

SUSTRATO TRANSPARENTE PROVISTO CON UNA PILA FUNCIONAL **DE CAPAS DELGADAS**

CAMPO TÉCNICO

5

[0001] La invención se relaciona con un sustrato transparente provisto con una pila funcional de capas delgadas.

PRECEDENTES TÉCNICOS

10

[0002] Las pilas funcionales de capas delgadas generalmente se usan para proveer funciones de aislamiento térmico y/o protección solar a cristales. Estos cristales pueden dotar a edificios o vehículos. Su objetivo en particular es el de reducir la labor de aire acondicionado y/o reducir el sobrecalentamiento excesivo (denominados cristales de “control solar”) y/o reducir la cantidad de energía disipada al exterior (denominados cristales de “baja emisión”).

15

20

[0003] Un tipo de pila funcional de capas delgadas utilizado en particular comprende una capa funcional metálica, en particular con base de plata, permitiendo así el reflejo de una parte de la radiación electromagnética, en particular la radiación infrarroja.

25

[0004] La capa funcional metálica generalmente se dispone entre dos conjuntos dieléctricos, también denominados módulos dieléctricos, para neutralizar los efectos ópticos de reflejo y refracción en el rango visible. Estos módulos dieléctricos pueden comprender una o más capas dieléctricas delgadas del tipo nitruro, por ejemplo nitruro de silicio o aluminio, y/o del tipo óxido, por ejemplo, óxido de silicio, zinc, o estaño.

30

[0005] Las funciones de control solar son las buscadas para los cristales que puedan exponerse a altos niveles de luz solar. La capacidad de un cristal de

limitar la cantidad de energía lumínica transmitida se define mediante el factor solar, g , que es la relación entre la energía total transmitida a través de la superficie del cristal o el cristal interior y la energía solar incidente. A menor factor solar, valor g , mejor será la protección contra la radiación solar.

5

[0006] JP H0812378 A [NISSAN MOTOR] 16/01/1996 describe una pila de “control solar” funcional que comprende una capa de óxido de tungsteno dispuesta entre dos capas dieléctricas. La pila hace posible reducir la resistencia eléctrica superficial y aumentar la transparencia a ondas de radio
10 relativas a las pilas que comprenden una capa funcional metálica, en particular con base de plata.

[0007] JP 2010180449 A [SUMITOMO METAL MINING CO [JP]] 19/08/2010 describe una capa con base de óxido de tungsteno depositada mediante
15 pulverización con el uso de un objetivo de óxido de tungsteno que comprende elementos químicos seleccionados de hidrógeno, metales alcalinos, metales alcalinotérreos, y metales térreos raros. La capa posee una función de “control solar” en virtud de su alta absorción de radiación de infrarrojo cercano.

[0008] EP 3686312 A1 [SUMITOMO METAL MINING CO [JP]] 29/07/2020 describe una capa con base de óxido de cesio tratada con cesio, y un
20 procedimiento para depositar esta capa mediante pulverización. La capa posee una transparencia a ondas de radio y una función de “control solar” en virtud, en particular, de su alta absorción de radiación infrarroja.

25

COMPENDIO DE LA INVENCION

PROBLEMA TÉCNICO

[0009] Para ciertas aplicaciones, por ejemplo, en el mercado de la
30 construcción y edificación, se desea que la pila funcional tenga alta transmisión lumínica, TL, en el rango visible, en particular mayor a 67% o

incluso 77%, para asegurar suficiente iluminación natural y comodidad del interior y para reducir el uso de iluminación artificial doméstica.

5 [0010] Una pila funcional se denomina pila funcional apropiada para estas aplicaciones cuando cumple tres requisitos: alta transmisión lumínica, bajo valor de factor solar, y bajo valor de emisividad. Una pila funcional, por lo tanto, es apropiada cuando tiene un valor de selectividad, s , definido como la relación de la transmisión lumínica y el alto factor solar y una emisividad baja.

10 [0011] Las soluciones de la técnica precedente que consisten en el uso, en la pila funcional, de solamente capas absorbentes de radiación infrarroja como capas funcionales, no son apropiadas debido a que poseen una mayor emisividad, incompatible por ejemplo con aplicaciones del mercado residencial.

15

[0012] Por lo tanto, existe una necesidad de obtener una pila funcional apropiada para aplicaciones de “control solar” en un mercado residencial, es decir, con alta selectividad y niveles de rendimiento energéticos promedios apropiados, en particular con respecto a la emisividad.

20

SOLUCIÓN AL PROBLEMA TÉCNICO

25 [0013] De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se provee un sustrato transparente con una pila funcional de capas delgadas como se describe en la reivindicación 1, cuyas reivindicaciones subordinadas poseen realizaciones beneficiosas.

30 [0014] De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se provee un cristal que comprende un sustrato transparente de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

[0015] De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se provee un procedimiento para fabricar un sustrato transparente de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

5 VENTAJAS DE LA INVENCION

[0016] Una primera ventaja de la invención es que provee una pila funcional de “control solar” apropiada, en particular para aplicaciones en mercados de construcción y edificación. La pila funcional cumple los tres requisitos de alta
10 transmisión lumínica, valor bajo de factor solar, y baja emisividad. También posee alta selectividad y niveles de rendimiento energéticos promedio apropiados.

[0017] Como ejemplos, un sustrato transparente provisto con una pila
15 funcional de acuerdo con el primer aspecto de la invención, en comparación con una pila funcional convencional, puede tener un valor de factor solar menor a al menos 2%, o incluso al menos 4%, y una transmisión lumínica equivalente, o incluso mayor a al menos 1%, o incluso al menos 2%.

[0018] Una segunda ventaja es que la capa de óxido de tungsteno no posee
20 influencia, o al menos muy poca, sobre el color de la pila en relación con una pila funcional convencional. Las especificaciones de color, por lo tanto, siempre se respetan cuando se inserta esta capa en una pila funcional existente.

