

ACRISTALAMIENTO DE PROTECCIÓN SOLAR CON REFLECTOR EXTERIOR AZUL

La invención se refiere a unidades de vidrio aislante para control solar, provistas de pilas de capas delgadas, al menos una de las cuales es funcional, es decir, actúa sobre la radiación solar y/o térmica esencialmente reflejando y/o absorbiendo radiación infrarroja cercana (solar) o infrarroja lejana (térmica). La presente invención se refiere más particularmente a los acristalamientos con capa(s), especialmente aquellos destinados principalmente al aislamiento térmico de edificios.

Para los propósitos de esta solicitud, se entiende por capa o capas "funcionales" o "activas" las capas de la pila que confieren a la pila la mayor parte de sus propiedades térmicas. En la mayoría de los casos, las pilas de capas delgadas del acristalamiento proporcionan propiedades de control solar mejoradas esencialmente a través de las propiedades intrínsecas de la o las capas activas. Una capa funcional actúa sobre el flujo de radiación solar que pasa a través de tal acristalamiento, a diferencia de las otras capas de la pila, generalmente formadas por un material dieléctrico tal como el óxido de silicio, el óxido de titanio o el nitrato de silicio, cuya función es proteger química o mecánicamente tal capa funcional.

Tales acristalamientos con pilas de capas delgadas actúan sobre la radiación solar incidente, ya sea esencialmente por absorción de la radiación incidente por la capa funcional, o esencialmente por reflexión por esta misma capa.

Se conocen como acristalamiento de control solar. Se comercializan y utilizan esencialmente para proteger una vivienda de la radiación solar y evitar el sobrecalentamiento, o para aislar térmicamente la vivienda y evitar la pérdida de calor.

Para los propósitos de la presente invención, antisolar significa la capacidad del acristalamiento para limitar el flujo de energía, en particular la radiación infrarroja solar (SIR), desde el exterior hacia el interior de la vivienda o del compartimento de pasajeros.

Como es bien sabido, las propiedades de control solar de un acristalamiento son conferidas por una pila de capas, al menos una de las cuales es funcional, es decir, tiene propiedades de reflexión y/o absorción infrarroja, al tiempo que permite el paso al menos de cierta radiación visible.

Para medir las propiedades de control solar del acristalamiento, el factor solar FS o g se utiliza a menudo en el campo técnico.

De una manera conocida, el factor solar g es igual a la relación entre la energía que pasa a través del acristalamiento (es decir, que entra en la habitación) y la energía solar incidente. Más específicamente, corresponde a la suma del flujo transmitido directamente a través del acristalamiento y el fundente absorbido por el acristalamiento (incluido cualquier apilamiento de capas presente en una de sus superficies) y luego posiblemente reemitido hacia el interior (la habitación). La tendencia actual es utilizar acristalamientos con el factor g más bajo posible, al menos, menor que 50% (0.5), preferiblemente menos del 40%, o incluso menos o igual al 30%.

Las pilas de mejor rendimiento actualmente en el mercado para lograr tal rendimiento incorporan al menos una capa de metal de tipo plata que esencialmente refleja la mayor parte de la radiación IR (infrarroja) incidente. Estas pilas se pueden utilizar principalmente como acristalamiento de baja emisividad (o baja emisividad) o como acristalamiento de control solar. Sin embargo, estos recubrimientos son muy

sensibles a la humedad y la oxidación. Por lo tanto, se utilizan exclusivamente en doble acristalamiento, en el lado 2 o 3, para proteger contra la humedad. Por lo tanto, no es posible depositar tales recubrimientos en unidades de un solo acristalamiento (también conocidas como unidades monolíticas). Las pilas de acuerdo con la presente invención no incluyen tales capas a base de plata, oro o platino, o solo en cantidades muy insignificantes, particularmente en forma de impurezas inevitables.

Del mismo modo, las capas funcionales, o incluso las pilas, de los artículos de vidrio de acuerdo con la invención están en principio libres de níquel o cobre.

También se conocen pilas con propiedades de baja emisividad o antisol, pero basadas en capas funcionales de óxidos conductores transparentes (TCO) tal como los óxidos mixtos de estaño e indio, por ejemplo, las pilas descritas en la US2009320824 de la publicación. Sin embargo, para obtener un acristalamiento con un factor solar inferior al 50%, es necesario depositar espesores de capa de al menos 100 nm. Por lo tanto, el depósito de tales capas mediante técnicas de pulverización catódica asistida por magnetrón requiere mucho tiempo y es costoso.

