



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 439**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07010658 .8**

96 Fecha de presentación : **30.05.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1862563**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.12.2007**

54 Título: **Deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno.**

30 Prioridad: **02.06.2006 DE 10 2006 026 672**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.07.2011

73 Titular/es: **WÜRTH SOLAR GmbH & Co. KG.**
Reinhold-Würth-Strasse 4
71672 Marbach, DE

72 Inventor/es: **Menner, Richard;**
Oertel, Mike;
Sprecher, Bernd;
Dimmler, Bernhard y
Bauer, Tino

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 362 439 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

Deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno sobre sustratos de vidrio que contienen sodio.

10 La deposición de capas metálicas de gran superficie sobre sustratos de vidrio por pulverización catódica se utiliza ampliamente en la industria del revestimiento del vidrio, por ejemplo para lunas de ventanas con determinadas propiedades ópticas o térmicas, en una cantidad que va en aumento para las células solares de capa fina. En particular, en el caso de células solares de capa fina son muy grandes las exigencias en cuanto a la homogeneidad y a la resistencia con respecto a las siguientes etapas del procedimiento y también con respecto a una resistencia a largo plazo. La calidad de las capas precipitadas puede depender, sin embargo, de forma crítica de las condiciones durante la pulverización catódica como, por ejemplo, de la geometría del entorno de plasma, el desgaste del blanco y la calidad del vacío. Mediante la utilización de gases de procedimiento de pulverización catódica modificados, es posible influir de forma positiva por lo menos en una de estas magnitudes de influencia críticas.

20 Una película metálica, tal como por ejemplo molibdeno, es aplicada típicamente sobre un sustrato de vidrio mediante la utilización de deposición por pulverización catódica. La deposición por pulverización catódica se lleva a cabo, por regla general, en una cámara de vacío, en la cual está dispuesto un blanco macizo del material de capa deseado en las proximidades de un sustrato. Para una presión de proceso determinada de gas argón en la cámara de vacío, se aplica un campo eléctrico entre el blanco y el sustrato, de manera que se forme un plasma. En el plasma, se ionizan gases y se aceleran, en correspondencia con su carga positiva, en dirección hacia el blanco, que actúa como cátodo cargado negativamente. Durante la aceleración, los iones reciben un impulso suficientemente grande para arrancar átomos y/o moléculas de la superficie del blanco durante el impacto sobre el blanco o para "la pulverización catódica". Después de que los átomos y/o las moléculas hayan sido arrancados del blanco, los iones argón, los átomos/moléculas arrancados, así como los átomos de argón y electrones, que fueron generados mediante el proceso de pulverización catódica, una zona de plasma delante del blanco, antes de depositarse sobre el sustrato, el cual está situado normalmente debajo del blanco o paralelo respecto al mismo en el interior de la cámara de vacío.

30 Los átomos y/o moléculas arrancados pueden ser esparcidos, sin embargo, en el interior de la cámara de vacío, sin contribuir a la generación de la zona de plasma y no se depositan, por consiguiente, sobre el sustrato. Este problema se resuelve, por lo menos en parte, gracias a que se utiliza el denominado sistema de pulverización catódica de magnetrón, que utiliza imanes detrás y alrededor del blanco. Estos imanes ayudan a mantener el material mediante pulverización catódica en la zona de plasma. El sistema de pulverización catódica de magnetrón tiene además la ventaja de necesitar presiones más bajas en la cámara de vacío que otros sistemas de pulverización catódica. Una presión más baja en el interior de la cámara de vacío contribuye a obtener una capa depositada más pura.

40 El molibdeno se utiliza preferentemente como contacto lateral posterior en células solares de capa fina, las cuales están realizadas a partir de compuestos de cobre, indio, galio, selenio o azufre. Las células solares de capa fina de este tipo se designan células solares CIGS, correspondientemente $\text{Cu}(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})(\text{Se}_y, \text{S}_{1-y})$ con $0 \leq x, y \leq 1$. El molibdeno se utiliza como contacto lateral posterior, debido a que presenta una dureza mecánica comparativamente grande y una inalterabilidad química relativamente elevada. A pesar de ser adecuado en general, el molibdeno es modificado químicamente durante el proceso de deposición de las capas CIGS en la atmósfera de selenio o azufre muy reactiva. De hecho, la formación de una fina capa de una fase que contenga $\text{Mo}(\text{Se}_y\text{S}_{1-y})$ con $0 \leq x, y \leq 1$ es imprescindible para establecer un buen contacto óhmico con la capa CIGS. Sin embargo, en determinadas circunstancias, pueden aparecer reacciones no deseadas o un empeoramiento posterior de la resistencia.