[0019] Otra ventaja de la invención es que la capa de óxido de tungsteno
25 puede depositarse mediante un procedimiento de pulverización por magnetrón, en particular con el uso de un objetivo de óxido de tungsteno. Debido a que las pilas funcionales de capas delgadas generalmente se
30 depositan mediante un procedimiento de pulverización por magnetrón, los procedimientos existentes pueden adaptarse más rápidamente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0020] [Fig. 1] consiste en una representación esquemática de una primera realización del primer aspecto de la invención.

5

[0021] [Fig. 2] consiste en una representación esquemática de una segunda realización del primer aspecto de la invención.

[0022] [Fig. 3] consiste en una representación de la evolución del coeficiente de extinción óptica de varios ejemplos de la capa de óxido de tungsteno tratada con cesio como una función de longitud de onda.

10

[0023] [Fig. 4] consiste en una representación de la evolución del índice refractario óptico de varios ejemplos de la capa de óxido de tungsteno tratada con cesio como una función de longitud de onda.

15

[0024] [Fig. 5] consiste en una representación esquemática de una tercera realización del primer aspecto de la invención.

[0025] [Fig. 6] consiste en una representación esquemática de una cuarta realización del primer aspecto de la invención.

20

[0026] [Fig. 7] consiste en una representación esquemática de una quinta realización del primer aspecto de la invención.

25

[0027] [Fig. 8] consiste en una representación esquemática de una sexta realización del primer aspecto de la invención.

[0028] [Fig. 9] consiste en una representación esquemática de una primera realización de un cristal de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

30

[0029] [Fig. 10] consiste en una representación esquemática de una segunda realización de un cristal de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

5 [0030] [Fig. 11] consiste en una representación esquemática de la transmisión lumínica y del factor solar para diecisiete ejemplos de cristal de acuerdo con la invención y cuatro contraejemplos.

10 [0031] [Fig. 12] consiste en una representación esquemática del reflejo lumínico sobre la cara interior y la cara exterior para diecisiete ejemplos de cristal de acuerdo con la invención y cuatro contraejemplos.

15 [0032] [Fig. 13] consiste en una representación esquemática de los parámetros de color a^* y b^* en transmisión, en reflejo interno y en reflejo externo para diecisiete ejemplos de cristal de acuerdo con la invención y cuatro contraejemplos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

20 [0033] Se utilizan las siguientes definiciones y convenciones.

[0034] El término “encima de”, respectivamente “debajo de”, que describe la posición de una capa o de un conjunto de capas y que se define en relación con la posición de otra capa u otro conjunto, se refiere a que dicha capa o conjunto de capas está cercana, respectivamente lejos, con relación al sustrato. Estos dos términos, “encima de” y “debajo de” no se refieren a que la capa o el conjunto de capas que describen y la otra capa o el otro conjunto con respecto a la que se define están en contacto. Además, no excluyen la presencia de otras capas intermedias entre esas dos capas. La expresión “en contacto” se utiliza explícitamente para indicar que no se ubica otra capa entre ellas.

30

[0035] Sin más información o adjetivo exhaustivo, el término “grosor” usado para una capa corresponde al grosor físico, real o geométrico, e, de la capa, y se expresa en nanómetros.

- 5 [0036] La expresión “módulo dieléctrico” indica una o más capas en contacto con la otra que forman un conjunto de capas que es dieléctrica en promedio, es decir, no tiene las funciones de una capa metálica funcional. Si el módulo dieléctrico comprende varias capas, pueden ser dieléctricas también. El grosor físico, real o geométrico de un módulo dieléctrico de capas corresponde
- 10 a la suma de los grosores físicos, reales o geométricos de cada una de las capas que lo constituyen.

- [0037] En la presente descripción, las expresiones “una capa de” o “una capa con base en”, usadas para describir un material o una capa en cuanto a lo que
- 15 contiene, se utilizan de forma indistinta, y se refieren a que la fracción en masa del constituyente que comprende es de al menos 50%, en particular al menos 70%, preferentemente al menos 90%. En particular, la presencia de elementos de minoría o dopaje no se ve excluida.

- 20 [0038] El término “transparente” usado para describir un sustrato se refiere a que el sustrato preferentemente es incoloro, no opaco, y no translúcido para minimizar la absorción de la luz y de esta manera retener una transmisión lumínica máxima en el espectro electromagnético visible.

- 25 [0039] El término “transmitancia lumínica” se entiende como la transmitancia lumínica, denominada TL, como se define y mide en la sección 4.2 de la norma EN 410.

- [0040] La transmisión lumínica en el espectro visible, TL, el factor solar, g, y la
- 30 selectividad, s, el reflejo interno, Rint, y el reflejo externo, Rext, en el espectro visible se definen, miden, y calculan de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050, e ISO 10292.

[0041] De acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC, el grupo 1 de los elementos químicos comprende elementos de hidrógeno y alcalinos, es decir, litio, sodio, potasio, rubidio, cesio, y francio.

5

[0042] Las expresiones “índice de refracción óptica” y “coeficiente de extinción óptica” se entienden como el índice de refracción óptica, n , y coeficiente de extinción óptica, k , como se definen en el campo técnico, en particular de acuerdo con el Forouhi & Bloomer descrito en el Forouhi & Bloomer, Handbook of Optical Constants of Solids II, Palik, E.D. (ed.), Academic Press, 1991, Capítulo 7.

[0043] De acuerdo con un primer aspecto de la invención, con referencia a la Fig. 1 y la Fig. 2, un sustrato transparente (1000) se provee con una pila funcional (1001) de capas delgadas en al menos una de sus caras (1000a, 1000b), y la capa funcional (1001) comprende, a partir del sustrato (1000):
- al menos una capa funcional metálica (1003) ubicada entre dos módulos dieléctricos (1002, 1004) de capas delgadas, y en el que al menos uno de los módulos (1002, 1004) de capas delgadas comprende una capa (1002a, 1004a) de óxido de tungsteno, y el óxido de tungsteno comprende al menos un elemento de dopaje seleccionado de los elementos químicos del grupo 1 de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC.

