

ACRISTALAMIENTO MÚLTIPLE DE CONTROL SOLAR QUE COMPRENDE UN RECUBRIMIENTO CON PROPIEDADES DE REFLEXIÓN INFRARROJA Y UN RECUBRIMIENTO ANTIRREFLEJANTE

CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a múltiples acristalamientos, en particular acristalamientos dobles o acristalamientos triples para el campo de la construcción, tales acristalamientos que comprenden una capa metálica funcional capaz de actuar sobre la radiación solar y, en particular, la radiación infrarroja solar, en particular con longitudes de onda entre 780 nm y 5,000 nm.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Más particularmente, la invención se refiere a múltiples acristalamientos con propiedades de reflexión infrarroja, a menudo denominados en el campo como acristalamientos de control solar, y con un bajo factor solar.

Por tanto, estos acristalamientos están más particularmente destinados a instalarse en edificios, especialmente con el objetivo de limitar la cantidad de energía solar que entra en el mismo.

En tales acristalamientos múltiples, por ejemplo, un doble acristalamiento, dos sustratos de vidrio se mantienen aparte por separadores, de modo que delimitan un espacio lleno con un gas aislante, que puede ser aire, argón o Kriptón. Un doble acristalamiento de este modo consiste de dos láminas de vidrio (sustratos) separadas por un espacio de gas. La secuencia 4/16/4 designa así un doble acristalamiento hecho de dos láminas de vidrio de 4 mm de espesor y una capa de aire de 16 mm, como se muestra en la Figura 1 adjunta.

Convencionalmente, las caras de un acristalamiento múltiple se designan desde el exterior del edificio. Por ejemplo, un doble acristalamiento de este modo comprende 4 caras, la cara 1 está fuera del edificio (y por tanto forma la pared exterior del acristalamiento), la cara 4 está dentro del edificio (y por tanto forma la pared interior del acristalamiento), y las caras 2 y 3 están dentro del doble acristalamiento.

De manera similar, un triple acristalamiento comprende 6 caras, la cara 1 está fuera del edificio (pared exterior del acristalamiento), la cara 6 está dentro del edificio (pared interior del acristalamiento) y las caras 2 a 5 están dentro del triple acristalamiento, como se muestra en la Figura 2 adjunta.

De manera conocida, los acristalamientos dobles térmicamente aislantes (a menudo también llamados DGU (Unidad de Doble Acristalamiento) o TGU (Unidad de Triple Acristalamiento)) comprenden una pila de capas que incorporan al menos una capa metálica funcional, es decir, con propiedades de reflexión infrarroja solar, especialmente al menos una capa metálica funcional basada en plata o en una aleación metálica que contenga plata, y la mayoría de las veces una pluralidad de tales capas metálicas, por ejemplo, 2 o 3 capas de plata separadas por capas de material dieléctrico. La propiedad de reflexión infrarroja se entiende como que al menos algo de la radiación infrarroja solar, preferiblemente la mayor parte, es reflejada por la pila a través de una o más capas funcionales, sin excluir la posibilidad de que otra parte sea absorbida por ella.

Esta pila se deposita convencionalmente en la cara 2 del doble acristalamiento en tal acristalamiento de control solar para máxima eficiencia.

Ejemplos de múltiples acristalamientos equipados con tales recubrimientos de plata se describen,

por ejemplo, en publicaciones WO 2007/101964, EP877005, EP718250. FR2856627, EP 847965, EP 183052, EP226993, EP2920126, EP2766318, EP1441996, EP2432745, EP2424823, EP2332891, EP1730088, EP1663887, EP1606225, EP3041676, US10556824, EP1458653 o incluso EP3004012.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5 Aunque una o más capas metálicas funcionales son preferentemente a base de plata, otras capas metálicas también pueden contemplarse sin apartarse del alcance de la invención, especialmente basándose en metales preciosos tal como Au, Pt, o incluso basadas en Ni, Cr, NiCr, Nb, Ti, siendo estas últimas posiblemente nitruradas.

