

DESCRIPCIÓN

TÍTULO: SUSTRATO TRANSPARENTE PROVISTO DE UNA PILA FUNCIONAL DE CAPAS DELGADAS

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La invención se refiere a un sustrato transparente provisto de una pila de capas delgadas que le confieren propiedades de “control solar”.

10 ANTECEDENTES TÉCNICOS

[0002] Las pilas funcionales de capas delgadas se utilizan comúnmente para proporcionar funciones de aislamiento térmico y/o protección solar a los acristalamientos que equipan los edificios. Su objetivo es, en particular, reducir el esfuerzo de aire acondicionado y/o reducir el sobrecalentamiento excesivo (los llamados acristalamientos de “control solar”) y/o reducir la cantidad de energía disipada hacia el exterior (los llamados acristalamientos de “baja emisión”).

[0003] Las funciones de control solar son deseables para los acristalamientos capaces de estar expuestos a altos niveles de luz solar. La capacidad de un acristalamiento para limitar la cantidad de energía luminosa transmitida se define por el factor solar, g , que es la relación entre la energía total transmitida a través de la superficie acristalada o el acristalamiento interior y la energía solar incidente. Cuanto menor sea el factor solar, valor g , mejor será la protección contra la radiación solar.

[0004] Es común el uso de acristalamientos de “control solar” provistos de una pila de capas delgadas sin capas metálicas funcionales cuando se desean propiedades de transparencia a la radiofrecuencia. En lugar de capas metálicas funcionales, se suelen

utilizar capas funcionales que absorben la radiación infrarroja. Estas pueden estar basadas en óxidos y/o nitruros.

5 [0005] El documento JP 2010180449 A [SUMITOMO METAL MINING CO [JP]] del 19/08/2010 describe una capa a base de óxido de tungsteno depositada por pulverización catódica utilizando un blanco de óxido de tungsteno que comprende elementos químicos seleccionados de hidrógeno, metales alcalinos, metales alcalinotérreos y metales de tierras raras. La capa tiene una función de “control solar” en virtud de su alta absorción de radiación infrarroja cercana.

10

[0006] El documento EP 3686312 A1 [SUMITOMO METAL MINING CO [JP]] del 29/07/2020 describe una capa a base de óxido de cesio dopado con cesio y un método para depositar dicha capa por pulverización catódica. La capa tiene una transparencia a las ondas de radio y una función de “control solar” en virtud, en particular, de su
15 alta absorción de radiación infrarroja.

RESUMEN DE LA INVENCION

Problema técnico

20 [0007] Una pila funcional se describe como una pila funcional adecuada para aplicaciones de construcción cuando cumple un doble requisito: alta transmisión de luz y un valor de factor solar bajo. Por lo tanto, una pila funcional es adecuada cuando tiene un valor de selectividad, s , definido como la relación entre la transmisión de luz y el factor solar alto.

25

[0008] Además, es preferible que una pila funcional tenga cierta durabilidad química y mecánica para ciertas aplicaciones, en particular en acristalamientos simples, cuando está directamente expuesta al ambiente externo o interno de un edificio.

[0009] También sigue existiendo la necesidad de mejorar el rendimiento energético de las pilas de capas delgadas que no comprenden ninguna capa metálica funcional que refleje la radiación infrarroja, en particular cuando no comprenden capas metálicas
5 funcionales a base de plata.

[0010] Además, se puede desear transparencia a la radiofrecuencia.

Solución al problema técnico

10

[0011] Un primer aspecto de la invención se refiere a un sustrato transparente como se describe en la reivindicación 1, siendo las reivindicaciones dependientes realizaciones ventajosas.

15 [0012] El sustrato transparente según la invención está provisto en una de sus superficies principales de una pila de capas delgadas, dicha pila de capas consiste en las siguientes capas a partir del sustrato:

- un primer módulo dieléctrico de una o más capas delgadas;
- una capa absorbente de óxido de tungsteno;

20 - un segundo módulo dieléctrico de una o más capas delgadas;

en donde el óxido de tungsteno comprende al menos un elemento dopante seleccionado de los elementos químicos del grupo 1 según la nomenclatura de la IUPAC.

25 [0013] Otras realizaciones ventajosas se presentan en la descripción detallada.

[0014] Un segundo aspecto de la invención se refiere a un acristalamiento que comprende un sustrato transparente según el primer aspecto de la invención.

[0015] Un tercer aspecto de la invención se refiere a un método para fabricar un sustrato transparente según el primer aspecto de la invención.

5 Ventajas de la invención

[0016] Una ventaja notable de un acristalamiento que comprende un sustrato transparente según la invención es una ganancia de hasta más del 10% en la selectividad mientras se mantiene un nivel de transmisión de luz suficiente, superior
10 al 65% en aplicaciones de acristalamiento simple, y un factor de transmisión térmica, U_g , de 5 W/m².K, o incluso menos.

[0017] Otra ventaja de la invención es que la pila funcional tiene una mejor durabilidad mecánica y química, así como la preservación de su rendimiento óptico y energético
15 después del tratamiento térmico, en particular mediante la encapsulación de la capa de óxido de tungsteno por capas a base de nitruro, como se detalla en algunas realizaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20

[0018] [Fig. 1] es una representación esquemática de una primera realización del primer aspecto de la invención.

[0019] [Fig. 2] es una representación esquemática de una primera realización de un
25 doble acristalamiento según el segundo aspecto de la invención.