[0044] De forma sorpresiva, una capa de óxido de tungsteno que comprende un elemento de dopaje seleccionado a partir de los elementos del grupo 1 de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC posee características ópticas inesperadas, en particular en términos de la evolución del coeficiente de extinción óptica y del índice refractivo como una función de la longitud de onda de la radiación electromagnética. Estas características junto con la presencia de una capa funcional metálica poseen un efecto sinérgico sobre el aumento en la selectividad.

[0045] Como ejemplos ilustrativos y explicativos, a los que, no obstante, la presente invención no deberá considerarse relacionada inexorablemente, los cambios en el coeficiente de extinción óptica, k , y en el índice refractivo óptico, n , para una capa de óxido de tungsteno tratada con cesio depositada mediante pulverización sobre un sustrato de vidrio de silicato sódico-cálcico de acuerdo con las tres condiciones de deposición se ilustran en la Fig. 3 y Fig. 4 respectivamente. La relación molar entre cesio y tungsteno es de alrededor de 0,05-0,06.

[0046] Las capas C1, C2 y C3 se depositaron en un sustrato hecho de vidrio de silicato sódico-cálcico sobre el cual se ha depositado una primera capa con base de nitruro de silicio con un grosor de aproximadamente 5 nm. Posteriormente, se cubrieron con una segunda capa con base de nitruro de silicio con un grosor de alrededor de 5 nm. En otras palabras, cada capa C1, C2 y C3 se encapsula entre dos capas con base de nitruro de silicio.

[0047] El encapsulado de las capas C1, C2 y C3 mediante dos capas con base de nitruro de silicio posee la función de evitar la degradación de las capas C1, C2 y C3 a través de oxidación excesiva y/o difusión excesiva de oxígeno en su estructura. En lugar de nitruro de silicio, es posible utilizar cualquier tipo de nitruro apropiado como por ejemplo nitruro de zirconio.

[0048] La capa C1 se depositó bajo una atmósfera que comprende 25% dióxígeno a una presión de 4 mTorr, la capa C2 bajo una atmósfera que comprende 20% dióxígeno a una presión de 4 mTorr y la capa C3 bajo una atmósfera que comprende 5% dióxígeno a una presión de 10 mTorr.

[0049] Las pilas obtenidas de esta manera que comprenden las capas C1, C2 y C3 se templaron a 650°C durante 10 minutos luego de la deposición.

[0050] El coeficiente de extinción y el índice refractivo se calcularon mediante el modelo de las mediciones experimentales. Las mediciones se obtuvieron

con el uso del espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 900 y un elipsómetro VASE M-2000XI J.A. Wollam.

[0051] En referencia a la Fig. 3, independientemente de la capa C1, C2 o C3, el coeficiente de extinción disminuye de forma monotónica desde un valor menor a 1 a 300 nm para alcanzar una meseta mínima menor a 0,1 entre aproximadamente 400 nm y 550 nm, luego aumenta de forma monotónica para alcanzar un valor mayor a 1,2 a 1200 nm. Las capas C1, C2 y C3 poseen una absorción fuerte en el infrarrojo cercano y cierta transparencia en el rango visible del espectro electromagnético.

[0052] En referencia a la Fig. 4, independientemente de la capa C1, C2 o C3, el índice refractario óptico disminuye de forma monotónica desde un valor cercano a 3 a 300 nm para alcanzar una meseta mínima menor a 1,8, o incluso 1,6 entre aproximadamente 800 nm y 1100 nm, luego aumenta de forma monotónica para alcanzar un valor mayor a 1,8, o incluso 2 a 1300-1400 nm. Los cambios en el índice refractario óptico y el coeficiente de extinción óptico poseen cierta variación entre las tres capas C1, C2 y C3. Esta variabilidad muy moderada se debe probablemente a las condiciones de deposición y no afecta negativamente la obtención de las ventajas de la presente invención.

[0053] De acuerdo con otras realizaciones preferidas, el índice refractario óptico de la capa de óxido de tungsteno (1002a, 1004a) disminuye de forma monotónica con la longitud de onda desde un valor máximo mayor a 2,4 a 350 nm hasta un valor mínimo entre 600 nm y 900 nm para que la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo sea mayor a 0,8, preferentemente 1,0, o incluso 1,04.

[0054] En otras palabras, el valor del índice refractario óptico disminuye de forma monotónica en al menos 0,8, preferentemente al menos 1,0, o incluso al menos 1,4 entre un valor máximo mayor a 2,4 a 350 nm y un valor mínimo entre 600 nm y 900 nm. Por ejemplo, el valor de índice refractario óptico puede

disminuir de forma monotonica en al menos 0,8, preferentemente al menos 1,0, o incluso al menos 1,4 entre un valor máximo mayor a 2,4 a 350 nm y un valor mínimo menor a 2,3 entre 600 nm y 900 nm, especialmente entre 800 nm y 900 nm.

5

[0055] Sin contar con un requisito particular para obtener los efectos de la presente invención, estos valores de índice refractario óptico pueden ser beneficiosos con respecto a las especificaciones de color para aplicaciones en mercados de construcción y edificación. En particular, posibilitan la obtención de colores neutros.

10

[0056] De acuerdo con ciertas realizaciones complementarias preferidas, el coeficiente de extinción óptica de la capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a puede ser menor a 0,2, o incluso 0,1 a 500 nm y menor a 2, o incluso 1,5 a 1200 nm. De esta manera, puede incrementar aún más la selectividad, de forma beneficiosa.

15

[0057] El coeficiente de extinción óptica y el índice refractario óptico pueden variar en función de la naturaleza y la cantidad de el/los elemento/s de dopaje seleccionado/s de los elementos del grupo 1 de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC. En particular, pueden presentar diferentes comportamientos de lo que se ha descrito previamente en el contexto de los ejemplos ilustrativos y explicativos de la Fig. 3 y la Fig. 4. No obstante, en la actualidad resulta difícil establecer una ley de comportamiento general del coeficiente de extinción óptica y del índice refractario de acuerdo con la naturaleza y/o cantidad de el/los elemento/s de dopaje.

