, y la tensión de pulverización está comprendida normalmente entre aproximadamente -300 V y aproximadamente -1 kV, preferiblemente una tensión comprendida entre aproximadamente -300 V y -700 V para depositar compuestos. En este intervalo de frecuencia, las inversiones de tensión objetivo periódicas suprimen la formación de arcos en el objetivo, proporcionando estabilidad al procedimiento, particularmente durante la deposición de dieléctricos.

30 En una realización particular, la cámara de transformación comprende una fuente de plasma, de modo que la etapa d) (es decir, la transformación de la capa conductora en capa dieléctrica y opcionalmente la deposición de material dieléctrico adicional) está asistida por una descarga de plasma. La fuente de plasma produce una descarga de plasma que mejora la ionización de las especies reactivas. Preferiblemente, la fuente de plasma en el magnetrón de pulverización catódica dual de la invención es plasma de frecuencia media con una frecuencia comprendida entre aproximadamente 20 y aproximadamente 100 kHz.

35 La asistencia de plasma es útil en particular en la formación de nitruros, puesto que el nitrógeno tiene una reacción limitada con nuevo metal a vacío. En una realización particular, se lleva a cabo la deposición de nitruros mediante el sistema de magnetrón de pulverización catódica dual asistido por una fuente de plasma. Una descarga de plasma también puede asistir en la deposición por pulverización de óxidos o nitruros de metal con uno o más metales (por ejemplo, óxidos mixtos).

40 En una realización particular, la capa dieléctrica obtenida en la etapa d) comprende un material dieléctrico seleccionado del grupo que consiste en Al_xO_y , Si_xO_y , Ta_xO_y , Ti_xO_y , Zr_xO_y , Hf_xO_y , Nb_xO_y , V_xO_y , Cr_xO_y , Cu_xO_y , Co_xO_y , Ni_xO_y , $(NiCr)_xO_y$, Mo_xO_y , W_xO_y , $(TiB_2)_xO_y$, $(TaB_2)_xO_y$, $(ZrB_2)_xO_y$, $(HfB_2)_xO_y$, $(VB_2)_xO_y$, Al_xN_y , Si_xN_y , Ta_xN_y , Ti_xN_y , Zr_xN_y , Hf_xN_y , Nb_xN_y , V_xN_y , Cr_xN_y , Cu_xN_y , Co_xN_y , Ni_xN_y , $(NiCr)_xN_y$, Mo_xN_y , W_xN_y , $(TiB_2)_xN_y$, $(TaB_2)_xN_y$, $(ZrB_2)_xN_y$, $(HfB_2)_xN_y$ y $(VB_2)_xN_y$, o una combinación o aleación de los mismos.

45 En una realización preferida, la capa dieléctrica obtenida en la etapa d) comprende un óxido o un nitruro de un boruro. Preferiblemente, la capa dieléctrica obtenida en la etapa b) se selecciona del grupo que consiste en $(TiB_2)_xN_y$, $(TiB_2)_xO_y$, $(TaB_2)_xN_y$, $(TaB_2)_xO_y$, $(ZrB_2)_xN_y$, $(ZrB_2)_xO_y$, $(HfB_2)_xN_y$, $(HfB_2)_xO_y$, $(NbB_2)_xN_y$, $(NbB_2)_xO_y$, $(VB_2)_xN_y$ y $(VB_2)_xO_y$, o una combinación o aleación de los mismos.

50 En otra realización particular, la capa dieléctrica obtenida en la etapa d) comprende un óxido o un nitruro de Al, Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cu, Cr o Ni.

55 En una realización particular, el material objetivo que participa en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual para depositar material dieléctrico es el mismo material que en la etapa b), dando como resultado la formación de un dieléctrico puro sobre la capa conductora restante, si la hubiera.

60 En otra realización particular, el material objetivo que participa en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual es un material diferente del que hay en la etapa b), dando como resultado la formación de una aleación dieléctrica y/o un apilamiento de dieléctricos sobre la capa conductora restante, si la hubiera. Dicha aleación

dieléctrica y/o apilamiento de dieléctricos deriva de la capa dieléctrica obtenida a partir de la transformación de la capa conductora y el material dieléctrico depositado en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual.