10 Actualmente, una pila de capas así se deposita previamente sobre uno de los sustratos de vidrio del acristalamiento múltiple en una única instalación de deposición por pulverización de cátodo asistida por el campo magnético, utilizando objetivos que consisten del material a depositarse o incluso usando un objetivo metálico, por ejemplo, plata, o incluso por un elemento constituyente de la capa, tal como silicio o titanio en una atmósfera reactiva de oxígeno o nitrógeno, para obtener una capa final de un material dieléctrico tal como óxido de silicio o incluso nitruro de silicio. Tal método se conoce en el campo como un
15 método de deposición "magnetron".

Un parámetro para medir la calidad de un acristalamiento múltiple de control solar es el factor solar FS o incluso el factor g. Se define como la proporción entre la energía que entra en una habitación a través del acristalamiento y la energía solar incidente. Puede calcularse mediante la suma del flujo de energía transmitido directamente a través del acristalamiento y del flujo de energía absorbido y luego reemitido
20 hacia el interior por el acristalamiento. El coeficiente FS (g) puede medirse de acuerdo con la norma EN 410 (2011-04).

Además, en la industria de la construcción, se requieren acristalamientos con un alto nivel de transmisión de luz (es decir, en el rango visible), pero esto puede variar, en particular entre el 50 y 85%. Para poder comparar las capacidades de rendimiento de varios tipos de acristalamiento, también se hace
25 referencia frecuentemente a la selectividad del acristalamiento en cuestión, es decir, su relación TL/g. Por lo tanto, una mejor (mayor) selectividad significa que se puede verificar la iluminación correcta de la habitación, sin calentamiento excesivo debido al efecto de la radiación solar incidente, en particular la porción infrarroja de la misma.

En países con altos niveles de sol, siempre es necesario mejorar las capacidades de rendimiento de los múltiples acristalamientos descritos anteriormente, y en particular su selectividad, para el mismo
30 nivel de transmisión de luz.

El objetivo de la presente invención es proporcionar múltiples acristalamientos de control solar que comprendan una pila de capas que incorporen al menos una capa metálica funcional con propiedades de reflexión infrarroja como se describió anteriormente, y cuyo factor solar y, en consecuencia, la selectividad
35 se mejora.

Con este fin, la presente invención se refiere más particularmente a un acristalamiento múltiple con propiedades de aislamiento térmico, obtenidas combinando al menos dos sustratos de vidrio separados por un espacio de gas, la cara frontal del primer sustrato que define la pared exterior del acristalamiento, las caras sucesivas de tales dos sustratos que se numeran del 1 al 4 desde el exterior

hacia el interior de tal acristalamiento. El acristalamiento múltiple incorpora a) un primer recubrimiento con propiedad de reflexión infrarroja que consiste de una pila de capas que preferiblemente comprende al menos una capa metálica funcional de base de plata; y b) un segundo recubrimiento con propiedades antirreflejantes para la luz visible que consiste de una capa de un material con un índice de refracción de 550 nm que es menor que al del vidrio, o que consiste de una pila de capas que incluye al menos una capa de un material con un índice de refracción de 550 nm que es menor que al del vidrio, preferiblemente menor que 1.4, o incluso menor que 1.35.

En el acristalamiento múltiple de acuerdo con la invención, tal primer recubrimiento está presente en la cara 2 de tal primer sustrato y tal segundo recubrimiento también se deposita en la cara 2 del primer sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento.

De manera sin precedentes, se ha comprobado que combinar estos dos recubrimientos, uno con propiedades infrarrojas reflectantes y el otro con propiedades antirreflejante, permitió proponer múltiples acristalamientos con un factor solar mejorado y selectividad mejorada, para la misma transmisión de luz objetivo.

Se sabe que el nivel de reflexión de una superficie de vidrio transparente se determina principalmente por el contraste del índice de refracción que existe entre la superficie y la del aire (igual a 1). Para obtener propiedades antirreflejantes de una superficie reflectante, también se sabe que se deposita una capa transparente sobre ella (llamado recubrimiento antirreflejante o recubrimiento con una propiedad antirreflejante en este caso) que proporciona un comportamiento óptico específico, en el que las ondas de luz reflejadas están en oposición de fase con las ondas incidentes cuando la reflexión ocurre en la interfaz aire/recubrimiento y en la interfaz recubrimiento/vidrio. Este tipo de recubrimiento se denomina recubrimiento antirreflejante de una sola capa.