20

25

[0058] De acuerdo con ciertas realizaciones en particular, la capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a comprende el elemento de dopaje X o los elementos de dopaje X1, X2,... en proporciones de modo que la relación molar, X/W del elemento sobre tungsteno, W, o la suma de relaciones molares de cada elemento sobre tungsteno $(X1+X2+...)/W$ sea de entre 0,01 y 0,4,

30

preferentemente entre 0,01 y 0,2, o incluso entre 0,01 y 0,1. Se ha observado que estos valores de relación molar pueden posibilitar de forma beneficiosa la obtención de valores de coeficiente de extinción óptica y de índice refractario descriptos en las realizaciones previas y al mismo tiempo limitar la cantidad de elementos de dopaje. Además, se puede obtener un ahorro de la explotación de recursos minerales para los elementos de dopaje, así como también una reducción de los costos.

[0059] De acuerdo con ciertas realizaciones, la capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a comprende al menos un elemento de dopaje seleccionado de hidrógeno, litio, sodio, potasio, y cesio. Entre los elementos del grupo 1, estos elementos en particular posibilitan la obtención de los valores más óptimos de coeficiente de extinción óptica e índice refractario para los efectos técnicos deseados.

[0060] De acuerdo con realizaciones particularmente preferidas, la capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a comprende cesio como un elemento de dopaje, y la relación molar entre cesio y tungsteno es de entre 0,01 y 0,2, preferentemente entre 0,01 y 0,1. Estas realizaciones posibilitan la obtención del mejor rendimiento en cuanto al aumento en selectividad, la preservación de colores neutros, y los ahorros en costos.

[0061] El sustrato transparente 1000 puede preferentemente ser planar y puede ser naturaleza orgánica o inorgánica, rígida o flexible. En particular, puede ser un vidrio mineral, por ejemplo, vidrio de silicato sódico-cálcico.

[0062] Los ejemplos de sustratos orgánicos que se pueden utilizar de forma beneficiosa en la implementación de la invención pueden ser materiales de polímero, como por ejemplo polietilenos, poliésteres, poliacrilatos, policarbonatos, poliuretanos, o poliamidas. Estos polímeros pueden ser fluoropolímeros.

[0063] Los ejemplos de sustratos inorgánicos que se pueden emplear de forma beneficiosa en la invención pueden ser láminas de vidrio inorgánico o vidrio-cerámica. El vidrio preferentemente puede ser un vidrio de silicato sódico-cálcico, borosilicato, aluminosilicato, o en su defecto, del tipo alumino-
5 borosilicato. De acuerdo con una realización preferida de la invención, el sustrato transparente 1000 es una lámina de vidrio mineral de silicato sódico-cálcico.

[0064] En referencia a la Fig. 1, de acuerdo con realizaciones beneficiosas, la
10 capa de óxido de tungsteno 1002a puede estar comprendida en el módulo dieléctrico 1002 de capas ubicadas debajo de la capa funcional metálica 1003, entre el sustrato 1000 y la capa metálica funcional 1003. La presencia de la capa de óxido de tungsteno 1002a en el módulo dieléctrico 1002 de capas ubicadas debajo de la capa funcional metálica 1003 posibilita la reducción del
15 valor de factor solar y/o el aumento de la transmisión lumínica.

[0065] En referencia a la Fig. 5, de acuerdo con las realizaciones preferidas, cada módulo dieléctrico 1002, 1004 de capas comprende una capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a. La presencia de la capa de óxido de tungsteno
20 1002a, 1004a en cada módulo dieléctrico 1002, 1004 permite reducciones mayores en el factor solar y los aumentos más importantes en la transmisión lumínica.

[0066] De acuerdo con ciertas realizaciones beneficiosas, el grosor físico de
25 la/s capa/s de óxido de tungsteno 1002a, 1004a puede ser de entre 2 nm y 50 nm, en particular entre 5 nm y 30 nm, preferentemente entre 5 nm y 20 nm. Estos intervalos de grosores son suficientes para obtener las ventajas destacables del primer aspecto de la invención.

[0067] De acuerdo con las realizaciones, con referencia a la Fig. 6, la pila funcional 1001 de capas además comprende una capa superpuesta metálica de bloqueo 6002, preferentemente con base de aleación de níquel y cromo,

ubicada por encima y en contacto con la capa metálica funcional 1003 y/o una subcapa metálica de bloqueo 6001, preferentemente con base de aleación de níquel y cromo, ubicada por debajo y en contacto con la capa metálica funcional 1003.

5

[0068] La presencia de una capa superpuesta metálica de bloqueo 6002 y/o de una subcapa metálica de bloqueo 6001 posibilita aumentar de forma beneficiosa la durabilidad de la pila, por ejemplo en términos de resistencia mecánico al barrido o rayado. También posibilita evitar el deterioro, por ejemplo la oxidación, de la capa funcional metálica 1003 durante la deposición de las posteriores capas y/o durante tratamientos térmicos, en particular al limitar la difusión de ciertos elementos químicos de las capas adyacentes y/o la difusión de oxígeno.

10

15 [0069] De acuerdo con otras realizaciones, con referencia a la Fig. 7, la pila funcional 1001 de capas delgadas puede además comprender una capa superpuesta de óxido de titanio 7001 ubicada por encima de, preferentemente en contacto con, la capa funcional metálica 1001; esta capa superpuesta 4000 preferentemente tiene un grosor físico de al menos 5 nm. La capa superpuesta de óxido de titanio 7001 aumenta la selectividad.

20

[0070] De acuerdo con realizaciones particulares, con referencia a la Fig. 8, la pila funcional 1001 de capas comprende una capa 8001 de índice refractario menor a 2,45 a 550 nm; la capa está comprendida dentro del módulo dieléctrico 1004 de capas que forman la parte superior de la pila funcional 1001 comenzando desde el sustrato 1000. Preferentemente, la capa 8001 es la última capa del módulo dieléctrico 1004.