Tal como se expone en la etapa e), el método de la invención puede repetirse tantas veces como se desee para obtener al menos una capa funcional adecuada para un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar. En una realización particular, se pretende que la capa funcional forme parte de un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar de un tubo receptor de calor. Más particularmente, la capa funcional es o puede formar parte de un recubrimiento de absorbedor de material similar a cermet, un recubrimiento antirreflectante o una barrera de difusión de material dieléctrico.

Disposición de una capa funcional de material similar a cermet (adecuada para un recubrimiento absorbente de energía solar)

El método de la invención puede usarse para preparar una capa o un recubrimiento funcional de un material basado en una disposición periódica de capas ultradelgadas que se comporta de manera similar a un material de tipo cermet. En particular, el material similar a cermet es una disposición o un apilamiento periódico y alterno de una capa conductora y una capa dieléctrica.

En una realización particular para el material similar a cermet, el índice de refracción n se selecciona del intervalo entre aproximadamente 1,5 y aproximadamente 4,0 y el coeficiente de extinción k se selecciona del intervalo entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 3,0 en el intervalo de longitud de onda entre aproximadamente 350 nm y aproximadamente 2500 nm, más particularmente, el índice de refracción n se selecciona del intervalo entre aproximadamente 2,0 y aproximadamente 3,5 y el coeficiente de extinción se selecciona del intervalo entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 2,5.

En el material similar a cermet, la capa conductora de absorción y la capa dieléctrica transparente pueden representarse como $(M/M_xO_y)^r$ y $(M/M_xN_y)^r$ para las capas oxidada y nitrurada respectivamente, donde:

- M es una capa conductora de absorción;
- M_xO_y es una capa de óxido dieléctrica transparente;
- M_xN_y es una capa de nitrato dieléctrica transparente; y
- r es el número de repetición de capa dual (conductora-dieléctrica).

A continuación hay ejemplos particulares en los que la capa conductora depositada en la etapa b) se transforma parcialmente en un dieléctrico en la etapa d), obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa de capas conductoras y dieléctricas alternas (material similar a cermet) adecuado como recubrimiento absorbente de energía solar para un tubo receptor de calor: Al/ Al_xO_y , Al/ Al_xN_y , Ti/ Ti_xO_y , Ta/ Ta_xO_y , Cr/ Cr_xO_y , Ni/ Ni_xO_y , Cu/ Cu_xO_y , Co/ Co_xO_y , Mo/ Mo_xO_y , W/ W_xO_y , NiCr/(NiCr) $_xO_y$, TiB₂/(TiB₂) $_xO_y$, TiB₂/(TiB₂) $_xN_y$, TaB₂/(TaB₂) $_xO_y$, TaB₂/(TaB₂) $_xN_y$, ZrB₂/(ZrB₂) $_xO_y$, ZrB₂/(ZrB₂) $_xN_y$, HfB₂/(HfB₂) $_xO_y$, HfB₂/(HfB₂) $_xN_y$, VB₂/(VB₂) $_xO_y$, VB₂/(VB₂) $_xN_y$, o una combinación de los mismos.

En otra realización, se depositan dos capas conductoras diferentes en la etapa b) usando dos cátodos diferentes en la pulverización catódica de CC y/o MF. Usar dos materiales conductores resulta especialmente ventajoso cuando el primero tiene alta afinidad y podría oxidarse/nitrurarse por completo.

En tal caso, puede pulverizarse encima del mismo una segunda capa conductora que experimentará transformación en dieléctrica y mantener tal cual la primera. La configuración básica será entonces: $(M^1/M^2_xO_y)^r$ y $(M^1/M^2_xN_y)^r$, donde:

- M¹ es el primer material conductor;
- M² es el segundo material conductor que se transfiere por completo al dieléctrico de óxido M² $_xO_y$ o al dieléctrico de nitrato M² $_xN_y$; y
- r es el número de repetición de la capa dual (conductora-dieléctrica).

Por ejemplo, Mo reacciona fácilmente con O₂. Para tener un apilamiento de Mo/Al₂O₃, pueden depositarse Mo y Al en la cámara de deposición y luego oxidarse el Al en la cámara de transformación, sin afectar al Mo.