Un recubrimiento con una propiedad antirreflejante descritas aquí significa cualquier recubrimiento capaz de reducir la reflexión de la luz visible (es decir, con longitudes de onda que oscilan entre 380 y 780 nm) sobre una superficie de vidrio, especialmente en al menos un 1%, o incluso un 2%, o incluso un 3% (es decir, reducir una reflexión inicial de luz visible del 4% al 3%, 2% o incluso 1%).

La transmisión de luz y la reflexión en la superficie de un sustrato de vidrio donde se deposita tal recubrimiento pueden medirse de acuerdo con la norma EN 410 (2011-04).

Existen varias posibilidades para formar recubrimientos antirreflejantes de acuerdo con la invención, en particular capas de sílice porosa. Estas capas pueden ser nanoporosas, mesoporosas o incluso macroporosas.

Estos recubrimientos se caracterizan por la presencia de cierta cantidad de aire atrapado en la porosidad. La porosidad se crea por la compacidad imperfecta de las nanopartículas, por la eliminación de porógenos tales como las perlas de PMMA presentes dentro de la capa de sílice y luego eliminadas mediante calentamiento o grabado ácido/alcalino. Tales recubrimientos se describen, por ejemplo, en las siguientes publicaciones: Chen et al., Journal of Sol-Gel Science and Technology 19, 77-82, 2000; Kocs et al., Ceramics International 48 (2022) 4165-4171; Zheng et al., Ceramics International 46 (2020) 18623-18631 o incluso Yoo et al., Vol. 9, No. 11/1 de noviembre de 2019/Optical Materials Express o incluso publicaciones de patentes WO2013024226 o EP1679291.

Actualmente, existen varias técnicas para proporcionar capas porosas, en particular gracias al uso de porógenos:

- ya sea utilizando un porógeno orgánico sacrificado que arde al enfriarse rápidamente, como se ha descrito antes,

- o utilizando un porógeno “durable”, del tipo de perlas nanométricas huecas, en cuyo caso no se requiere tratamiento térmico.

Sin apartarse del alcance de la invención, también es posible utilizar otros recubrimientos antirreflejantes además de la sílice porosa, en particular acrilatos que pueden ser reticulados bajo el efecto de la radiación. Preferiblemente, la porosidad no está presente en la superficie de tales recubrimientos, por lo que la superficie es muy lisa.

De acuerdo a otra alternativa, un recubrimiento antirreflejante formado por una pila de capas con diferentes índices de refracción (generalmente capas alternas con índices de refracción alto/bajo) puede utilizarse, de acuerdo con la invención, para desplazar en fase las ondas de luz reflejadas. Este tipo de producto se denomina recubrimiento antirreflejante de multicapa o incluso de interferencia. Estos recubrimientos se desarrollan generalmente para proporcionar propiedades antirreflejantes de alto rendimiento en un rango más amplio de longitudes de onda. Un ejemplo se proporciona en la publicación WO2012069767.

Dentro del significado de la presente invención, “pila” se entiende como un conjunto de al menos dos capas superpuestas, a partir de la superficie de un sustrato de vidrio.

Para la primera pila infrarroja reflectante, que comprende al menos una capa funcional metálica, pilas que resultan en una emisividad normal ε_n de menor que o igual a 0.2, preferiblemente menor que o igual a 0.1, incluso más preferiblemente menor que o igual a 0.08, o incluso muy ventajosamente menor que o igual a 0.05, dentro del significado del estándar EN12898 (2001-07), se seleccionan ventajosamente.

Dentro del significado de la invención, “en contacto” se entiende como que ninguna otra capa intermedia está interpuesta entre las dos capas mencionadas.

De acuerdo con las modalidades preferidas de tales acristalamientos, que, por supuesto pueden combinarse entre sí, si procede:

- tal segundo recubrimiento consiste en una sola capa compuesta por óxido de silicio con un índice de refracción menor que a 1.40 a 550 nm, preferiblemente con un índice de refracción menor que a 1.35 a 550 nm,

- tal capa comprende óxido de silicio poroso, en particular óxido de silicio nanoporoso, mesoporoso o macroporoso,

- el espesor físico de tal capa única en la cara 3 está entre 90 nm y 150 nm,

- el espesor de tal capa única en la cara 2 está entre 90 nm y 400 nm,

- la transmisión de luz del acristalamiento está entre el 45 y el 85%, preferiblemente entre el 60 y 80%,