[0020] [Fig. 3] es una representación esquemática de una segunda realización de un doble acristalamiento según el segundo aspecto de la invención.

[0021] [Fig. 4] es una representación esquemática de un acristalamiento laminado según el segundo aspecto de la invención.

5 [0022] [Fig. 5] es una representación esquemática de la transmisión de luz y del factor solar para varios ejemplos de acristalamiento según la invención y tres contraejemplos.

[0023] [Fig. 6] es una representación esquemática de la reflexión de la luz en la cara interior y la cara exterior para varios ejemplos de acristalamiento según la invención
10 y tres contraejemplos.

[0024] [Fig. 7] es una representación esquemática de los parámetros de color a^* y b^* en transmisión, en reflexión interna y en reflexión externa para varios ejemplos de acristalamiento según la invención y tres contraejemplos.

15

[0025] [Fig. 8] es una representación esquemática de la transmisión de luz y del factor solar para varios ejemplos de acristalamiento laminado según la invención y tres contraejemplos.

20 [0026] [Fig. 9] es una representación esquemática de la reflexión de la luz en la cara interior y la cara exterior para varios ejemplos de acristalamiento laminado según la invención y tres contraejemplos.

[0027] [Fig. 10] es una representación esquemática de los parámetros de color a^* y b^* en transmisión, en reflexión interna y en reflexión externa para varios ejemplos de acristalamiento laminado según la invención y tres contraejemplos.

25

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

[0028] Se utilizan las siguientes definiciones y convenciones.

5 [0029] El término “arriba”, respectivamente “abajo”, que describe la posición de una capa o de un conjunto de capas y se define en relación con la posición de otra capa u otro conjunto, significa que dicha capa o dicho conjunto de capas está más cerca, respectivamente más lejos, del sustrato.

10 [0030] Estos dos términos, “arriba” y “abajo”, no significan en absoluto que la capa o el conjunto de capas que describen y la otra capa u otro conjunto con respecto al cual se definen estén en contacto. No excluyen la presencia de otras capas intermedias entre estas dos capas. La expresión “en contacto” se utiliza explícitamente para indicar que ninguna otra capa se coloca entre ellas.

15 [0031] Cuando no haya una información o calificador más completo, el término “espesor” utilizado para una capa corresponde al espesor físico, real o geométrico, e, de dicha capa. Se expresa en nanómetros.

20 [0032] La expresión “módulo dieléctrico” denota una o más capas en contacto entre sí formando un conjunto de capas que es dieléctrico en general, es decir, que no tiene las funciones de una capa metálica funcional. Si el módulo dieléctrico comprende varias capas, ellas mismas pueden ser dieléctricas. El espesor físico, real o geométrico, de un módulo dieléctrico de capas, corresponde a la suma de los espesores físicos, reales o geométricos, de cada una de las capas que lo constituyen.

25 [0033] En la presente descripción, las expresiones “una capa de” o “una capa a base de”, utilizadas para describir un material o una capa en cuanto a lo que contiene, se utilizan de manera equivalente. Significan que la fracción de masa del constituyente

que comprende es al menos 50%, en particular al menos 70%, preferiblemente al menos 90%. En particular, no se excluye la presencia de elementos minoritarios o dopantes.

5 [0034] El término “transparente” utilizado para describir un sustrato significa que el sustrato es preferiblemente incoloro, no opaco y no translúcido para minimizar la absorción de la luz y así retener una máxima transmisión de luz en el espectro electromagnético visible.

10 [0035] Se entiende por “transmitancia de luz” la transmitancia de luz, denotada TL, tal como se define y mide en la sección 4.2 de la norma EN 410.

[0036] La transmisión de luz en el espectro visible, TL, el factor solar, g, y la selectividad, s, la reflexión interna, Rint, y la reflexión externa, Rext, en el espectro
15 visible se definen, miden y calculan de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050 e ISO 10292.

[0037] En el caso de un acristalamiento laminado, se entiende por “factor de transmisión térmica”, Ug, el factor de transmisión térmica definido según las normas
20 EN 673.

[0038] De acuerdo con la nomenclatura de la IUPAC, el grupo 1 de los elementos químicos comprende el hidrógeno y los elementos alcalinos, es decir, litio, sodio, potasio, rubidio, cesio y francio.

25

[0039] Las expresiones “índice de refracción óptica” y “coeficiente de extinción óptica”, se entienden como el índice de refracción óptica, n, y el coeficiente de extinción óptica, k, tal como se definen en el campo técnico, en particular según el

Forouhi & Bloomer descrito en el Forouhi & Bloomer, Handbook of Optical Constants of Solids II, Palik, E.D. (ed.), Academic Press, 1991, Capítulo 7.

- [0040] Según un primer aspecto de la invención, con referencia a la Fig. 1, se proporciona un sustrato transparente 1000, que tiene en una de sus superficies principales una pila 1001 de capas delgadas, dicha pila 1001 de capas que consiste en las siguientes capas a partir del sustrato 1000:
- un primer módulo dieléctrico 1002 de una o más capas delgadas;
 - una capa absorbente 1003 de óxido de tungsteno;
 - un segundo módulo dieléctrico 1004 de una o más capas delgadas;

[0041] El óxido de tungsteno comprende al menos un elemento dopante seleccionado de los elementos químicos del grupo 1 según la nomenclatura IUPAC.

- [0042] La capa absorbente de óxido de tungsteno 1003 es una capa que absorbe la radiación infrarroja, preferiblemente que absorbe la radiación infrarroja cuya longitud de onda es superior a 780 nm.