A continuación hay ejemplos particulares en los que se depositan dos capas conductoras en la etapa b) y la segunda capa se transforma en un dieléctrico en la etapa d), obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa de capas conductoras y dieléctricas alternas (material similar a cermet) adecuado como recubrimiento absorbente de energía solar para un tubo receptor de calor, donde M¹ es diferente de M²:

Mo/ Al_xO_y , Mo/ Al_xN_y ,
W/ Al_xO_y , W/ Al_xN_y ,
TiB₂/ Zr_xN_y , TiB₂/ Al_xN_y , TiB₂/ Si_xN_y , TiB₂/ Zr_xO_y , TiB₂/ Al_xO_y , TiB₂/ Si_xO_y ,
TaB₂/ Zr_xN_y , TaB₂/ Al_xN_y , TaB₂/ Si_xN_y , TaB₂/ Zr_xO_y , TaB₂/ Al_xO_y , TaB₂/ Si_xO_y ,
ZrB₂/ Zr_xN_y , ZrB₂/ Al_xN_y , ZrB₂/ Si_xN_y , ZrB₂/ Zr_xO_y , ZrB₂/ Al_xO_y , ZrB₂/ Si_xO_y ,

HfB₂/Zr_xN_y, HfB₂/Al_xN_y, HfB₂/Si_xN_y, HfB₂/Zr_xO_y, HfB₂/Al_xO_y, HfB₂/Si_xO_y,
VB₂/Zr_xN_y, VB₂/Al_xN_y, VB₂/Si_xN_y, VB₂/Zr_xO_y, VB₂/Al_xO_y, VB₂/Si_xO_y
o una combinación de los mismos.

5 En otra realización, el material objetivo que participa en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual es un material diferente del que hay en la etapa b), dando como resultado la formación de una aleación dieléctrica y/o un apilamiento de dieléctricos que consiste en la capa dieléctrica obtenida a partir de la transformación de la capa conductora y el material dieléctrico depositados en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual. La configuración básica será entonces: (M¹/M¹_xO_y/M²_xO_y)^r y (M¹/M¹_xN_y/M²_xN_y)^r, donde:

- 10 – M¹ es el primer material conductor, que se transfiere al dieléctrico de óxido M¹_xO_y o al dieléctrico de nitruro M¹_xN_y;
– M² es el material objetivo que participa en la etapa d); y
– r es el número de repetición de la capa triple (conductora-dieléctrica-dieléctrica).
–

15 A continuación hay ejemplos particulares en los que el material objetivo que participa en la etapa d) es diferente de el material conductor en la etapa b), obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa de una capa conductora y dos diferentes capas dieléctricas (material similar a cermet) adecuado como recubrimiento absorbente de energía solar para un tubo receptor de calor:

20 TiB₂/(TiB₂)_xN_y/Zr_xN_y, TiB₂/(TiB₂)_xN_y/Al_xN_y, TiB₂/(TiB₂)_xN_y/Si_xN_y,
TiB₂/(TiB₂)_xO_y/Zr_xO_y, TiB₂/(TiB₂)_xO_y/Al_xO_y, TiB₂/(TiB₂)_xO_y/Si_xO_y,
TaB₂/(TaB₂)_xN_y/Zr_xN_y, TaB₂/(TaB₂)_xN_y/Al_xN_y, TaB₂/(TaB₂)_xN_y/Si_xN_y,
TaB₂/(TaB₂)_xO_y/Zr_xO_y, TaB₂/(TaB₂)_xO_y/Al_xO_y, TaB₂/(TaB₂)_xO_y/Si_xO_y,
ZrB₂/(ZrB₂)_xN_y/Zr_xN_y, ZrB₂/(ZrB₂)_xN_y/Al_xN_y, ZrB₂/(ZrB₂)_xN_y/Si_xN_y,
ZrB₂/(ZrB₂)_xO_y/Zr_xO_y, ZrB₂/(ZrB₂)_xO_y/Al_xO_y, ZrB₂/(ZrB₂)_xO_y/Si_xO_y,
25 HfB₂/(HfB₂)_xN_y/Zr_xN_y, HfB₂/(HfB₂)_xN_y/Al_xN_y, HfB₂/(HfB₂)_xN_y/Si_xN_y,
HfB₂/(HfB₂)_xO_y/Zr_xO_y, HfB₂/(HfB₂)_xO_y/Al_xO_y, HfB₂/(HfB₂)_xO_y/Si_xO_y,
VB₂/(VB₂)_xN_y/Zr_xN_y, VB₂/(VB₂)_xN_y/Al_xN_y, VB₂/(VB₂)_xN_y/Si_xN_y,
VB₂/(VB₂)_xO_y/Zr_xO_y, VB₂/(VB₂)_xO_y/Al_xO_y, VB₂/(VB₂)_xO_y/Si_xO_y
o una combinación de los mismos.