- de acuerdo con una primera modalidad, el acristalamiento comprende solo un recubrimiento con propiedades antirreflejantes,

- de acuerdo con otra modalidad, el acristalamiento comprende un recubrimiento con propiedades

antirreflejantes depositado en la cara 3 del segundo sustrato y un recubrimiento con propiedades antirreflejantes depositado en la cara 2 del primer sustrato, entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento,

- otros recubrimientos con propiedades antirreflejantes, en particular formados por pilas, llamadas pilas de interferencia, pueden incorporarse en las caras externas del acristalamiento (es decir, en las caras 1 y/o 4 de una DGU y en las caras 1 y 6 de una TGU).

En particular, la invención se refiere a un doble acristalamiento obtenido combinando dos sustratos de vidrio separados por un espacio de gas, donde tal primer recubrimiento está presente en la cara 2 de tal primer sustrato, y donde tal segundo recubrimiento se deposita sobre la cara 2 del primer sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento.

De acuerdo a las modalidades particulares y ventajosas de tal doble acristalamiento:

- tal primer recubrimiento está presente en la cara 2 de tal primer sustrato y un segundo recubrimiento único depositado en la cara 2 del segundo sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento,

- tal primer recubrimiento está presente en la cara 2 de tal primer sustrato, se deposita un primer segundo recubrimiento sobre la cara 3 del segundo sustrato y un segundo segundo recubrimiento se deposita en la cara 2 del primer sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento.

La invención también se refiere a un triple acristalamiento con propiedades de aislamiento térmico, obtenido combinando tres sustratos de vidrio separados por espacios de gas, con el primer sustrato delimitando las caras 1 y 2 del acristalamiento, el segundo sustrato delimitando las caras 3 y 4 del acristalamiento, tal tercer sustrato delimitando las caras 5 y 6 del acristalamiento, donde tal primer recubrimiento está presente en la cara 2 de tal primer sustrato, y donde tal segundo recubrimiento se deposita en la cara 2 del primer sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento.

De acuerdo con las modalidades particulares y ventajosas de tal triple acristalamiento:

- se deposita un único segundo recubrimiento antirreflejante sobre la cara 2 del primer sustrato entre la superficie del vidrio y tal primer recubrimiento con propiedades de reflexión infrarroja,

- se deposita un primer segundo recubrimiento antirreflejante en la cara 2 del segundo sustrato y un segundo segundo recubrimiento antirreflejante se deposita sobre la cara 4 del primer sustrato entre la superficie de vidrio y tal primer recubrimiento,

- se deposita un primer segundo recubrimiento antirreflejante sobre la cara 2 del segundo sustrato y un segundo segundo recubrimiento antirreflejante se deposita en la cara 4 de tal segundo sustrato.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los detalles y características ventajosas de la invención se harán evidentes a partir de los siguientes ejemplos no limitantes, que se ilustran con referencia a las figuras anexas, que muestran esquemáticamente diversas modalidades de múltiples acristalamientos de conformidad con la presente invención:

- la Figura 1 muestra un doble acristalamiento de acuerdo con una primera modalidad de la invención,

- la Figura 2 describe un triple acristalamiento de acuerdo con una segunda modalidad de la

invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En estas figuras, claramente no se siguen las dimensiones y proporciones reales de los distintos elementos constituyentes de los acristalamientos para facilitar su lectura.

La Figura 1 muestra un doble acristalamiento (DGU) 100 de convencionalmente diseñado compuesto de dos láminas de vidrio, cada una formando un sustrato de vidrio 10, 30. Los dos sustratos se separan, aseguran juntos y frente a frente entre sí por los separadores 21 y los marcos 20, delimitando un espacio cerrado ocupado por un espacio de gas 15 intermedio. De acuerdo con la invención, el gas puede ser aire, argón o Kriptón (o una mezcla de estos gases).