- [0043] Sorprendentemente, una capa absorbente 1003 de óxido de tungsteno que comprende un elemento dopante elegido de los elementos del grupo 1 según la nomenclatura de la IUPAC encapsulado entre dos módulos dieléctricos permite aumentar la selectividad.

- [0044] La pila 1001 del sustrato transparente 1000 según el primer aspecto de la invención no comprende ninguna capa metálica funcional.

[0045] Según ciertas realizaciones particulares, la capa absorbente de óxido de tungsteno 1003 puede comprender el elemento dopante X o los elementos dopantes

X1, X2,... en proporciones tales que la relación molar, X/W de dicho elemento sobre tungsteno, W, o la suma de las relaciones molares de cada elemento sobre tungsteno $(X1+X2+...)/W$ está entre 0,01 y 1, preferiblemente entre 0,01 y 0,6, o incluso entre 0,02 y 0,3.

5

[0046] Se observó que estos valores de relación molar pueden permitir obtener valores de selectividad óptimos al tiempo que permiten limitar la cantidad de elementos dopantes utilizados, y por lo tanto generar un ahorro en la explotación de recursos minerales para los elementos dopantes, así como una reducción en los
10 costos de fabricación.

[0047] Según ciertas realizaciones, la capa absorbente 1003 de óxido de tungsteno puede comprender al menos un elemento dopante seleccionado de hidrógeno, litio, sodio, potasio y cesio.

15

[0048] Entre los elementos del grupo 1, estos elementos particulares pueden permitir obtener valores de selectividad ventajosos, es decir, valores más altos.

[0049] Según realizaciones particularmente preferidas, la capa absorbente 1003 de
20 óxido de tungsteno puede comprender cesio como elemento dopante, y la relación molar de cesio a tungsteno está entre 0,01 y 1, preferiblemente entre 0,05 y 0,4. Estas realizaciones permiten obtener el mejor rendimiento en cuanto al aumento de la selectividad, la preservación de los colores y el ahorro de costos.

25 [0050] Según ciertas realizaciones, el espesor de la capa absorbente 1003 de óxido de tungsteno puede estar entre 6 y 450 nm, preferiblemente entre 20 y 250 nm, o incluso entre 40 y 200 nm.

[0051] El sustrato transparente 1000 puede ser preferiblemente plano. Puede ser de naturaleza orgánica o inorgánica, rígido o flexible. En particular, puede ser un vidrio mineral, por ejemplo, un vidrio de sosa-cal-sílice.

5 [0052] Ejemplos de sustratos orgánicos que pueden utilizarse ventajosamente en la implementación de la invención pueden ser materiales poliméricos, como polietilenos, poliésteres, poliacrilatos, policarbonatos, poliuretanos o poliamidas. Estos polímeros pueden ser fluoropolímeros.

10 [0053] Ejemplos de sustratos inorgánicos que pueden emplearse ventajosamente en la invención pueden ser láminas de vidrio inorgánico o vitrocerámico. El vidrio puede ser preferiblemente un vidrio de tipo sosa-cal-sílice, borosilicato, aluminosilicato o incluso alumino-borosilicato. Según una realización preferida de la invención, el sustrato transparente 1000 es una lámina de vidrio mineral de sosa-cal-sílice.

15

[0054] Según ciertas realizaciones, el primer módulo dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 pueden comprender una o más capas a base de nitruro y/o óxido, preferiblemente a base de óxido de zinc y estaño, óxido de zinc, óxido de titanio, óxido de circonio, nitruro de aluminio, nitruro de silicio y circonio o nitruro
20 de silicio opcionalmente dopado con aluminio, circonio y/o boro.

[0055] Según realizaciones ventajosas, el primer módulo dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 consisten en una o más capas a base de nitruro. Según ejemplos de realizaciones, la(s) capa(s) a base de nitruro del primer módulo
25 dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 se eligen de nitruro de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de titanio, nitruro de niobio, nitruro de silicio y circonio, nitruro de silicio dopado con aluminio, circonio y/o boro.

[0056] Cuando la(s) capa(s) del primer módulo dieléctrico 1002 y del segundo módulo dieléctrico 1004 están basadas en nitruro, permiten encapsular la capa absorbente basada en óxido de tungsteno.

- 5 [0057] Esta encapsulación permite una doble protección de la capa absorbente 1003 basada en óxido de tungsteno. Por un lado, evita cualquier contaminación por elementos capaces de difundirse en la pila 1001 desde el sustrato 1000, como en particular iones de metales alcalinos u oxígeno en el caso de un sustrato de vidrio mineral pesado. Por otro lado, permite limitar, en particular durante una etapa de
- 10 tratamiento térmico del tipo recocido, la difusión de oxígeno en la pila 1001 hacia la capa absorbente 1003 basada en óxido de tungsteno desde la atmósfera y/o el sustrato.

- [0058] En virtud de la encapsulación, la composición química y el grado de oxidación de la capa absorbente 1003 de óxido de tungsteno varían poco con el tiempo, o si varían, esta variación es favorable para la selectividad. Además, cuando la pila se somete a un tratamiento térmico de recocido, la encapsulación garantiza un nivel adecuado de selectividad. En uso, el sustrato 1000 según el primer aspecto de la invención es más duradero, en particular su rendimiento se conserva a largo plazo.

20

[0059] Un segundo aspecto de la invención se refiere a un acristalamiento, en particular un acristalamiento simple, doble o triple, y un acristalamiento laminado, que comprende un sustrato transparente según el primer aspecto de la invención.