50 Las células solares pueden convertir luz solar, mediante materiales fotoeléctricamente activos, en energía eléctrica. En lugar de cortar en placas silicio cristalino, el material clásico de las células solares, y modificar estas placas químicamente con posterioridad y aplicar contactos eléctricos, en la tecnología de células solares de capa fina se deposita la totalidad de la serie de materiales de contacto necesarios o de materiales activos, capa a capa, sobre un sustrato. Mediante esta tecnología, se pueden realizar sustratos de gran superficie con un consumo de material al mismo tiempo esencialmente reducido. Además de los materiales de células solares de capa fina de silicio amorfo o telurio de cadmio, el candidato más prometedor es el CIGS, dado que con esta estructuración de capas se han obtenido en el laboratorio rendimientos de más del 19 %. Las capas CIGS se aplican de forma típica directamente mediante deposición de los elementos desde la fase vapor, el denominado procedimiento PVD, a temperaturas comprendidas entre 500 °C y 600 °C. De manera alternativa, se pueden aplicar los elementos metálicos cobre, indio y galio en una primera etapa por deposición por pulverización catódica o electrodeposición o similar para, a continuación, ser sinterizado y modificado químicamente, en una etapa de selenización o de sulfurización, a temperaturas similares. Para ambos procedimientos es absolutamente imprescindible la deposición extensa de contactos del lado posterior metálicos optimizados, en este caso de molibdeno. Las exigencias impuestas a esta capa de contactos del lado posterior tienen, sin embargo, muchos niveles, entre otras cosas se exige una elevada conductibilidad eléctrica, la buena formación de un contacto óhmico, propiedades de sustrato optimizadas para la deposición CIGS posterior con una excelente adhesión de la totalidad de la estructura de capa con el sustrato de vidrio, efecto de barrera altamente eficaz contra impurezas, las cuales se difunden saliendo del vidrio y, al mismo

tiempo, una regulación optimizada de la difusión de sodio deseada desde el sustrato de vidrio a la capa CIGS. Además, la capa de contactos del lado posterior debería conllevar preferentemente únicamente tensiones demasiado pequeñas en el sustrato de vidrio y, preferentemente, debería ser resistente contra las influencias del entorno.

5 Normalmente, se desean durante la deposición por pulverización catódica capas de metal lo más puras posibles, de manera que en la cámara de deposición por pulverización catódica se introduce gas noble, por regla general argón, con el fin de impedir una oxidación de las capas. Es asimismo conocido añadir al gas noble argón, de manera selectiva, un gas reactivo, generalmente nitrógeno u oxígeno, para precipitar compuestos los cuales no sean o no sean de forma suficiente eléctricamente conductores.

10 La patente US nº 6.372.538 B1 da a conocer un procedimiento para la deposición por pulverización catódica de molibdeno para el empalme de células solares de capa fina, precipitándose sobre un sustrato de plástico flexible una capa de molibdeno. En una cámara de deposición por pulverización catódica, se introducen vapor de agua y argón en forma de una mezcla de 0,1 a 10 sccm de vapor de agua y 200 sccm de argón. En lugar de vapor de agua, el cual se utiliza para el suministro de oxígeno, se puede introducir también oxígeno gaseoso. En la cámara de deposición por pulverización catódica, se debe mantener una relación de 5:1 hasta aproximadamente 50:1 de átomos de argón con respecto a átomos de oxígeno.

15 LA publicación de solicitud de patente alemana DE 16 90 275 A1 da a conocer un procedimiento para la deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno sobre material semiconductor, en particular silicio. En la cámara de deposición por pulverización catódica hay que introducir una mezcla de un gas noble y una pequeña proporción de nitrógeno. Mediante el nitrógeno se pretende crear una atmósfera reductora. Por motivos de precio, debe preferirse como gas noble el argón y se propone una mezcla de un 90% de argón y 10% de nitrógeno.