25

[0071] La combinación de una capa con un índice refractario menor a 2,45 a 550 nm en el último módulo dieléctrico 1004 con una capa de óxido de tungsteno 1002a, 1004a en el primer y/o segundo módulo dieléctrico 1002, 1004 posibilita evitar toda degradación de la/s capa/s 1002a, 1004a, de óxido

30

de tungsteno mediante la difusión opcional de elementos, como el oxígeno, de las capas adyacentes.

5 [0072] De acuerdo con otras realizaciones particulares, la pila funcional 1001 de capas comprende una capa con un índice refractario menor a 2,45 a 550 nm; la capa está comprendida dentro del módulo dieléctrico 1002 de capas que forman la parte inferior de la pila funcional 1001 comenzando desde el sustrato 1000.

10 [0073] De acuerdo con las realizaciones preferidas, la pila funcional 1001 de capas comprende una primera capa con un índice refractario menor a 2,45 a 550 nm; la primera capa está comprendida dentro del módulo dieléctrico 1002 de capas que forman la parte inferior de la pila funcional 1001 comenzando desde el sustrato 1000, y una segunda capa con un índice refractario menor
15 a 2,45 a 550 nm; la segunda capa está comprendida en el módulo dieléctrico 1004 de capas que forman la parte superior de la pila funcional 1001 comenzando desde el sustrato 1000.

[0074] La capa o capas con un índice refractario menor a 2,45 a 550 nm
20 preferentemente tienen base de óxido o nitruro de silicio, zirconio, titanio, o estaño y zinc. Por ejemplo, pueden tener como base nitruro de silicio, óxido de silicio, nitruro de zirconio o zinc y óxido de estaño.

[0075] La función de la capa metálica funcional 1003 es la de reflejar radiación
25 infrarroja y/o parte de la radiación solar. Puede ser de cualquier metal apropiado, por ejemplo puede ser de base de oro o plata. El grosor de la capa metálica funcional 1003 generalmente puede ser de entre 2 nm y 25 nm, preferentemente entre 10 nm y 20 nm.

30 [0076] De acuerdo con las realizaciones preferidas, la capa metálica funcional 1003 tiene como base la plata.

[0077] Los módulos dieléctricos pueden comprender una o más capas con óxidos y/o nitruros de metal y/o aleaciones metálicas, como por ejemplo, óxido de zinc, óxido mixto de zinc estaño, nitruro de silicio, óxido de silicio, nitruro de zirconio, óxido de titanio, óxido de estaño, y oxi-nitruro de silicio.

5

[0078] Los procedimientos para depositar capas delgadas en sustratos, en particular sustratos de vidrio, son procedimientos reconocidos en la industria. A modo de ejemplo, la deposición de una pila de capas delgadas sobre un sustrato de vidrio se lleva a cabo mediante sucesivas deposiciones de cada
10 capa delgada de la pila al hacer pasar el sustrato de vidrio a través de una sucesión de células de deposición apropiadas para depositar una capa delgada determinada.

[0079] Las células de deposición pueden utilizar procedimientos de deposición
15 como pulverización asistida mediante campo magnético, deposición asistida mediante haz de iones (IBAD), evaporación, deposición química de vapor (CVD), deposición química de vapor mejorada con plasma (PECVD), deposición química de vapor a baja presión (LPCVD), etcétera.

[0080] Particularmente se utiliza el procedimiento de pulverización asistida
20 mediante campo magnético. Las condiciones para la deposición de capas tienen amplia documentación en la literatura, por ejemplo en las solicitudes de patente WO2012/093238 A1 y WO2017/00602 A1.

[0081] Un segundo aspecto de la invención se relaciona con un cristal, en
25 particular un cristal individual, doble, o triple, que comprende un sustrato transparente de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descriptas.

[0082] Un cristal monolítico comprende un sustrato individual, en particular
30 una lámina de vidrio mineral; puede ser un cristal individual. Cuando el sustrato de acuerdo con la invención se utiliza como cristal monolítico, la pila funcional de capas delgadas se deposita preferentemente en la cara del

sustrato que está dirigida hacia el interior del cuarto del edificio sobre las paredes de las cuales el cristal se instala. En esta configuración, puede ser beneficioso proteger la primera capa y opcionalmente la pila de capas delgadas de daños físicos o químicos con el uso de medios apropiados.

5

[0083] Un cristal múltiple comprende al menos dos sustratos, en particular láminas de vidrio mineral, que son paralelos y separados por una cavidad rellena de gas aislante. La mayoría de los cristales múltiples son cristales dobles o triples, es decir que comprenden respectivamente dos o tres cristales. Cuando el sustrato de acuerdo con la invención se utiliza como elemento de un cristal múltiple, la pila funcional de capas delgadas preferentemente se deposita sobre la cara de la lámina de vidrio que se dirige hacia adentro en contacto con el gas aislante. Esta disposición presenta la ventaja de que protege la pila de los daños químicos o físicos del medioambiente exterior.

15

[0084] De acuerdo con realizaciones preferidas, con referencia a la Fig. 9 y la Fig. 10, el cristal es un cristal doble 9000, 10000 que comprende un sustrato transparente 1000 de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previamente descritas dispuesto para que la pila funcional 1001 de capas se ubique frente a dos y/o tres de estos cristales 9000, 10000. En la figura, (E) corresponde al exterior de las instalaciones donde se instala el cristal, y (I) al interior de las instalaciones.

20

[0085] De acuerdo con una primera realización, con referencia a la Fig. 9, el cristal 9000 comprende una primera lámina de vidrio transparente 1000 con una superficie interna 1000a y una superficie externa 1000b, una segunda lámina de vidrio 9001 con una superficie interna 9001a y una superficie externa 9001b, una cavidad rellena con gas aislante 9002, un espaciador 9003 y un sello 9004.