- 25 [0060] Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un acristalamiento simple o doble que comprende un sustrato según el primer aspecto de la invención.

[0061] Un acristalamiento simple, o acristalamiento monolítico, comprende un solo sustrato, en particular una lámina de vidrio mineral. Cuando el sustrato según la invención se utiliza como acristalamiento monolítico, la pila funcional de estas capas se deposita preferiblemente sobre la cara del sustrato dirigida hacia el interior de la habitación del edificio en cuyas paredes se instala el acristalamiento. En tal configuración, puede ser ventajoso proteger la primera capa y opcionalmente la pila de capas delgadas de daños físicos o químicos utilizando un medio apropiado.

[0062] Un acristalamiento múltiple comprende al menos dos sustratos, en particular láminas de vidrio mineral, que son paralelas y están separadas por una cavidad aislante llena de gas. La mayoría de los acristalamientos múltiples son acristalamientos dobles o triples, es decir, que comprenden respectivamente dos o tres acristalamientos. Cuando el sustrato según la invención se utiliza como elemento de un acristalamiento múltiple, la pila funcional de capas delgadas se deposita preferiblemente sobre la cara de la lámina de vidrio dirigida hacia adentro en contacto con el gas aislante. Esta disposición tiene la ventaja de proteger la pila de daños químicos o físicos del entorno externo.

[0063] Según realizaciones preferidas, con referencia a la Fig. 2 y la Fig. 3, el acristalamiento es un doble acristalamiento 2000, 3000 que comprende un sustrato transparente 1000 según cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, de modo que la pila funcional 1001 de capas está situada frente a dos y/o tres de dichos acristalamientos 9000, 10000. En la figura, (E) corresponde al exterior del local donde se instala el acristalamiento, e (I) al interior del local.

25

[0064] Según una primera realización, con referencia a la Fig. 2, el acristalamiento 2000 comprende una primera lámina de vidrio transparente 1000 con una superficie interior 1000a y una superficie exterior 1000b, una segunda lámina de vidrio 2001

con una superficie interior y una superficie exterior, una cavidad aislante llena de gas 2002, un espaciador 2003 y un sello 2004.

[0065] La lámina de vidrio 1000 comprende, sobre y en contacto con su superficie interior 1000b en contacto con el gas de la cavidad aislante llena de gas 9002, una pila funcional 1001 según el primer aspecto de la invención. El conjunto funcional 1001 se deposita preferiblemente de manera que su superficie exterior, que es opuesta a la superficie 1000b de la lámina de vidrio transparente 1000, esté dirigida hacia el interior (I) del local, por ejemplo un edificio, en el que se utiliza el acristalamiento. En otras palabras, la pila funcional 1001 está dispuesta en la cara 2 del acristalamiento a partir del exterior (E).

[0066] Según otra realización, con referencia a la Fig. 3, el acristalamiento es un doble acristalamiento 3000 que comprende una primera lámina de vidrio 1000 con una superficie interior 1000a y una superficie exterior 1001b, una segunda lámina de vidrio transparente 3001 con una superficie interior y una superficie exterior, una cavidad aislante llena de gas 3004, un espaciador 3003 y un sello 3004.

[0067] La lámina de vidrio 1000 comprende, en su superficie interior 1000a en contacto con el gas de la cavidad aislante llena de gas 9004, una pila funcional 1001 según el primer aspecto de la invención. El conjunto funcional 1001 está dispuesto preferiblemente de manera que su superficie exterior, opuesta a la superficie 1000a de la lámina de vidrio transparente 1000, esté dirigida hacia el exterior (E) del local. En otras palabras, la pila funcional (1001) está dispuesta en la cara 3 del acristalamiento a partir del exterior (E).

[0068] Refiriéndose a la Fig. 4, también se proporciona un acristalamiento laminado 4000 que comprende un primer sustrato transparente 1000 según el primer aspecto

de la invención, una capa intermedia de laminación 4001 y un segundo sustrato transparente 4002, de manera que el primer sustrato transparente 1000 y el segundo sustrato transparente 4002 están en contacto adhesivo con la capa intermedia de laminación 4001 y la pila 1001 de capas delgadas del primer sustrato transparente 1000 está en contacto con la capa intermedia de laminación 4001.

[0069] La capa intermedia de laminación 4001 puede consistir en una o más capas de material termoplástico. Ejemplos de material termoplástico son poliuretano, policarbonato, butiral de polivinilo (PVB), polimetilmetacrilato (PMMA), etileno acetato de vinilo (EA) o una resina de ionómero.

[0070] La capa intermedia de laminación 4001 puede estar en forma de una película multicapa. También puede tener funcionalidades particulares como, por ejemplo, propiedades acústicas o anti-UV.

[0071] Típicamente, la capa intermedia de laminación 4001 comprende al menos una capa de PVB. Su espesor está entre 50 μm y 4 mm. En general, es inferior a 1 mm.

[0072] Los métodos para depositar capas delgadas sobre sustratos, en particular sustratos de vidrio, son métodos bien conocidos 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 deposiciones sucesivas de cada capa delgada de dicha pila pasando el sustrato de vidrio a través de una sucesión de celdas de deposición adecuadas para depositar una capa delgada dada.

[0073] Las celdas de deposición pueden utilizar métodos de deposición como la pulverización catódica asistida por campo magnético, la deposición asistida por haz de iones (IBAD), la evaporación, la deposición química de vapor (CVD), la deposición

química de vapor mejorada por plasma (PECVD), la deposición química de vapor a baja presión (LPCVD), etc.