La primera lámina de vidrio (sustrato 30) de cara hacia fuera al considerar la dirección incidente de la luz solar que entra en el edificio, ilustrada por la flecha que apunta de izquierda a derecha en la figura. Su cara frontal 29 (llamada "cara 1"), que también forma la pared exterior del doble acristalamiento 100, puede estar descubierta o, alternativamente, recubrirse con otro recubrimiento de tipo autolimpiante, como se describe en la publicación EP 850204, o incluso del tipo anticondensación, como se describe en las publicaciones WO2007/115796 o WO2009/106864.

En su cara trasera 31 (cara 2 de la DGU) orientada hacia el espacio de gas intermedio 15, el sustrato 30 se recubre con un recubrimiento 12 con una propiedad de reflexión infrarroja, ya que refleja la mayor parte de la porción infrarroja de la radiación incidente, en particular desde 780 nanómetros hasta 5,000 nanómetros. Esta pila es del tipo descrito anteriormente y, preferiblemente, comprende al menos una capa de plata, preferiblemente dos o tres capas de plata.

La otra lámina de vidrio, orientada más dentro del edificio al considerar la dirección incidente de la luz solar entrante, forma el segundo sustrato 10. De acuerdo con la invención, y como se muestra en la Figura 1, un recubrimiento antirreflejante 13 del tipo descrito en lo anterior, y en particular que consiste de una capa de óxido de silicio porosa, con un índice de refracción de 550 nm menor que es inferior al del vidrio, en particular del orden de 1.33, también se deposita en la cara 2 de la DGU, entre la superficie 31 del sustrato 30 y la pila de reflexión infrarroja 12.

De acuerdo con otra modalidad de la presente invención, es ventajoso disponer dos recubrimientos de reflexión infrarrojos como se ha descrito anteriormente en las caras 2 y 3 de la DGU, respectivamente, como se describe en los siguientes ejemplos.

La Figura 2 en este caso muestra un triple acristalamiento convencional (TGU) 101 que consiste de tres láminas de vidrio, cada una consiste de un sustrato de vidrio 30, 10 y 40. Se utilizan números idénticos de la Figura 1 para ejemplificar los mismos elementos constituyentes.

Como en lo anterior, el sustrato 30 se recubre en su cara trasera 31 (cara 2 de la DGU), orientada hacia el espacio de gas intermedio 15, con un recubrimiento 12 con propiedad de reflexión infrarroja.

De acuerdo con una modalidad de la invención ejemplificada en la Figura 2, un recubrimiento antirreflejante 13 del tipo descrito anteriormente, y en particular formado por una capa de óxido de silicio poroso, se dispone en la cara 2 de la TGU, entre la superficie 31 del sustrato 30 y la pila con una propiedad de reflexión infrarroja 12. Otro recubrimiento antirreflejante de 13' también puede depositarse en la cara 32 del sustrato intermedio 10 (es decir, en la cara 3) de la TGU. De acuerdo con la invención, también es

posible aplicar un recubrimiento antirreflejante adicional en la cara 4 de la TGU, en particular en la superficie 32 del sustrato 10, o incluso en la cara 5 de la TGU, es decir, en la superficie 33 del sustrato 10.

La invención y sus ventajas se comprenderán mejor al leer los siguientes ejemplos no limitantes.

En todos los ejemplos siguientes, las pilas de capas finas con propiedades de baja emisividad se depositan sobre sustratos de vidrio transparente de cal sodada, comercializados bajo la referencia PLANICLEAR® por la empresa solicitante.

Para todos los ejemplos siguientes, para ensambles de doble o triple acristalamiento, las pilas de capas delgadas se han colocado respectivamente en las caras 2 y/o 3, con la numeración aumentando desde el sustrato de vidrio más externo del edificio al considerar la dirección incidente de la entrada de la luz solar, siendo la cara 1 correspondiente a la superficie de vidrio orientada hacia el exterior del acristalamiento. Los acristalamientos dobles y triples descritos en los siguientes ejemplos son los que se muestran en las Figuras 1 y 2 adjuntas.

Los acristalamientos dobles (o DGUs) ensamblados de acuerdo a los ejemplos tienen la siguiente configuración: 4-16-(Ar 90%)-4, es decir, consisten en dos láminas de 4 mm de vidrio Planiclear® transparente separadas por un espacio intermedio de gas que contiene 90% argón y 10% aire por volumen, con un espesor de 16 mm, con todo el conjunto fijado mediante una estructura de bastidor 20 y separadores 21.