20 La patente US nº 6.974.976 B2 da a conocer un procedimiento para la fabricación de células solares de capa fina CIGS.

25 Con la invención, se pretende mejorar la deposición por pulverización catódica de capas que contienen molibdeno.

30 Según la invención, para ello, está previsto un procedimiento para la deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno sobre sustratos de vidrio que contienen sodio para el empalme células solares de capa fina CIS o CIGS, en una cámara de deposición por pulverización catódica con un blanco que contiene molibdeno con las etapas siguientes: evacuación de la cámara de deposición por pulverización catódica, aplicación de un campo eléctrico entre el blanco y el sustrato y mejorar el sustrato de una difusión de iones de sodio desde el sustrato de vidrio a la capa de molibdeno y la incorporación de trazas de hidrógeno en la capa de molibdeno mediante introducción de una mezcla de argón y otro gas con un tanto por ciento en volumen menor que el argón en la cámara de deposición por pulverización catódica durante la precipitación de la capa de molibdeno, siendo el otro gas una mezcla de gases que contiene hidrógeno y vapor de agua.

35 Se ha determinado que la mezcla de hidrógeno y vapor de agua o mezclas con estos gases mejora notablemente la deposición por pulverización catódica de molibdeno. En particular, la introducción de hidrógeno en la cámara de deposición por pulverización catódica influye de manera ventajosa tanto en las propiedades de plasma del plasma correspondientes al plasma modificado, como también en las propiedades de la capa de molibdeno precipitada. En el caso particular de células solares de capa fina y en especial en el caso de células solares CIS o CIGS, la presencia de hidrógeno y vapor de agua puede influir de manera positiva en la adherencia de las capas.

40 Con el procedimiento según la invención, en el cual se introduce nitrógeno con argón en una cámara de deposición por pulverización catódica durante la deposición por pulverización catódica de molibdeno sobre un sustrato, se pueden precipitar capas que contienen molibdeno, por ejemplo, sobre vidrio, acero fino, titanio, plástico o similares, los cuales cumplen las exigencias impuestas.

45 Como perfeccionamiento de la invención, la relación en volumen entre el argón y el otro gas está comprendida entre aproximadamente 1:0,01 y aproximadamente 1:0,1.

50 Ya pequeñas proporciones, en especial, de hidrógeno son suficientes para mejorar notablemente la deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno. Ventajosamente, la tasa de alimentación de argón está comprendida entre 5 y 1.500 centímetros cúbicos estándar por minuto (sccm) y una tasa de alimentación del otro gas está comprendida entre 1 y 300 sccm. Una temperatura de proceso en la cámara de deposición por pulverización catódica está comprendida, ventajosamente, entre 20°C y 150°C. En la cámara de deposición por pulverización catódica hay una densidad de energía entre el cátodo y el ánodo que está comprendida, de manera ventajosa, entre aproximadamente 1 W/cm² y 20 W/cm². Una presión de proceso en la cámara de deposición por pulverización catódica está comprendida, ventajosamente, entre 1 µbar y 25 µbar. Con el procedimiento según la invención, se proporciona un sustrato de vidrio con una capa que contiene molibdeno sobre el sustrato, en particular una célula solar de capa fina, en la cual la capa de molibdeno contiene trazas de hidrógeno, siendo el contenido en hidrógeno inferior al 0,1 por ciento de átomos y la capa de molibdeno fue aplicada, mediante deposición por pulverización

catódica, con la introducción de una mezcla de argón y una mezcla de gases, que contiene nitrógeno y vapor de agua, con un tanto por ciento en volumen inferior al argón y presentando la capa de molibdeno, frente a una capa de molibdeno aplicada sin la presencia de la mezcla de gases que contiene hidrógeno y vapor de agua, un ligero exceso de iones de hidrógeno y una concentración de sodio aumentada.

Se supone que las trazas de hidrógeno en la capa de molibdeno, en particular en el proceso CIGS para la fabricación de células solares de capa fina, pueden fomentar efectos de difusión entre el sustrato, la capa de molibdeno así como las capas fotoeléctricamente activas. Mediante CIGS se designa una estructura de capas de cobre, indio, galio, selenio o azufre, en la que se puede utilizar selenio o azufre y en la que se utiliza como contacto del lado posterior esta estructura de capas de molibdeno. El sustrato puede presentar vidrio a base de sodio y de cal, el denominado vidrio Sodalime. El sustrato puede estar fabricado, sin embargo, también con plástico, en particular poliamida, titanio o acero, en particular acero fino. El sustrato puede estar formado de manera flexible.

Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción de una forma de realización preferida de la invención en relación con el dibujo, así como a partir de las reivindicaciones. En el dibujo:

La única figura muestra una representación esquemática de una cámara de deposición por pulverización catódica para el procedimiento según la invención.

La única figura muestra, de manera esquemática, una cámara de deposición por pulverización catódica 10, en la cual está dispuesto un denominado blanco 12 de molibdeno y un sustrato 14. Sobre un lado del blanco 12, alejado del sustrato 14, puede estar dispuesto un denominado magnetrón 16. Mediante el campo magnético generado por el magnetrón 16, se desvían partículas cargadas en la cámara de deposición por pulverización catódica 10 a trayectorias espirales, con lo cual se alarga su recorrido y se aumenta el número de procesos de ionización. La existencia del magnetrón 16 no es, sin embargo, condición obligatoria para la realización del procedimiento según la invención.

Con el fin de evacuar la cámara de deposición por pulverización catódica 10, está prevista una salida 18, la cual está conectada con una bomba de vacío no representada. Durante la deposición de molibdeno, se mantiene en el interior de la cámara de deposición por pulverización catódica 10, de manera ventajosa, una presión comprendida entre 1,0 μ bar y 25 μ bar. A través de una entrada 20 se puede introducir el gas noble argón en el interior de la cámara de deposición por pulverización catódica 10, pudiendo ajustarse mediante válvulas no representadas una corriente de entrada de argón en márgenes más amplios. A través de una entrada 22 se puede introducir hidrógeno en la cámara de deposición por pulverización catódica, pudiendo ajustarse también la corriente de entrada de hidrógeno en márgenes más amplios mediante válvulas ajustables. Se sostiene que el argón y el hidrógeno pueden ser mezclados también antes de ser introducidos en la cámara de deposición por pulverización catódica.

Una corriente de entrada de argón en la cámara de deposición por pulverización catódica se mantiene entre 100 y 1500 centímetros cúbicos estándar por minuto (sccm) y una corriente de entrada de hidrógeno con una tasa comprendida entre 10 y 100 sccm. Cuando se introduce una mezcla argón/hidrógeno preparada anteriormente en la cámara de deposición por pulverización catódica 10, se mantiene una tasa comprendida entre 100 y 1500 sccm. Entre el blanco 12 y el sustrato 14, se aplica una tensión continua U, de manera que se ajusta una densidad de potencia de corriente continua comprendida entre aproximadamente 1 W/cm² y 20 W/cm² entre el cátodo, en este caso el blanco de molibdeno 12, y el ánodo, en este caso el sustrato 14.

El sustrato 14 puede estar realizado a partir del denominado vidrio Sodalime, vidrio a base de sodio y de cal, si bien la deposición de capas de molibdeno sin embargo también es posible sobre plásticos o sobre titanio o acero fino. El sustrato 14 al mismo tiempo puede ser por completo flexible, por ejemplo cuando las células solares de capa fina deben ser aplicadas sobre una lámina de plástico.

Durante la aplicación de capas fotoeléctricamente activas, diferentes efectos pueden conllevar a un empeoramiento de las células solares obtenidas, cuando el contacto del lado posterior de molibdeno no está aplicado de forma óptima. Por un lado, puede haber ensuciamientos sobre el sustrato. Aunque los sustratos de vidrio sean limpiados típicamente en un proceso al agua fuerte y/o de manera adicional mediante tratamiento con plasma, antes de la deposición del contacto del lado posterior, pueden aparecer siempre ensuciamientos inevitables durante la fabricación del vidrio, por ejemplo ensuciamientos residuales de cintas transportadoras o de aparatos de manejo de vacío, los cuales son visibles todavía, parcialmente, de manera local tras la aplicación de capas fotoeléctricamente activas y que se deben a una variación de las propiedades de adhesión, de la morfología y de la estructura cristalina en estas zonas. Por otro lado, las dimensiones geométricas del blanco pueden conducir, en parte, a un empeoramiento de la capa de molibdeno y, como consecuencia de ello, a un empeoramiento de la totalidad de la estructura de capas en las regiones influenciadas por las zonas de esquina del blanco. Ambos efectos desventajosos se puede evitar de manera eficaz mediante el procedimiento propuesto según la invención, en el cual se utiliza una mezcla de gases por pulverización catódica formada por argón e hidrógeno.