5 [0074] Se utiliza particularmente el método de deposición por pulverización catódica asistida por campo magnético. Las condiciones para la deposición de capas están ampliamente documentadas en la literatura, por ejemplo, en las solicitudes de patente WO2012/093238 A1 y WO2017/00602 A1.

10 [0075] Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un método para fabricar un sustrato transparente según el primer aspecto de la invención, en el que la capa absorbente de óxido de tungsteno se deposita mediante un método de pulverización catódica utilizando un blanco de óxido de tungsteno dopado con un elemento químico elegido de los elementos químicos del grupo 1 según la nomenclatura IUPAC.

15 [0076] El blanco de óxido de tungsteno puede contener en particular uno o más elementos dopantes en las proporciones descritas para la capa de óxido de tungsteno dopada en algunas realizaciones del primer aspecto de la invención.

20 [0077] La capa absorbente de óxido de tungsteno puede depositarse por pulverización catódica utilizando el blanco mencionado anteriormente bajo una atmósfera de deposición compuesta de 60 a 100 % de argón y de 0 a 40 % de dióxígeno, preferentemente de 70 a 85 % de argón y de 15 a 30 % de dióxígeno.

25 [0078] La capa absorbente de óxido de tungsteno puede depositarse bajo una presión de entre 1 y 15 mTorr, preferentemente de 3 a 10 mTorr.

[0079] Preferentemente, la deposición puede llevarse a cabo en frío, es decir, a una temperatura inferior a 100 °C, en particular entre 20 °C y 60 °C, para el sustrato.

5 [0080] La deposición también puede llevarse a cabo en caliente, en particular a una temperatura entre 100 °C y 400 °C.

[0081] Según realizaciones particulares, el sustrato 1000, después de la deposición de la pila 1001, puede someterse a un tratamiento térmico de recocido. La temperatura de recocido puede estar entre 450 °C y 800 °C, en particular entre 550 °C y 750 °C, 10 o incluso entre 600 °C y 700 °C. El tiempo de recocido puede estar entre 5 min y 30 min, en particular entre 5 min y 20 min, o incluso entre 5 min y 10 min.

[0082] Todas las realizaciones descritas, ya se refieran al primer aspecto o al segundo aspecto de la invención, pueden combinarse entre sí sin modificación o adaptación particular. En caso de que aparezcan incompatibilidades técnicas durante la 15 implementación de una de estas combinaciones, está dentro del alcance del experto en la materia poder resolverlas por medio de sus conocimientos sin que esto requiera un esfuerzo indebido, en particular mediante la implementación de un programa de investigación.

20

Ejemplos

[0083] Las características y ventajas de la invención se muestran mediante los ejemplos no limitativos que se describen a continuación.

25

[0084] Se describen veintitrés ejemplos, E1 - E23, de acuerdo con la invención en las Tablas 1, 2, 3 y 4 que indican la composición y el espesor expresado en nanómetros

de las diversas capas. Los números de la primera columna corresponden a las referencias de las figuras.

[0085] La capa, denotada CWO, de óxido de tungsteno dopado con cesio. La relación molar de cesio a tungsteno en la capa es de aproximadamente 0,05-0,06.

[0086]

Tab. 1		E1	E2	E3	E4	E5	E6
1004	SiN	83	103	43	140	42	41
	TiN						
	NiCr						1.8
	NbN				0.7		
	SiN				29		7
1003	CWO	49	368	67	64	67	45
1002	SiN			62		58	
	TiN						
	NiCr					0.4	
	NbN			0.5			
	SiN	39	83	109	47		51
1000	vidrio	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

[0087]

Tab. 2		E7	E8	E9	E10	E11	E12
1004	SiN	44	60	67	74	71	41
	TiN		3.4				
	NiCr						
	NbN						
	SiN		107				
	SiZrN27				44		108
	SiZrN17			50		88	
1003	CWO	64	69	47	51	59	64
1002	SiZrN27				97		121
	SiZrN17			107		128	
	SiN	69					7
	TiN	2.1					
	NiCr						
	NbN					0.9	0.7

	SiN	104	176	5	5	47	33
1000	vidrio	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

[0088]

Tab. 3		E13	E14	E15	E16	E17	E18
1004	SiN	118	104	45	18	28	27
	TiN					13.2	10.2
	NiCr						
	NbN			5.2			
	SiN			17		29	29
	SiZrN27						
	SiZrN17						
1003	CWO	121	89	54	19	43	51
1002	SiZrN27						
	SiZrN17						
	SiN		27		5		38
	TiN				18		2
	NiCr						
	NbN		1.8				
	SiN	89	56	41	16	60	11
1000	vidrio	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

[0089]

Tab. 4		E19	E20	E21	E22
1004	SiN	105	146	15	15
	TiN				21
	NiCr				
	NbN			7.5	
	SiN			55	64
	SiZrN27				
	SiZrN17				
1003	CWO	199	92	40	53
1002	SiZrN27				
	SiZrN17				
	SiN		103		
	TiN				
	NiCr				
	NbN		10		
	SiN	24	67	44	36
1000	glass	6 mm	6 mm	6 mm	6 mm

[0090] Tres contraejemplos, CE1 - CE3, se describen en la Tabla 5, que indica la composición y el espesor expresado en nanómetros de las diversas capas.