Los triples acristalamientos (o TGU's o DGUs) ensamblados de acuerdo a los ejemplos tienen la siguiente configuración: 4-16-(Ar 90%)-4-16-(Ar 90%)-4.

La siguiente Tabla 1 resume las condiciones generales para la deposición por pulverización de magnetron para obtener las distintas capas utilizadas en las pilas con una propiedad de reflexión infrarroja mostrada en los ejemplos:

[Tabla 1]

Capa	Objetivo utilizado	Presión de deposición	Gas
Si ₃ N ₄	Si:Al al 92:8% en peso	1.5.10 ⁻³ mbar	Ar/(Ar+N ₂) al 45%
TiO ₂	TiO _x con x alrededor de 1.9	1.5.10 ⁻³ mbar	Ar/(Ar + O ₂) al 95%
SnZnO	SnZn:Sb a 34:65:1 en peso	2.10 ⁻³ mbar	Ar/(Ar + O ₂) al 58%
ZnO	Zn:Al al 98:2 % en peso	2.10 ⁻³ mbar	Ar/(Ar + O ₂) al 52%
Ti	Metallic Ti	2.10 ⁻³ mbar	Ar al 100%
Ag	Ag	4.10 ⁻³ mbar	Ar al 100%
SiO ₂	Si:Al al 92:8 % en peso	2.10 ⁻³ mbar	Ar/(Ar + O ₂) al 70%

El recubrimiento antirreflejante consiste en una sola capa basada en óxido de silicio poroso, la porosidad de la cual se ajusta para obtener una capa de material con un índice de refracción de 1.33 a 550 nm.

Ejemplo 1:

Esta primera serie de ejemplos compara los dobles acristalamientos (DGU) con la transmisión de luz objetivo del 68.5%.

Los acristalamientos dobles tienen una configuración 4/16/4 como se ha descrito anteriormente.

Este primer ejemplo ilustra el caso de combinar un recubrimiento con una propiedad de reflexión infrarroja depositada en la cara 2 mediante pulverización con magnetrón y la capa porosa de sílice

antirreflejante descrita anteriormente (índice 1.33) sobre la cara 2 o sobre la cara 3 o sobre ambas caras.

Más particularmente, el acristalamiento de acuerdo con el Ejemplo 1a es un acristalamiento de referencia con transmisión de luz del 68.5% y que comprende, en la cara 2 de la misma, una pila con propiedad de reflexión infrarroja que comprende dos capas funcionales de plata, la estructura completa de la cual se describe en la Tabla 3 siguiente.

En el Ejemplo 1b, una monocapa porosa de sílice antirreflejante se coloca en la cara 2 de la DGU, entre la superficie del vidrio y la pila, con una propiedad de reflexión infrarroja, con un espesor de 115 nm y un índice de refracción de 1.33 a 550 nm.

La pila con una propiedad de reflexión infrarroja se ajusta entonces para lograr una transmisión de luz del 68.5% (en particular modificando el espesor de las capas de plata), como se describe en la Tabla 3 a continuación.

En el Ejemplo 1c, dos capas antirreflejantes con el mismo índice que el anterior se colocan en las caras 2 y 3 de la DGU, con espesores de 103.5 nm y 100 nm, respectivamente. La pila de control solar (en particular los espesores de las capas de plata) entonces se ajusta para lograr una transmisión final de luz del 68.5%.

En el Ejemplo 1d, en comparación con el Ejemplo 1b, una monocapa porosa de sílice antirreflejante se coloca en la cara 3 de la DGU, con un espesor de 115 nm y un índice de refracción de 1.33 a 550 nm. El Ejemplo 1d se diferencia del Ejemplo 1b en que la capa antirreflejante está en la cara 3 en lugar de en la cara 2.

Los resultados se enumeran en la Tabla 2 a continuación:

[Tabla 2]

	Ej. 1a	Ej. 1b	Ej. 1c	Ej. 1d
Factor solar (g)	36.4	34.5	33.8	36.2
Selectividad	1.88	1.98	2.01	1.90
T_L	68.5	68.5	68.5	68.5
a^*_T	-4.8	-4.8	-4.5	-5.0
b^*_T	0.6	0.9	2.1	0.4
T_E	34.8	33.0	33.0	34.5
RL_{ext}	16.0	16.0	16.0	16.0
RL_{int}	15.0	15.0	14.7	15.0

En la tabla anterior, T_L es la transmisión de luz, a^*_T y b^*_T son las coordenadas colorimétricas en el sistema internacional Lab, T_E es la transmisión de energía y RL_{ext} y RL_{int} son las reflexiones de luz en el exterior e interior del doble acristalamiento, respectivamente.