30 Adicionalmente, los grosores de las capas son importantes para las características ópticas de las capas individuales y, por tanto, importantes para las características ópticas globales del recubrimiento adsorbente.

35 La razón entre el grosor de la capa conductora (d₁) y el grosor de la capa dieléctrica (d₂) proporciona el factor de llenado (F.F., *filling factor*). El coeficiente de extinción, y a su vez la absorbancia, aumenta con el factor de llenado. Según una realización particular, el material similar a cermet puede comprender diferentes regiones en cuanto a contenido de metal. Por ejemplo, el material similar a cermet puede comprender una primera región que tiene capas conductoras más gruesas que las capas dieléctricas (d₁ > d₂) y una segunda región que tiene capas conductoras más delgadas que las capas dieléctricas (d₁ < d₂).

40 Otra configuración es un material similar a cermet que tiene una distribución graduada de contenido de material conductor, comenzando con una alta razón d₁/d₂ > 1 y terminando con una baja razón d₁/d₂ < 1. Normalmente, tanto el grosor de la capa conductora d₁ como el grosor de la capa dieléctrica d₂ oscilan independientemente entre aproximadamente 0,5 nm y aproximadamente 5 nm.

45 El grosor total del material similar a cermet oscila normalmente entre aproximadamente 10 nm y aproximadamente 100 nm.

Disposición de una capa funcional de dieléctricos (adecuada para un recubrimiento antirreflectante o una barrera de difusión)

50 Los métodos habituales para la deposición de dieléctricos tienen las siguientes desventajas:

- La pulverización catódica de RF, de MF o de CC pulsada desde un objetivo dieléctrico muestra una baja tasa de deposición;
– La pulverización catódica de RF reactiva, de MF o de CC pulsada desde un objetivo metálico con gas reactivo, muestra una tasa de deposición muy baja cuando se funciona en modo de óxido, mientras que con un modo transitorio logra una mayor tasa de deposición pero es muy difícil de controlar.

El método de la invención puede usarse para preparar una capa o un recubrimiento funcional de un material transparente mediante oxidación o nitración completa de las capas conductoras unidas al sustrato en la etapa b).

60 Para lograr la oxidación o nitración completa, puede ser necesaria la asistencia de plasma en el método de la invención. La preparación de capas funcionales de óxido o nitruro puede aplicarse a cualquier material conductor tal como, Al, Si, Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cu, Cr y Ni.

La tasa de deposición obtenida con el método en modo dual de la invención es mayor que la lograda con pulverización catódica de MF que funciona en modo reactivo (de óxido). Por ejemplo, la máxima tasa de deposición de Al_2O_3 usando potencia de MF de 100 kW en el modo de óxido es de solo 1,5 nm/min mientras que con el método en modo dual la máxima tasa de deposición puede ser de 4,4 nm/min usando una potencia de solo 18 kW. Para TiO_2 , la diferencia en la tasa de deposición entre el modo de pulverización catódica dual y de MF se vuelve mucho mayor (0,3 nm/min en comparación con 4,4 nm/min).

Usando un objetivo de Ti en la pulverización catódica de CC en modo metálico y Si en pulverización catódica de MF dual en modo de óxido, es posible lograr, aplicando niveles de potencia apropiados, cualquier mezcla de $(\text{TiO}_2)_x(\text{SiO}_2)_{1-x}$. El compuesto resultante puede tener un índice de refracción casi continuo que varía entre 1,5 (para casi SiO_2) y 2,3 (para casi TiO_2). También puede usarse cualquier otra pareja diferente de metales para lograr la misma formulación.