[0091]

Tab. 5		CE1	CE2	CE3
1004	SiN	41	34	28
	TiN			
	NiCr			
	NbN	2.1	5.6	
	SiN			
	SiZrN27			
	SiZrN17			
1003	CWO			
1002	SiZrN27			
	SiZrN17			
	SiN			
	TiN			
	NiCr			
	NbN			10.4
	SiN	5	8	5
1000	vidrio	6 mm	6 mm	6 mm

5

[0092] El primer módulo dieléctrico 1002 y el segundo módulo dieléctrico 1004 de los ejemplos E1, E2, E13 y E19 comprenden solo capas a base de nitruro de silicio de diferentes espesores.

- 10 [0093] El primer módulo dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 de los ejemplos E3 a E6, E14 a E15 y E21 comprenden, además de capas a base de nitruro de silicio, una capa de nitruro de niobio y/o nitruro mixto de níquel-cromo.

- 15 [0094] El primer módulo dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 de los ejemplos E8 a E12 comprenden, además de capas a base de nitruro de silicio, una capa de nitruro de niobio y/o nitruro mixto de níquel-cromo. El nitruro mixto de

silicio-circonio, SiZrN17, contiene 17 at.% de circonio, y el nitruro mixto de silicio-circonio, SiZrN27, contiene 27 at.% de circonio.

[0095] El primer módulo dieléctrico 1002 y/o el segundo módulo dieléctrico 1004 de los ejemplos E16 a E18 y E22 comprenden, además de capas a base de nitruro de silicio, una capa de nitruro de titanio.

[0096] El contraejemplo CE1 corresponde a los ejemplos E1 a E12, el contraejemplo CE2 a los ejemplos E13 a E18, y el contraejemplo CE3 a los ejemplos E19 a E23.

10

[0097] Las pilas de capas delgadas de los ejemplos E1 - E23 y de los contraejemplos CE1 - CE3 se depositaron mediante pulverización catódica asistida por campo magnético (método 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 es un vidrio mineral de sosa-cal-sílice de 4 mm de espesor. Después de la deposición, los sustratos se sometieron a un tratamiento térmico a 650 °C durante 10 min bajo aire.

15

[0098] La naturaleza de los blancos utilizados y las condiciones de deposición de los ejemplos E1 a E23 y los contraejemplos CE1 - CE3 se agrupan en la tabla 6.

20

[0099]

Tab. 6	Objetivo	Presión (μbar)	Ar (sccm)	O2 (sccm)	N2 (sccm)	Potencia (W)
SiN	Si:Al	5	7	0	14	2000
SiZr27N	Si:Zr 27 at. %	2	15	0	15	1000
SiZr17N	Si:Zr 17 at. %	2	15	0	18	1000
NbN	Nb	2	40	0	10	500
TiN	Ti	2	32	0	15	2500
NiCr	NiCr: Cr 20 wt. %	2	20	0	0	500
CWO	CWO: Cs/W 0.3-0.4	4-10	30-40	2-10	0	1300

[0100] El factor solar, g , la selectividad, s , la transmisión de luz, TL , la reflexión de la luz en la cara interior, R_{int} , y en la cara exterior, R_{ext} , así como el color en transmisión, en la cara interior y en la cara exterior, se midieron para cada sustrato de los ejemplos E1 a E17 y de los contraejemplos CE1 a CE4 ensamblados en un acristalamiento simple.

[0101] La expresión “color”, utilizada para describir un sustrato transparente provisto de una pila, se entiende como el color definido en el espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976 según 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 dicha norma.

[0102] La transmisión de luz en el espectro visible, TL , el factor solar, g , y la selectividad, s , y la reflexión interna, R_{int} , y la reflexión externa, R_{ext} , en el espectro visible se definen, miden y calculan de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050 y/o ISO 10292.

[0103] El factor de transmisión térmica, U_g , se define, mide y calcula de acuerdo con la norma EN 673.

[0104] Las mediciones del factor solar, la selectividad, la transmisión de luz, la reflexión interna y externa, y la emisividad se agrupan en la Tabla 7. Las mediciones de los parámetros de color a^* y b^* , en transmisión (a^*_T , b^*_T), reflexión externa ($a^*_{R_{ext}}$, $b^*_{R_{ext}}$) y reflexión interna ($a^*_{R_{int}}$, $b^*_{R_{int}}$) se agrupan en la Tabla 8.

[0105]

Tab. 7	g	s	TL	R_{int}	R_{ext}	U_g
---------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------

E1	65.5	1.08	70.5	11.8	16.6	5.7
E2	54.2	1.29	70	12.9	15.2	5.7
E3	61.1	1.15	70	9.7	7.2	5.7
E4	59.3	1.13	67	7.7	9.3	5.7
E5	61.1	1.15	70	9.7	7.3	5.7
E6	64.2	1.09	70	8.6	5.5	5.7
E7	60	1.17	70	9.3	6.8	5.7
E8	56	1.2	67.4	10.9	7.3	5.7
E9	62.6	1.12	70	9.8	12.4	5.7
E10	61.8	1.13	70	10.4	10.3	5.7
E11	58.5	1.2	70	8.8	8.1	5.7
E12	57.2	1.21	69.1	9	8.5	5.7
E13	48.5	1.08	52.2	12.3	16	5.7
E14	50.1	1.04	52.2	7.9	14.4	5.7
E15	51.9	1	52	11.4	4.2	5.7
E16	43.4	1.18	51.1	19	6.8	4.3
E17	47	1.1	51.9	8.1	5.9	4.9
E18	46.5	1.12	52	6.2	6.7	4.9
E19	40.8	1	40.6	8.7	17.4	5.9
E20	38.8	0.95	37	11.8	13.1	5.9
E21	45.4	0.82	37.4	7.2	18	5.9
E22	35.7	1.05	37.4	7	18	4.3
CE1	68.5	0.98	67.1	19	15.3	5.7
CE2	56.4	0.92	52	17.1	13.3	5.7
CE3	44.9	0.82	37	18.4	17.4	5.9