Al mismo tiempo, se parte de que la adición de pequeñas cantidades de hidrógeno influye principalmente sobre las

propiedades de plasma, tales como contenido de energía o dilatación geométrica del plasma. Esto modifica, por su parte, la tasa de pulverización catódica y el ángulo geométrico de las partículas por pulverización catódica incidentes en las zonas de esquina y similares. Además, las moléculas ó átomos de hidrógeno modifican también la aceleración y el comportamiento de choque de la totalidad de la mezcla de gases del proceso de pulverización catódica e influyen con ello, por ejemplo, sobre la tasa de pulverización catódica y otras magnitudes características.

Según la presente invención, se hace funcionar una cámara de deposición por pulverización catódica de magnetrón en sí convencional con los siguientes parámetros de proceso.

10	Densidad de energía (corriente continua)	entre aproximadamente 1 y 20 W/cm ²
	Presión en la cámara de vacío	entre aproximadamente 1,0 y 25 µbar
	Tasa de alimentación de argón	entre aproximadamente 10 y 1500 sccm
	Tasa de alimentación de hidrógeno	entre aproximadamente 1 y 300 sccm
	Relación argón/hidrógeno	entre aproximadamente 1:0,01 a 1:0,1

15 El funcionamiento de la cámara de deposición por pulverización catódica de magnetrón 10 exige, en general, la aplicación de corriente continua entre el cátodo, en este caso el blanco de molibdeno 12, y el ánodo, el sustrato 14 o un electrodo adicional, para generar el plasma. La cámara 10 se mantiene dentro de la zona de presión mencionada anteriormente y se suministra una mezcla adecuada de argón e hidrógeno. Las capas que contienen molibdeno, que se producen, tienen una densidad comprendida entre aproximadamente 0,1 a 2 µm y una resistencia superficial de aproximadamente 0,1 a 1,0 ohmios al cuadrado con un espesor de 1 µm. Se supone que el mecanismo primario para la mejora de la capa de molibdeno y, por consiguiente, de la calidad de las células solares CIGS es la presencia de hidrógeno en el sistema, que varía de manera deseada el entorno de plasma del blanco 12.

25 Mientras que el propio hidrógeno no se puede medir en la capa de molibdeno, dado que el contenido en hidrógeno está por debajo del límite de detección realizable en la actualidad de 0,1 por ciento de átomos, correspondiente a un átomo de hidrógeno por cada 1.000 átomos o 0,1 at%, se puede detectar parcialmente una cantidad aumentada de oxígeno y de sodio en la capa de molibdeno, pero no necesariamente en la capa de CIGS que hay encima. Se supone que una difusión de iones sodio desde el sustrato de vidrio exigen un intercambio de iones con el fin de mantener el equilibrio de cargas. Los iones de hidrógeno H⁺ son un compañero de difusión ideal para los iones de sodio Na⁺, de manera que se supone que un ligero exceso de iones de hidrógeno aumenta la concentración de sodio en la capa de molibdeno, lo cual tiene un efecto ventajoso en el proceso CIGS posterior.

35 A continuación, se detallan tres ejemplos para aclarar la invención:

Ejemplo 1

Se generó una muestra de comparación de una capa de molibdeno sobre un vidrio de Sodalime, el denominado vidrio a base de sodio y de cal, de una manera a título de ejemplo para el estado de la técnica, es decir, sin la presencia de gas hidrógeno. Se utilizó un sistema de pulverización catódica de corriente continua de paso para precipitar el molibdeno desde un blanco de molibdeno sobre un sustrato de a base de sodio y de cal. El proceso de deposición se llevó a cabo a una presión básica de 5×10^{-6} mbar y a una presión de proceso de $2,5 \times 10^{-6}$ mbar con una tasa de alimentación de argón de 300 sccm, para una densidad de energía de 6 W/cm² y una velocidad de movimiento del sustrato de 6 mm/s. La capa de contiene molibdeno resultante tenía un espesor de aproximadamente 350 nm y una resistencia superficial de 0,5 ohmios al cuadrado.