Tal como se usa en el presente documento, el término “aproximadamente” significa una ligera variación del valor especificado, preferiblemente dentro del 10 por ciento del valor especificado. No obstante, el término “aproximadamente” puede significar una mayor tolerancia de variación dependiendo, por ejemplo, de la técnica experimental usada. Dichas variaciones de un valor especificado las entiende el experto y están dentro del contexto de la presente invención. Además, para proporcionar una descripción más concisa, algunas de las expresiones cuantitativas facilitadas en el presente documento no están calificadas con el término “aproximadamente”. Se entiende que, ya se use explícitamente o no el término “aproximadamente”, cada cantidad facilitada en el presente documento pretende referirse al valor dado real, y también pretende referirse a la aproximación a tal valor dado que se deduciría razonablemente basándose en los conocimientos habituales de la técnica, incluyendo equivalentes y aproximaciones debidas a las condiciones experimentales y/o de medición para tal valor dado.

Pueden combinarse todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluyendo las reivindicaciones, la descripción y los dibujos) y/o todas las etapas del método descrito en cualquier combinación, con la excepción de combinaciones de tales características y/o etapas mutuamente excluyentes.

La invención se ilustrará adicionalmente por medio de ejemplos, que no deben interpretarse como que limitan el alcance de las reivindicaciones.

Ejemplos

EJEMPLO 1: (Capa dieléctrica)

Se preparó una capa funcional de Al_2O_3 mediante el método de la invención.

Se introdujo un tubo receptor de calor cargado en un tambor de carrusel rotatorio como sustrato en la cámara de unión que contenía una pulverización catódica de CC equipada con un cátodo de aluminio situado delante del sustrato a una distancia de aproximadamente 8 mm.

Se introdujo un flujo de argón de 1000 sccm usando controladores de flujo. Se ajustó el flujo de argón para mantener una presión de equilibrio con la velocidad de bombeo. Se midió la presión de trabajo en la cámara de unión (aproximadamente $2,0 \times 10^{-3}$ - $3,0 \times 10^{-3}$ mbar) por medio de un aparato Ion Gauge. Se depositó una capa de Al sobre el sustrato en la cámara de unión aplicando una potencia de 18 kW.

Entonces se transfirió el sustrato recubierto a la cámara de transformación que contenía una pulverización catódica de MD dual que tenía dos cátodos de aluminio en los que se aplicó una potencia de 10 kW y se introdujo un flujo de oxígeno de 400-800 sccm. Por tanto, se oxidó el metal por la presencia de oxígeno para producir Al_2O_3 a una tasa de 4,4 nm/s, y también se depositó Al_2O_3 adicional por medio de pulverización catódica de MD dual en la cámara de transformación.

Se repitió el procedimiento de modo que la capa funcional resultante era una disposición de Al_2O_3 . Por tanto, usando un bajo nivel de potencia en la cámara de deposición (18 kW) se obtuvo una capa dieléctrica homogénea de Al_2O_3 con una tasa de deposición de 4,4 nm/s.

Se midieron la uniformidad del recubrimiento a lo largo de la longitud del tubo, y las características ópticas mediante elipsometría.

EJEMPLO 2: (Capa dieléctrica)

Se preparó una capa funcional de SiO_2 mediante el método de la invención.

Se introdujo un tubo receptor de calor cargado en un tambor de carrusel rotatorio como sustrato en la cámara de unión que contenía una pulverización catódica de CC equipada con un cátodo de silicio situado delante del sustrato a una distancia de aproximadamente 8 mm.

Se introdujo un flujo de argón de 1000 sccm usando controladores de flujo. Se ajustó el flujo de argón para mantener una presión de equilibrio con la velocidad de bombeo. Se midió la presión de trabajo en la cámara de unión (aproximadamente $2,0 \times 10^{-3}$ - $3,0 \times 10^{-3}$ mbar) por medio de un aparato Ion Gauge. Se depositó una capa de Si sobre el sustrato en la cámara de deposición aplicando una potencia de 28 kW.