[0106]

Tab. 8	a*T	b*T	a*Rext	b*Rext	a*Rint	b*Rint
E1	-0.4	0.9	-4	-13.1	-7.9	-10
E2	-4	-3.2	-4.8	-12.6	-3.4	-9.7
E3	-3.6	-1.8	-2	-5.7	-4	-10
E4	-3.6	-2.8	-6	-8.9	2	-10
E5	-3.5	-1.8	-0.9	-6.3	-4	-10
E6	-2.1	-1.2	-1.6	-8.8	2	-10
E7	-3.8	-0.7	-6	-5.9	-4	-10
E8	-3.8	-1.6	-5.4	-0.8	2	-10
E9	-4	-0.5	-6	-13	-2.7	-7.6
E10	-4	-4	-6	-4.9	0.7	-4.7
E11	-4	2	-6	-1.6	-4	-9.7
E12	-4	0.3	-6	-5.9	-3.8	-9.6

E13	-7	-6.5	-6	-10.7	-4	-8.4
E14	-4.2	-5.4	-6	-10.6	-4	-10.4
E15	-2.1	-4	-4.7	-12.9	2	-10
E16	-3.4	-0.9	-6	-13	-0.9	-9
E17	-3.1	-4	-6	-4.6	-4	-10
E18	-4	-2	-6	-13	-0.1	-9.9
E19	-8.9	-11.7	-6.6	-14.2	-2.9	-5.3
E20	-1.2	-4.1	-6	0	-4	-1.1
E21	-1.9	-5.1	-4.8	-7.1	2.1	-6.1
E22	-4.8	-4.7	1	-7.8	0.7	-10
CE1	-1	0.6	-2.4	-7.8	-0.7	-4.4
CE2	-1.5	-2.2	-1.7	-9.6	0.9	2
CE3	-1.6	-4.4	-0.5	-7.3	1.9	10

[0107] La Tabla 7 muestra que los niveles de emisividad de los ejemplos son inferiores o equivalentes a los de los contraejemplos.

- 5 [0108] Los valores de transmisión de luz, TL, y factor solar, g, se muestran en la Fig. 5 para los ejemplos E1 a E12 (círculos sólidos), E13 a E18 (cuadrados sólidos) y E19 a E22 (triángulos sólidos), y los respectivos contraejemplos CE1 (círculo vacío), CE2 (cuadrado vacío) y CE3 (triángulo vacío). Este gráfico también muestra los umbrales de selectividad, $s = 0,8$, $s = 1,0$ y $s = 1,2$ como guías para los ojos.

10

[0109] La Fig. 5 muestra que, para una transmisión de luz equivalente, los ejemplos tienen valores de selectividad más altos que los respectivos contraejemplos. La ganancia en selectividad puede ser de hasta 0,3 o incluso 0,4 puntos.

- 15 [0110] Los valores de reflexión externa e interna se muestran en la Fig. 6 para los ejemplos E1 a E12 (círculos sólidos), E13 a E18 (cuadrados sólidos) y E19 a E22 (triángulos sólidos), y los respectivos contraejemplos CE1 (círculo vacío), CE2 (cuadrado vacío) y CE3 (triángulo vacío).

[0111] La Fig. 6 muestra que los ejemplos según la invención tienen niveles de reflexión en la cara interna y en la cara externa menores o equivalentes a los de los contraejemplos para valores de transmisión de luz comparables. En otras palabras, la invención también permite reducir la reflexión de la luz, en particular en la cara interna, manteniendo el mismo nivel de transmisión de luz.

[0112] Los valores de los parámetros de color a^* , b^* se muestran en la Fig. 7 para los ejemplos E1 a E22 (mostrados sólidos) y los contraejemplos CE1 a CE3 (mostrados vacíos). Los parámetros de color en transmisión a^*T , b^*T están representados por círculos, los parámetros en reflexión sobre la cara exterior a^*R_{ext} , b^*R_{ext} están representados por triángulos, y los parámetros en reflexión sobre la cara interior a^*R_{int} , b^*R_{int} están representados por cuadrados.

[0113] En transmisión, los ejemplos según la invención tienen un parámetro de color b^* inferior al de los contraejemplos.

[0114] En la reflexión de la cara externa, los ejemplos según la invención tienen un parámetro de color b^*R_{ext} inferior al de los contraejemplos.

[0115] En la reflexión de la cara interna, los ejemplos según la invención tienen parámetros de color a^*R_{int} y b^*R_{int} inferiores a los de los contraejemplos.

[0116] Las pilas 1001 de los ejemplos E1, E2, E3, E9 y E11 del contraejemplo CE1 también se han utilizado para formar acristalamientos laminados, etiquetados VFE1, VFE2, VFE3, VFE9, VFE11 y VFCE1, respectivamente.

[0117] Los recubrimientos funcionales 1001 se depositaron en las mismas condiciones que las anteriores sobre láminas 1000 de vidrio mineral de sosa-cal-sílice

de 4 mm de espesor. Justo después de la deposición, los recubrimientos funcionales se sometieron a un tratamiento térmico a 650 °C durante 10 min.