30

[0086] La lámina de vidrio 1000 comprende, sobre y en contacto con su superficie interna 1000b en contacto con el gas de la cavidad rellena con gas aislante 9002, una pila funcional 1001 de acuerdo con el primer aspecto de la invención. El conjunto funcional 1001 preferentemente se deposita para que
5 su superficie externa, que es opuesta a la superficie 1000b de la lámina de vidrio transparente 1000, se dirija hacia el interior (I) de las instalaciones, por ejemplo un edificio, en el que se utiliza el cristal. En otras palabras, la pila funcional 1001 se dispone sobre la cara 2 del cristal empezando desde el exterior (E).

10

[0087] De acuerdo con otra realización, con referencia a la Fig. 10, el cristal es un cristal doble 10000 que comprende una primera lámina de vidrio 1000 con una superficie interna 1000a y una superficie externa 1001b, una segunda lámina de vidrio transparente 10001 con una superficie interna 1001a y una
15 superficie externa 1001b, una cavidad rellena con gas aislante 10004, un espaciador 10003 y un sello 10004.

[0088] La lámina de vidrio 1000 comprende, sobre su superficie interna 1000a en contacto con el gas de la cavidad rellena de gas aislante 9004, una pila
20 funcional 1001 de acuerdo con el primer aspecto de la invención. El conjunto funcional 1001 preferentemente se dispone para que su superficie externa que es opuesta a la superficie 1000a de la lámina de vidrio transparente 1000 se dirija hacia el exterior (E) de las instalaciones. En otras palabras, la pila funcional (1001) se dispone sobre la cara 3 del cristal empezando desde el
25 exterior (E).

[0089] De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se provee un procedimiento para fabricar un sustrato transparente de acuerdo con el primer
30 aspecto de la invención, de forma tal que la capa de óxido de tungsteno se deposite mediante un procedimiento de pulverización por magnetrón que utiliza un objetivo de óxido de tungsteno con el uso de un elemento químico

elegido a partir de los elementos químicos del grupo 1 de acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC.

5 [0090] El objetivo de óxido de tungsteno puede contener en particular uno o más elementos de dopaje en las proporciones que se describen para la capa de óxido de tungsteno tratada en ciertas realizaciones del primer aspecto de la invención.

10 [0091] La capa o capas de tungsteno se pueden depositar mediante pulverización con el uso del objetivo previamente mencionado bajo una atmósfera que comprende 0% a 50%, preferentemente 5% a 25% de dióxígeno bajo una presión comprendida entre 1 y 15 mTorr, preferentemente 3 a 10 mTorr. Preferentemente, la deposición puede llevarse a cabo en frío, es decir, a una temperatura menor a 100°C, en particular entre 20°C y 60°C,
15 para el sustrato.

[0092] Todas las realizaciones descritas, ya sea si se relacionan con el primer aspecto o segundo aspecto de la invención, se pueden combinar entre sí sin modificación o adaptación particular. En el caso de que aparezcan
20 incompatibilidades técnicas durante la implementación de una de estas combinaciones, estará dentro del alcance de la persona versada en la técnica el poder resolverlas mediante su propio conocimiento sin realizar acciones indebidas, en particular al implementar un programa de investigación.

25 **EJEMPLOS**

[0093] A continuación, se muestran a modo de ejemplos y contraejemplos las características y ventajas de la invención.

30 [0094] Diecisiete ejemplos, E1 – E17, de acuerdo con la invención, se describen en las Tablas 1, 2, y 3 que indican la composición y el grosor

expresado en nanómetros de las varias capas. Los números en las primeras dos columnas corresponden a las referencias de las figuras.

[0095] La capa, indicada como CWO, de óxido de tungsteno tratado con cesio.

- 5 La relación molar entre cesio y tungsteno es de aproximadamente 0,05-0,06.

[0096]

Tab. 1			E1	E2	E3	E4	E5	E6
		TiOx	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1004		SiN	41	42	41	17	41	24
		SnZnO				5		
		SiZr						
	1004a	CWO						19
	7001	TiOx				20		
		ZnO	5	5	5		5	5
	6002	NiCrOx	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
1003		Ag	16,6	16,6	17,0	17,5	16,6	16,3
1002		ZnO	5	5	5	5	5	5
	1002a	CWO	17	10	10	19	17	18
		SiZr						
		SiN	9	17	12	5	9	5
1000		vidrio	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm

[0097]

Tab. 2			E7	E8	E9	E10	E11	E12
		TiOx	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1004		SiN	41	30	17	13	24	35
		SnZnO			5	10	6	
		SiZr						
	1004a	CWO		11				
	7001	TiOx			20	20	14	
		ZnO	5	5				5
	6002	NiCrOx	0,6	0,6				0,6
1003		Ag	17,0	17,4	17,5	18,3	18,5	12,9
1002		ZnO	5	5	5	5	5	5
	1002a	CWO	10	15	19	19	16	15
		SiZr						
		SiN	12	5	5	5	5	22
1000		vidrio	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm

[0098]

Tab. 3			E13	E14	E15	E16	E17
		TiOx	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
		SiN	18	21	5	5	19
		SnZnO			10	5	5
		SiZr					
1004	1004a	CWO	20	15			12
	7001	TiOx			20	25	5
		ZnO	5	5			
	6002	NiCrOx	0,6	0,6			
1003		Ag	12,6	14,2	13,2	14,8	14,8
		ZnO	5	5	5	5	5
1002	1002a	CWO	23	20	18	24	20
		SiZr					
		SiN	5	5	19	5	5
1000		vidrio	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm	4 mm

[0099] Los ejemplos E1 a E5, E7, E9 a E12, E15 y E16 comprenden solamente una capa de óxido de tungsteno tratada 1002a en el primer módulo dieléctrico 1002. Los ejemplos E6, E8, E13 a E14 y E17 comprenden dos capas de óxido de tungsteno tratadas 1002a, 1004a ubicadas en el primer 1002 y segundo 1004 módulo dieléctrico. Los contraejemplos correspondientes son los contraejemplos CE1 y CE3.

[0100] Los ejemplos E9 a E11 y los ejemplos E15 a E17 son ejemplos de acuerdo con ciertas realizaciones beneficiosas en las que una capa con base de óxido de titanio 7001 se ubica por encima y está en contacto con la capa funcional metálica 1003. Los contraejemplos correspondientes son los contraejemplos CE2 y CE4.