Entonces se transfirió el sustrato recubierto a la cámara de transformación que contenía una pulverización catódica de MD dual que tenía uno o dos cátodos de silicio en los que se aplicó una potencia de 10 - 60 kW y se introdujo un flujo de oxígeno de 400-800 sccm. Por tanto, se oxidó el metal por la presencia de oxígeno para producir SiO_2 a una tasa de deposición de 4,5 nm/s, y también se depositó SiO_2 adicional por medio de pulverización catódica de MD dual en la cámara de transformación.

Se repitió el procedimiento de modo que la capa funcional resultante era una disposición de SiO_2 . Por tanto, usando un bajo nivel de potencia en la cámara de unión (28 kW) se obtuvo una capa dieléctrica homogénea de SiO_2 con una tasa de deposición de 4,5 nm/s.

Se midieron la uniformidad del recubrimiento a lo largo de la longitud del tubo, y las características ópticas mediante elipsometría.

EJEMPLO 3: (Capa similar a cermet)

Se preparó una capa funcional de $(\text{ZrB}_2/\text{AlN})^r$ mediante el método de la invención.

Se introdujo un tubo receptor de calor cargado en un tambor de carrusel rotatorio como sustrato en la cámara de unión que contenía una pulverización catódica de CC equipada con un cátodo de ZrB_2 y un cátodo de aluminio situado delante del sustrato a una distancia de aproximadamente 8 mm.

Se introdujo un flujo de argón de 1000 sccm usando controladores de flujo. Se ajustó el flujo de argón para mantener una presión de equilibrio con la velocidad de bombeo. Se midió la presión de trabajo en la cámara de unión (aproximadamente $2,0 \times 10^{-3}$ - $3,0 \times 10^{-3}$ mbar) por medio de un aparato Ion Gauge. Se depositaron una capa de ZrB_2 y una capa de Al sobre el sustrato en la cámara de deposición.

Entonces se transfirió el sustrato recubierto a la cámara de transformación que contenía una pulverización catódica de MD dual que tenía uno o dos cátodos de aluminio en los que se aplicó una potencia de 5 - 60 kW (se varió el nivel de potencia para obtener diferentes recubrimientos) y se introdujo un flujo de nitrógeno de 200-800 sccm. Por tanto, se nitruró la capa de Al por la presencia de nitrógeno en la cámara de transformación para formar una capa dieléctrica de AlN.

Se repitió el procedimiento de modo que la capa funcional resultante era una disposición de bicapas ZrB_2/AlN .

Se midieron la uniformidad del recubrimiento a lo largo de la longitud del tubo, y las características ópticas mediante elipsometría.

EJEMPLO 4: (Capa similar a cermet)

Se preparó una capa funcional de $(\text{ZrB}_2/\text{ZrN})^r$ mediante el método de la invención.

Se introdujo un tubo receptor de calor cargado en un tambor de carrusel rotatorio como sustrato en la cámara de unión que contenía una pulverización catódica de CC equipada con un cátodo de ZrB_2 y un cátodo de zirconio situados delante del sustrato a una distancia de aproximadamente 8 mm.

Se introdujo un flujo de argón de 1000 sccm usando controladores de flujo. Se ajustó el flujo de argón para mantener una presión de equilibrio con la velocidad de bombeo. Se midió la presión de trabajo en la cámara de unión (aproximadamente $2,0 \times 10^{-3}$ - $3,0 \times 10^{-3}$ mbar) por medio de un aparato Ion Gauge. Se depositaron una capa de ZrB_2 y una capa de Zr sobre el sustrato en la cámara de deposición.

Entonces se transfirió el sustrato recubierto a la cámara de transformación que contenía una pulverización catódica de MD dual que tenía cátodos de zirconio en los que se aplicó una potencia de 5 - 60 kW y se introdujo un flujo de nitrógeno de 200-800 sccm. Por tanto, se nitruró la capa de Zr por la presencia de nitrógeno en la cámara de transformación para formar una capa dieléctrica de ZrN.