5 [0118] Una vez finalizada la deposición y el tratamiento térmico, cada una de las láminas de vidrio 1000 con un recubrimiento funcional 1001 se lamina con una capa intermedia de laminación 2001 de PVB de 0,38 mm de espesor y una segunda lámina de vidrio 2002 de vidrio mineral de sosa-cal-sílice de 4 mm de espesor para formar un acristalamiento laminado como se muestra en la Fig. 4.

10 [0119] El factor solar, g , la selectividad, s , la transmisión de luz, T_l , la reflexión de la luz en la cara interior, R_{int} , y en la cara exterior, R_{ext} , así como el color en transmisión, en la cara interior y en la cara exterior, se midieron para cada sustrato de los ejemplos VFE1, VFE2, VFE3, VFE9, VFE11 y de los contraejemplos VFCE1 ensamblados en un acristalamiento laminado.

15 [0120] La expresión “color”, utilizada para describir un acristalamiento laminado provisto de una pila, se entiende como el color definido en el espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976 según 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
20 con dicha norma.

[0121] La transmisión de luz en el espectro visible, T_l , el factor solar, g , y la selectividad, s , y la reflexión interna, R_{int} , y la reflexión externa, R_{ext} , en el espectro visible se definen, miden y calculan de conformidad con las normas EN 410, ISO 9050
25 y/o ISO 10292.

[0122] El factor de transmisión térmica, U_g , se define, mide y calcula de acuerdo con la norma EN 673.

[0123] Las mediciones del factor solar, la selectividad, la transmisión de luz, la reflexión interna, la reflexión externa y la emisividad se agrupan en la Tabla 9. Las mediciones de los parámetros de color a^* y b^* , en transmisión (a^*T , b^*T), reflexión externa (a^*R_{ext} , b^*R_{ext}) y reflexión interna (a^*R_{int} , b^*R_{int}) se agrupan en la Tabla

5 10.

[0124]

Tab. 9	g	s	TI	R_{int}	R_{ext}	U_g
VFE1	56	1.21	67.5	7.7	7.3	5.6
VFE2	54.2	1.31	71.2	11.8	11.7	5.6
VFE3	56	1.21	67.6	7.7	7.4	5.6
VFE9	58.8	1.19	70	10.2	9.9	5.6
VFE11	57.9	1.21	70	8.7	8.6	5.6
VFCE1	65.2	1.03	67.1	13	8.4	5.6

[0125]

Tab. 10	a^*T	b^*T	a^*R_{ext}	b^*R_{ext}	a^*R_{int}	b^*R_{int}
VFE1	-4	-3.9	-6	-6	-3.4	-7.4
VFE2	-4.4	-3.6	-4.6	-10.1	-4.7	-10
VFE3	-4	-3.8	-6	-6.1	-3.3	-7.5
VFE9	-4	1.3	-6	-6.1	-4	-6.7
VFE11	-4	-0.6	-6	-5.3	-4	-3.5
VFCE1	-1.7	0	-1	-4.9	-0.6	-2.4

10 [0126] La Tabla 9 muestra que los niveles de emisividad de los ejemplos son inferiores o equivalentes a los de los contraejemplos.

[0127] Los valores de transmisión de luz, TL, y factor solar, g, se muestran en la Fig. 8 para los ejemplos VFE1, VFE2, VFE3, VFE9, VFE11 (círculos sólidos) y el
15 contraejemplo VFCE1 (círculo vacío). Este gráfico también muestra los umbrales de selectividad, $s = 1,0$ y $s = 1,2$ como guías para los ojos.

[0128] La Fig. 8 muestra que, para una transmisión de luz equivalente, los ejemplos tienen valores de selectividad más altos que el contraejemplo respectivo. La ganancia en selectividad puede ser de hasta 0,2 puntos.

- 5 [0129] Los valores de reflexión externa e interna se muestran en la Fig. 9 para VFE1, VFE2, VFE3, VFE9, VFE11 (círculos sólidos) y el contraejemplo VFCE1 (círculo vacío).

[0130] La Fig. 9 muestra que los ejemplos según la invención tienen niveles de reflexión en la cara interna y en la cara exterior menores o equivalentes a los del
10 contraejemplo para valores de transmisión de luz comparables. En otras palabras, la invención también permite reducir la reflexión de la luz, en particular en la cara interna, manteniendo el mismo nivel de transmisión de luz.

[0131] Los valores de los parámetros de color a^* , b^* se muestran en la Fig. 10 para
15 los ejemplos VFE1, VFE2, VFE3, VFE9, VFE11 (mostrados sólidos) y el contraejemplo VFCE1 (mostrado vacío). Los parámetros de color en transmisión a^*T , b^*T están representados por círculos, los parámetros en reflexión sobre la cara exterior a^*R_{ext} , b^*R_{ext} están representados por triángulos, y los parámetros en reflexión sobre la cara interior a^*R_{int} , b^*R_{int} están representados por cuadrados.

20

[0132] En transmisión, los ejemplos según la invención tienen un parámetro de color b^* inferior al del contraejemplo.

[0133] En la reflexión de la cara externa, los ejemplos según la invención tienen un
25 parámetro de color b^*R_{ext} inferior al del contraejemplo.

[0134] En la reflexión de la cara interna, los ejemplos según la invención tienen parámetros de color a^*R_{int} y b^*R_{int} inferiores a los del contraejemplo.