Los espesores en nanómetros de las distintas capas que forman las pilas con una propiedad de reflexión infrarroja para los Ejemplos 1a a 1d se proporcionan en la Tabla 3 siguiente (con la más alejada de la superficie del sustrato de vidrio siendo primero referenciada):

[Tabla 3]

	Ej. 1a	Ej. 1b	Ej. 1c	Ej. 1d
SnZnO	1.0	1.0	1.0	1.0
Si ₃ N ₄	32.8	31.1	30.9	32.5
SnZnO	5.0	5.0	5.0	5.0
ZnO	5.0	5.0	5.0	5.0
Ti	0.4	0.4	0.4	0.4
Ag	15.5	16.8	17.0	15.8
ZnO	5.0	5.0	5.0	5.0
Si ₃ N ₄	82.2	84.1	85.4	82.7
ZnO	5.0	5.0	5.0	5.0
Ti	0.6	0.6	0.4	0.6
Ag	15.5	17.3	18.2	15.6
ZnO	5.0	5.0	5.0	5.0
TiO ₂	19.2	20.9	21.5	19.7

Comparando los ejemplos anteriores, se puede observar que la selectividad obtenida en el caso de una pila con propiedad de reflexión infrarroja depositada en la cara 2 mejora sustancialmente al agregar un recubrimiento antirreflejante en la cara 2 del doble acristalamiento.

En particular, depositando la capa antirreflectiva sobre la cara 2 y en consecuencia, ajustando la estructura de la pila con una propiedad de reflexión infrarroja resulta en una reducción sustancial en el factor g solar y en consecuencia, una mejora sustancial en la selectividad. Se puede observar, por ejemplo, que para el mismo T_L del 68.5%, agregando la capa antirreflejante en la cara 2 entre la superficie del vidrio y la pila con una propiedad de reflexión infrarroja, combinada con el ajuste de esta pila, resulta en una reducción del 5.2% en el factor g (en comparación con los Ejemplos 1a y 1b). La mejora puede ser aún más significativa (reducción de g del 7.1%) si dos pilas tienen propiedades de reflexión infrarroja, en las caras 2 y 3, se combinan con la pila con una propiedad de reflexión infrarroja dentro de la DGU (en comparación con los Ejemplos 1a y 1c).

También debe observarse que el acristalamiento mostrado en el Ejemplo comparativo 1d, en el que, en este caso, se aplica el recubrimiento antirreflejante en la cara 3 del acristalamiento, no logra una reducción similar en el factor g.

Ejemplo 2:

Esta segunda serie de ejemplos en este caso compara los acristalamientos dobles (DGUs) con la transmisión de luz objetivo del 77%.

Como en el ejemplo anterior, este ejemplo ejemplifica el caso de combinar un recubrimiento con una propiedad de reflexión infrarroja depositada en la cara 2 por la pulverización con magnetron y la capa antirreflejante descrita anteriormente (índice 1.33) depositada en la cara 2 y cara 3.

Más particularmente, el acristalamiento de acuerdo con el Ejemplo 2a es un acristalamiento de referencia con mayor transmisión de luz igual al 77% y comprende una pila con propiedad de reflexión infrarroja en la cara 2 de la misma que comprende dos capas funcionales de plata, la estructura completa de la cual se describe en la Tabla 5 siguiente.

En el Ejemplo 2b, dos capas antirreflejantes con el mismo índice que el anterior se colocan en las caras 2 y 3 de la DGU, con espesores de 103.5 nm y 100 nm, respectivamente. La pila de control solar

(en particular los espesores de las capas de plata) se ajusta entonces para lograr una transmisión final del 77.0%, respectivamente.