Se repitió el procedimiento de modo que la capa funcional resultante era una disposición de bicapas ZrB_2/ZrN .

Se midieron la uniformidad del recubrimiento a lo largo de la longitud del tubo, y las características ópticas mediante elipsometría.

REIVINDICACIONES

1. Método para la deposición de al menos una capa funcional adecuada para un recubrimiento multicapa selectivo frente a la radiación solar, comprendiendo dicho método:

a) proporcionar un sustrato;

b) depositar material conductor sobre dicho sustrato en una cámara de deposición (1) para obtener un sustrato recubierto con la al menos una capa conductora;

caracterizado por que el método además comprende:

c) transferir el sustrato recubierto obtenido en b) a una cámara de transformación (2);

d) transformar el recubrimiento del sustrato introduciendo un gas reactivo en la cámara de transformación (2) de modo que al menos una capa conductora externa de la al menos una capa conductora se transforme parcialmente o totalmente en al menos una capa dieléctrica;

y

e) opcionalmente, transferir el sustrato obtenido en d) a la cámara de deposición (1) y repetir el método desde la etapa b) varias veces.

2. Método según la reivindicación 1, en el que el sustrato es un tubo receptor de calor, opcionalmente recubierto con al menos un recubrimiento previo.

3. Método según la reivindicación 2, en el que el método se lleva a cabo para un lote de tubos que se cargan sobre un tambor de carrusel rotatorio (5) de modo que los tubos se desplazan desde la cámara de deposición (1) hasta la cámara de transformación (2) y viceversa varias veces, mientras que los tubos cargados rotan a su vez alrededor de su propio eje en un movimiento de tipo planetario.

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2) están separadas con blindajes y/o en el que se aplica vacío por medio de bombas de vacío incluidas dentro de las cámaras de separación (3, 4) y colocadas entre la cámara de deposición (1) y la cámara de transformación (2).

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la deposición del material conductor en la etapa b) se lleva a cabo por medio de pulverización catódica de CC, pulverización catódica de CC pulsada de MF o pulverización catódica de MF dual.

6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el material conductor se selecciona del grupo que consiste en aluminio (Al), cromo (Cr), titanio (Ti), niobio (Nb), zirconio (Zr), tántalo (Ta), níquel (Ni), cobre (Cu), cobalto (Co), hafnio (Hf), vanadio (V), molibdeno (Mo), tungsteno (W), silicio (Si), nicromo (NiCr), boruro de titanio (TiB_2), boruro de tántalo (TaB_2), boruro de zirconio (ZrB_2), boruro de hafnio (HfB_2), boruro de niobio (NbB_2) y boruro de vanadio (VB_2), o una combinación o aleación de los mismos.

7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa dieléctrica obtenida en la etapa d) comprende un material dieléctrico seleccionado del grupo que consiste en: Al_xO_y , Si_xO_y , Ta_xO_y , Ti_xO_y , Zr_xO_y , Hf_xO_y , Nb_xO_y , V_xO_y , Cr_xO_y , Cu_xO_y , Co_xO_y , Ni_xO_y , $(\text{NiCr})_x\text{O}_y$, Mo_xO_y , W_xO_y , $(\text{TiB}_2)_x\text{O}_y$, $(\text{TaB}_2)_x\text{O}_y$, $(\text{ZrB}_2)_x\text{O}_y$, $(\text{HfB}_2)_x\text{O}_y$, $(\text{NbB}_2)_x\text{O}_y$, $(\text{VB}_2)_x\text{O}_y$, Al_xN_y , Si_xN_y , Ta_xN_y , Ti_xN_y , Zr_xN_y , Hf_xN_y , Nb_xN_y , V_xN_y , Cr_xN_y , Cu_xN_y , Co_xN_y , Ni_xN_y , $(\text{NiCr})_x\text{N}_y$, Mo_xN_y , W_xN_y , $(\text{TiB}_2)_x\text{N}_y$, $(\text{TaB}_2)_x\text{N}_y$, $(\text{ZrB}_2)_x\text{N}_y$, $(\text{HfB}_2)_x\text{N}_y$, $(\text{NbB}_2)_x\text{N}_y$ y $(\text{VB}_2)_x\text{N}_y$, o una combinación o aleación de los mismos.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa d) comprende además, después o de manera simultánea a la transformación, la deposición de material dieléctrico por medio de pulverización catódica de MF dual o pulverización catódica de CC pulsada.