[0101] Cuatro contraejemplos, CE1 – CE4 se describen en la Tabla 4 que indica la composición y grosor expresado en nanómetros de las varias capas.

[0102]

Tab. 3			CE1	CE2	CE3	CE4
		TiOx	1,5	1,5	1,5	1,5
		SiN	40	30	37	25
		SnZnO				
		SiZr				
1004	1004a	CWO				
	7001	TiOx		5		10
		ZnO	5		5	
	6002	NiCrOx	0,6		0,6	
1003		Ag	17,0	18,5	13,4	15,7
		ZnO	5	5	5	5
1002	1002a	CWO				
		SiZr		14		23
		SiN	22	5	28	0
1000		vidrio				

[0103] Las pilas de capas delgadas de los diecisiete ejemplos E1 – E17 y de los contraejemplos CE1 – CE4 se depositaron mediante pulverización catódica con asistencia de campo magnético (procedimiento de magnetrón) cuyas características están ampliamente documentadas en la literatura, por ejemplo en las solicitudes de patente WO2012/093238 y WO2017/00602. El sustrato 1000 consiste en un vidrio mineral de silicato sódico-cálcico de 4 mm de grosor. Luego de la deposición, los sustratos se sometieron a un tratamiento térmico a 650°C durante 10 minutos.

[0104] La naturaleza de los objetivos usados y las condiciones de deposición de los ejemplos E1 a E17 y contraejemplos CE1 – CE4 se agrupan en la tabla 5.

15

[0105]

Tab. 5	Objetivo	Presión (μbar)	Ar (sccm)	O2 (sccm)	N2 (sccm)	Energía (W)
	TiOx	2	10	2	0	2000
	SnZnO	2	7	44	0	1000
	SiN	5	7	0	14	2000
	SiZr	2	15	0	15	1000
	Si:ZR 27 % en peso					

NiCrOx	NiCr	2	20	0	0	70
Ag	Ag	8	40	0	0	210
ZnO	ZnO:Al 2 % en peso	2	40	2	0	1300
CWO	CWO	4-10	30-40	2-10	0	1300

[0106] El factor solar, g, la selectividad, s, la transmisión lumínica, TL, el reflejo lumínico sobre la cara interior, Rint, y sobre la cara exterior, Rext, así como también el color en la transmisión, sobre la cara interior y sobre la cara exterior, se midieron para cada sustrato de los ejemplos E1 a E17 y de los contraejemplos CE1 a CE4 ensamblados en un doble cristal, como se muestra en la Fig. 1. La segunda lámina de vidrio 9001 es un vidrio mineral de silicato sódico-cálcico con un grosor de 4 mm. El grosor del espacio de aire 9002 es de 16 mm. La pila se dispone sobre la cara 2, o sobre la cara 1001b del sustrato 1000.

[0107] La expresión “color”, usada para describir un sustrato transparente provisto con una pila, se entiende como el color tal como se define en el espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976 de acuerdo con la norma ISO 11664, en particular con un iluminante D65 y un campo visual de 2° o 10° para el observador de referencia; se mide de acuerdo con esa norma.

[0108] La transmisión lumínica en el espectro visible, TL, el factor solar, g, y la selectividad, s, y el reflejo interno, Rint, y el reflejo externo, Rext, en el espectro visible, se definen, miden y calculan de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050, y/o ISO 10292.

[0109] Las mediciones de factor solar, selectividad, transmisión lumínica, reflejo interno y reflejo externo se agrupan en la Tabla 6. Las mediciones de los parámetros de color a^* y b^* , en la transmisión (a^*T , b^*T), en el reflejo externo (a^*Rext , b^*Rext) y en el reflejo interno (a^*Rint , b^*Rint) se agrupan en la tabla 7.

[0110]

Tab, 6	g	s	TL	Rint	Rext
E1	45,3	1,523	69,0	20,8	20,0
E2	45,9	1,503	69,0	21,0	20,0
E3	45,3	1,528	69,2	22,6	20,8
E4	43,8	1,575	69,0	20,7	19,1
E5	45,3	1,523	69,0	20,8	20,0
E6	44,8	1,564	70,0	23,7	21,7
E7	45,3	1,528	69,2	22,6	20,8
E8	44,0	1,593	70,0	23,4	21,3
E9	43,8	1,575	69,0	20,7	19,1
E10	44,0	1,593	70,0	23,2	20,8
E11	44,0	1,592	70,0	23,2	20,9
E12	54,7	1,428	78,2	12,1	12,4
E13	52,9	1,485	78,5	15,0	14,0
E14	50,5	1,554	78,5	14,6	13,7
E15	53,0	1,478	78,3	11,5	11,8
E16	51,2	1,534	78,5	14,5	13,5
E17	50,3	1,561	78,5	14,7	13,7
CE1	46,3	1,489	69,0	24,1	21,9
CE2	45,3	1,544	70,0	22,9	21,0
CE3	56,1	1,394	78,2	14,9	13,9
CE4	52,9	1,485	78,5	14,2	13,4

5

10

15

[0111]