Los resultados se enumeran en la Tabla 4 siguiente:

[Tabla 4]

	Ej. 2a	Ej. 2b
Factor solar (g)	45.9	40.7
Selectividad	1.68	1.89
T_L	77.0	77.0
a^*_T	-3.3	-4.0
b^*_T	0.7	0.5
T_E	43.9	39.0
RL_{ext}	10.8	9.9
RL_{int}	11.3	9.9

Los espesores en nanómetros de las distintas capas que forman las pilas con propiedad de reflexión infrarroja para los Ejemplos 2a y 2b se proporcionan en la Tabla 5 a continuación (con la más alejada de la superficie del sustrato de vidrio siendo primero referenciada):

[Tabla 5]

	Ej.2a	Ej. 2b
SnZnO	1.0	1.0
Si ₃ N ₄	33.0	32.3
SnZnO	5.0	5.0
ZnO	5.0	5.0
Ti	0.4	0.4
Ag	15.1	15.5
ZnO	5.0	5.0
Si ₃ N ₄	84.2	81.3
ZnO	5.0	5.0
Ti	0.6	0.2
Ag	9.4	14.7
ZnO	5.0	5.0
TiO ₂	25.1	21.5

Al comparar los ejemplos anteriores, se puede ver que la selectividad obtenida en el caso de una pila con propiedad de reflexión infrarroja depositada en la cara 2 mejora sustancialmente agregando capas antirreflejantes en las caras 2 y 3 del doble acristalamiento.

En particular, depositar capas antirreflejantes en las caras 2 y 3, y en consecuencia, ajustando la estructura de la pila con una propiedad de reflexión infrarroja resulta en una reducción sustancial en el factor g solar y, en consecuencia, en una mejora sustancial en la selectividad. Por ejemplo, se puede observar que, para el mismo T_L del 77%, agregar la capa antirreflejante en la cara 3 y ajustar la pila con una propiedad de reflexión infrarroja resulta en una reducción del 11.3% en el factor g (en comparación con los Ejemplos 2a y 2b).

Ejemplo 3:

En esta tercera serie de ejemplos se describen triples acristalamientos (TGU) con una transmisión de luz objetivo del 68.5%. Los triples acristalamientos tienen una configuración 4/16/4/16/4 como se ha

descrito anteriormente.

Más particularmente, el acristalamiento según el Ejemplo 3a es una TGU de referencia que comprende, en la cara 2 de la misma, una pila con propiedad de reflexión infrarroja que comprende dos capas funcionales de plata, cuya estructura completa se describe en la Tabla 7 siguiente.

En el Ejemplo 3b, dos capas antirreflejantes de sílice porosa con un índice de refracción de 1.33 se colocan respectivamente en las caras 2 y 3 de la TGU, con espesores respectivos de 332 nm y 99 nm.

La pila de control solar (en particular el espesor de las capas de plata) se ajusta para lograr una transmisión final de luz objetivo de 68.5.

Los resultados se enumeran en la Tabla 6 siguiente:

[Tabla 6]

	Ej.3a	Ej.3b
Factor solar (g)	39.5	35.7
Selectividad	1.73	1.92
T_L	68.5	68.5
a^*_T	-3.6	-5.0
b^*_T	-0.5	-4.8
T_E	37.0	1.5
RL_{ext}	16.0	16.0
RL_{int}	18.3	17.5

Los espesores en nanómetros de las distintas capas que forman las pilas con propiedad de reflexión infrarroja para los Ejemplos 3a y 3b se proporcionan en la Tabla 7 siguiente (con el más alejado de la superficie del sustrato de vidrio siendo primero referenciada):

[Tabla 7]

	Ej.3a	Ej.3b
SnZnO	1.0	1.0
Si ₃ N ₄	30.8	29.1
SnZnO	5.0	5.0
ZnO	5.0	5.0
Ti	0.5	0.4
Ag	15.3	16.9
ZnO	5.0	5.0
Si ₃ N ₄	80.1	82.3
ZnO	5.0	5.0
Ti	0.2	0.2
Ag	11.7	15.3
ZnO	5.0	5.0
TiO ₂	20.3	21.5

También puede verse que, para la misma T_L del 68.5%, agregando capas antirreflejantes en las caras 2 y 3 y ajustar la pila con una propiedad de reflexión infrarroja resultan en una reducción del 9.5% en el factor g (en comparación con los Ejemplos 3a y 3b).