9. Método según la reivindicación 8, en el que el material objetivo que participa en la pulverización catódica de CC pulsada o de MF dual es:

– el mismo material que en la etapa b), dando como resultado la formación de un dieléctrico puro sobre la capa conductora restante, si la hubiera, de la al menos una capa conductora; o

– un material diferente del que hay en la etapa b), dando como resultado la formación de una aleación dieléctrica y/o un apilamiento de dieléctricos sobre la capa conductora restante, si la hubiera, de la al menos una capa conductora.

10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una capa conductora depositada en la etapa b) se transforma totalmente en una capa dieléctrica en la etapa d), obteniéndose de ese modo un recubrimiento antirreflectante o una barrera de difusión para un tubo receptor de calor.

11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la al menos una capa conductora depositada en la etapa b) se transforma parcialmente en un dieléctrico en la etapa d), obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa de capas conductoras y dieléctricas alternas adecuado como recubrimiento absorbente de energía solar para un tubo receptor de calor.

12. Método según la reivindicación 11, en el que el apilamiento multicapa se selecciona del grupo que consiste en: $\text{Al}/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{Al}/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{Ti}/\text{Ti}_x\text{O}_y$, $\text{Ta}/\text{Ta}_x\text{O}_y$, $\text{Cr}/\text{Cr}_x\text{O}_y$, $\text{Ni}/\text{Ni}_x\text{O}_y$, $\text{Cu}/\text{Cu}_x\text{O}_y$, $\text{Co}/\text{Co}_x\text{O}_y$, $\text{Mo}/\text{Mo}_x\text{O}_y$, $\text{W}/\text{W}_x\text{O}_y$, $\text{NiCr}/(\text{NiCr})_x\text{O}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{O}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{N}_y$ y $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{O}_y$, o una combinación de los mismos.

13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que se depositan dos materiales conductores diferentes en la etapa b) usando dos cátodos diferentes en la pulverización catódica y una segunda capa conductora de la al menos una capa conductora se transforma totalmente en un dieléctrico en la etapa d), obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa de capas conductoras y dieléctricas alternas adecuado como recubrimiento absorbente de energía solar para un tubo receptor de calor.

14. Método según la reivindicación 13, en el que el apilamiento multicapa se selecciona del grupo que consiste en: $\text{Mo}/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{Mo}/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{W}/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{W}/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{TiB}_2/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{VB}_2/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{VB}_2/\text{Al}_x\text{O}_y$ y $\text{VB}_2/\text{Si}_x\text{O}_y$, o una combinación de los mismos.

15. Método según la reivindicación 9, en el que se forma un apilamiento de dieléctricos sobre la capa conductora restante de la al menos una capa conductora, obteniéndose de ese modo un apilamiento multicapa seleccionado del grupo que consiste en:

$\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{N}_y/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{N}_y/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{N}_y/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{O}_y/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{O}_y/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{TiB}_2/(\text{TiB}_2)_x\text{O}_y/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{N}_y/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{N}_y/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{N}_y/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{O}_y/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{O}_y/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{TaB}_2/(\text{TaB}_2)_x\text{O}_y/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{N}_y/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{N}_y/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{N}_y/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{O}_y/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{O}_y/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{ZrB}_2/(\text{ZrB}_2)_x\text{O}_y/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{N}_y/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{N}_y/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{N}_y/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{O}_y/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{O}_y/\text{Al}_x\text{O}_y$, $\text{HfB}_2/(\text{HfB}_2)_x\text{O}_y/\text{Si}_x\text{O}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{N}_y/\text{Zr}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{N}_y/\text{Al}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{N}_y/\text{Si}_x\text{N}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{O}_y/\text{Zr}_x\text{O}_y$, $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{O}_y/\text{Al}_x\text{O}_y$ y $\text{VB}_2/(\text{VB}_2)_x\text{O}_y/\text{Si}_x\text{O}_y$, o una combinación de los mismos.