Tab, 7	a*T	b*T	a*Rext	b*Rext	a*Rint	b*Rint
E1	-4,0	-1,0	2,3	-3,4	4,1	-4,1
E2	-4,1	1,3	2,3	-3,7	4,5	-5,9
E3	-4,6	1,4	1,0	-3,5	3,4	-4,9
E4	-4,1	0,6	1,7	-6,8	3,8	-7,2
E5	-4,0	-1,0	2,3	-3,4	4,1	-4,1
E6	-3,9	3,0	3,0	-5,1	4,6	-7,1
E7	-4,6	1,4	1,0	-3,5	3,4	-4,9
E8	-4,1	3,0	2,2	-2,8	4,0	-5,0
E9	-4,1	0,6	1,7	-6,8	3,8	-7,2
E10	-4,0	3,0	2,9	-4,5	4,4	-6,1
E11	-4,0	3,0	2,0	-2,6	4,0	-5,2
E12	-3,5	-1,0	3,0	-4,7	4,9	-2,9
E13	-3,2	2,4	3,0	-7,2	4,4	-8,0
E14	-3,8	3,0	2,5	-4,8	4,3	-6,1
E15	-4,0	0,5	1,8	-8,0	4,7	-6,1
E16	-3,5	3,0	3,0	-7,2	4,3	-8,0
E17	-3,8	3,0	2,3	-4,5	4,1	-5,9
CE1	-3,6	4	3,2	-7,7	4,3	-8,1
CE2	-4,3	3,4	3,0	-3,8	4,7	-5,4
CE3	-2,9	2,7	3,1	-8,8	4,0	-8,0
CE4	-3,8	3,0	3,0	-4,8	4,8	-5,7

[0112] Los valores de transmisión lumínica, TL, y factor solar, g, se muestran en la Fig. 11 para los ejemplos E1 a E17 (círculos sólidos) y contraejemplos CE1 a CE4 (círculos vacíos). Este gráfico también muestra los umbrales de selectividad, $s=1,4$; $s=1,5$ y $s=1,6$ como ayudas visuales.

[0113] La Fig. 11 muestra que se obtienen valores altos de selectividad con los ejemplos E1 a E5, E7, E9 a E12, E15 y E16 que comprenden solamente una capa de óxido de tungsteno tratada 1002a en el primer módulo dieléctrico 1002, con los ejemplos E6, E8, E13 a E14 y E17 que comprenden dos capas de óxido de tungsteno tratadas 1002a, 1004a ubicadas en el primer 1002 y segundo 1004 módulo dieléctrico.

[0114] Como se muestra en la Fig. 11, los ejemplos E1 a E17 y los contraejemplos CE1 a CE7 pueden dividirse en dos grupos: el grupo de los

ejemplos E1 a E11 y los contraejemplos CE1 y CE2 para los que la transmisión lumínica es de aproximadamente 70% y el grupo de los ejemplos E12 a E17 y los contraejemplos CE3 y CE4 para los que la transmisión lumínica es mayor a 78%.

5

[0115] Para el primer grupo, es decir, los ejemplos y contraejemplos con una transmisión lumínica de aproximadamente 70%, la Fig. 11 muestra claramente una reducción del factor solar para los ejemplos de acuerdo con la invención en comparación con los contraejemplos CE1 y CE2. En particular, la selectividad de los ejemplos es mayor que 1,50 o incluso 1,55.

10

[0116] El contraejemplo CE2 posee una selectividad mayor a 1,50 pero menor a 1,55. Este contraejemplo CE2 comprende una capa de óxido de titanio dispuesta por encima y en contacto con la capa funcional metálica. Los ejemplos correspondientes E9 a E11 poseen un valor de factor solar inferior y, por lo tanto, una mayor selectividad.

15

[0117] Para el segundo grupo, es decir, los ejemplos y contraejemplos con una transmisión lumínica mayor a 78%, la Fig. 11 muestra claramente una reducción del factor solar para los ejemplos de acuerdo con la invención en comparación con los contraejemplos CE3 y CE4. En particular, la selectividad de los ejemplos es mayor a 1,40 o incluso 1,50.

20

[0118] El contraejemplo CE4 posee una selectividad mayor a 1,40 pero menor a 1,50. Este contraejemplo CE4 comprende una capa de óxido de titanio dispuesta por encima y en contacto con la capa funcional metálica. Los ejemplos correspondientes E15 a E17 poseen un valor de factor solar inferior y, por lo tanto, una mayor selectividad.

25

[0119] Los valores de reflejo lumínico sobre la cara interna, R_{int} , y sobre la cara externa, R_{ext} , se muestran en la Fig. 12 para los ejemplos E1 a E17 (círculos sólidos) y contraejemplos CE1 a CE4 (círculos vacíos).

30

[0120] La Fig. 12 muestra que los ejemplos de acuerdo con la invención poseen niveles de reflejo sobre la cara interna y sobre la cara externa menores, o en su defecto equivalentes, a aquellos de los contraejemplos para los valores de transmisión lumínica comparables. En otras palabras, la invención también posibilita la reducción de reflejo lumínico mientras que se conserva el mismo nivel de transmisión lumínica.

[0121] Los valores de los parámetros de color a^* , b^* se muestran en la Fig. 13 para los ejemplos E1 a E17 (se muestran sólidos) y los contraejemplos CE1 a CE4 (se muestran vacíos). Los parámetros de color en la transmisión a^*T , b^*T están representados en círculos, los parámetros en el reflejo sobre la cara exterior a^*R_{ext} , b^*R_{ext} son representados con triángulos, y los parámetros en el reflejo sobre la cara interna a^*R_{int} , b^*R_{int} están representados con cuadrados.

[0122] En la transmisión, los ejemplos de acuerdo con la invención, en particular la mayoría de los ejemplos que comprenden solamente una capa de óxido de tungsteno tratada 1002 en el primer módulo dieléctrico 1002, poseen un parámetro de color b^* inferior. Los contraejemplos poseen un color que se orienta hacia el amarillo.

[0123] En el reflejo de cara externa, los ejemplos de acuerdo con la invención poseen un parámetro de color a^*R_{ext} inferior. Los ejemplos que comprenden solamente una capa de óxido de tungsteno tratada 1002 en el primer módulo dieléctrico 1002 también poseen un parámetro de color b^*R_{ext} mayor, es decir, que llega al cero. Los contraejemplos poseen un color orientado hacia el rojo.

[0124] En el reflejo de cara interna, los ejemplos de acuerdo con la invención poseen un parámetro de color a^*R_{int} inferior y un parámetro de color b^*R_{ext} mayor. Los contraejemplos poseen un color orientado hacia el violeta.

[0125] Estos ejemplos muestran muy claramente las ventajas de los sustratos de la invención, a saber, que poseen un factor solar reducido, una mayor selectividad, y un color más neutral.