Las mediciones para los parámetros y propiedades caracterizadores se llevaron a cabo de la manera siguiente:

50	Espesor	- espectroscopía de fluorescencia con rayos X, microscopía electrónica de escaneo
	Resistencia eléctrica	- medición de cuatro puntos.

La prueba de comparación se fabricó justo después de la apertura y aireación y posterior cerrado y primer vaciado por bombeo de la cámara de vacío. En este estado, es decir poco después de la apertura y la aireación de la cámara, la espectroscopía de emisión demuestra un pico de hidrógeno junto al argón y otros tipos de gases residuales.

En esta prueba de comparación, se pueden detectar ligeros problemas de adhesión después del proceso CIGS posterior en las regiones de las esquinas.

60 Ejemplo 2

Se fabricó otra muestra de comparación en las condiciones según el ejemplo 1, es decir asimismo sin la presencia de gas hidrógeno, a diferencia del ejemplo 1, sin embargo, únicamente después de que la cámara de vacío hubiera sido vaciada por bombeo ya hacía un tiempo prolongado. En este caso, una espectroscopía de emisión demostró un pico de hidrógeno notablemente menor frente al del argón y al de otros tipos de gases residuales.

Mediante la inspección óptica, se pudieron detectar en la muestra de comparación según el ejemplo 2, en comparación con el ejemplo 1, graves problemas de adhesión, después del proceso CIGS posterior, en las regiones de las esquinas.

5 **Ejemplo 3**

10 Se fabricó una muestra de una capa de molibdeno sobre un sustrato a base de sodio y de cal de acuerdo con el procedimiento según la presente invención, esencialmente con los mismos procedimientos del sistema de pulverización catódica que para las muestras de comparación, que se han discutido anteriormente, con la excepción de que el gas de aireación para la cámara principal de deposición contenía argón e hidrógeno. Se pudo determinar que el aspecto óptico y también la calidad de los módulos de células solares completamente acabados se había mejorado claramente frente al proceso de fabricación sin la adición de hidrógeno al argón.

15 Durante la realización de una espectroscopía de emisión, se puede determinar un pico de hidrógeno claro. Esto permite concluir que la adición de hidrógeno, vapor de agua o mezclas de gases que contienen hidrógeno y/o vapor de agua, al gas de pulverización catódica argón mejora claramente la calidad de la capa de molibdeno precipitada. Sin embargo, tiene sentido suministrar junto con el gas de pulverización catódica constantemente una cantidad fija de hidrógeno.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la deposición por pulverización catódica de capas de molibdeno sobre sustratos de vidrio que contienen sodio para el empalme de células solares de capa fina CIS o CIGS, en una cámara de deposición por pulverización catódica con un blanco (12) que contiene molibdeno que presenta las etapas siguientes: evacuación de la cámara de deposición por pulverización catódica (10), aplicación de un campo eléctrico entre el blanco (12) y el sustrato (14), caracterizado porque mejora una difusión de iones de sodio del sustrato de vidrio en la capa de molibdeno y la incorporación de trazas de hidrógeno en la capa de molibdeno mediante la introducción de una mezcla de argón y de otro gas con una proporción en volumen menor que el argón en la cámara de deposición por pulverización catódica (10) durante la deposición de la capa de molibdeno, siendo el otro gas una mezcla de gases que contiene hidrógeno (H₂) y vapor de agua (H₂O).
- 10
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la relación en volumen entre el argón y el otro gas está comprendida entre aproximadamente 1:0,01 y aproximadamente 1:0,1.
3. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una tasa de alimentación de argón está comprendida entre 5 y 1500 centímetros cúbicos estándar por minuto (sccm) y una tasa de alimentación del otro gas entre 1 y 300 sccm.
- 20 4. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la temperatura de proceso en la cámara de deposición por pulverización catódica (10) está comprendida entre 20°C y 150°C.
- 25 5. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la cámara de deposición por pulverización catódica (10) hay una densidad de energía entre el cátodo y el ánodo comprendida entre aproximadamente 1 W/cm² y 20 W/cm².
6. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la cámara de deposición por pulverización catódica (10) se aplica una presión de proceso comprendida entre 1 μbar y 25 μbar.