También se han descrito otras chimeneas de control solar en el campo, que comprenden capas funcionales a base de niobio metálico o niobio nitrurado, como se describe, por ejemplo, en la solicitud WO01/21540 o en la solicitud WO2009/112759.

En un sistema de acristalamiento de acuerdo con la invención, la pila de control solar puede disponerse en el lado del acristalamiento que mira hacia el interior del edificio o cabina que equipa, y en particular en el lado 2 de una sola unidad de acristalamiento, numerándose los lados convencionalmente desde el exterior hacia adentro.

El lado de apilamiento se refiere entonces a la cara del acristalamiento sobre la que se coloca la pila. El lado del vidrio se refiere a la cara del acristalamiento opuesta a la que se coloca la pila, en principio descubierta. A los efectos de esta invención, los términos “cara exterior” (o “externa”) y “cara interior” (o “interna”) se refieren a la posición del acristalamiento cuando se instala en el edificio o vehículo para el que está destinado.

Se distingue entre:

- reflexión de la luz exterior R_{Lext} , es decir, reflexión de la luz medida en la cara del acristalamiento expuesta al exterior del edificio o del habitáculo, y

- reflexión de la luz interior R_{Lint} , es decir, reflexión de la luz medida en el lado del acristalamiento orientado hacia el interior.

En otras palabras, la reflexión de la luz interna R_{Lint} se mide en la cara con la pila de capas, mientras que la reflexión de la luz externa R_{Lext} se mide en la cara desnuda del acristalamiento.

En general, todas las características lumínicas presentadas en esta descripción, en particular, la transmisión de luz TL y las reflexiones de luz RL, así como el factor g, se obtienen de acuerdo con los principios y métodos descritos en la norma NF EN 410 (2011) relativos a la determinación de las características lumínicas y energéticas de los acristalamientos utilizados en el vidrio para la construcción.

En ciertas configuraciones de acristalamiento de edificios, también se requiere un acristalamiento con un tinte azul fuerte en la reflexión externa, es decir, en el lado de la cara desnuda del acristalamiento opuesto a aquel en el que se deposita la pila.

Para obtener tal propiedad, es necesario que los valores de a^* y b^* , y en particular b^* , en el sistema internacional L, a^* , b^* (típicamente con un ángulo de visión de 10° y bajo el iluminante D65) sean negativos para la reflexión interna. Los valores cercanos a 0 son característicos de la coloración neutra. Un valor a^* neutro o ligeramente negativo y valores b^* negativos indican una coloración azul, siendo cuanto más negativa es la b^* , más azul es la coloración.

Para obtener un color azul marcado, lo ideal es que el valor a^* esté entre 0 y -5. Los valores de a^* por debajo de -5 no son deseables, ya que dan como resultado un color cian que tiende al verde, que es menos agradable estéticamente. Del mismo modo, el valor b^* debe ser menor que -10 y lo más negativo posible para una mejor representación del color azul.

También es importante que el nivel de reflexión del acristalamiento en este mismo lado sea lo suficientemente alto para garantizar que el color azul sea suficientemente visible desde el exterior del edificio, incluso en condiciones de luz solar débil. Por lo tanto, se espera que los valores de R_{Lext} superiores al 20%, o incluso superiores al 25%, resalten el color azul del acristalamiento cuando se vea desde el exterior.

Los acristalamientos que comprenden una sola capa funcional a base de niobio, como se describe en la solicitud WO01/21540, tienen una reflexión externa relativamente baja y/o un valor b^* positivo que refleja un color de acristalamiento amarillo.

Para minimizar la reflexión interna y obtener valores de a^* y b^* cercanos a 0 en la reflexión interna, la solicitud de patente WO2009/150343 describe una pila compuesta por varias capas funcionales a base de niobio, posiblemente nitruradas, separadas por capas de nitruro de silicio. Sin embargo, esta modalidad no alcanza niveles suficientemente altos de reflexión externa.

La publicación WO2005/105687 describe el acristalamiento con una superficie exterior de color verde cian en lugar de azul, con valores de $b^* < -5$ y $a^* < -10$ (véanse los ejemplos 3 y 4) o con un nivel limitado de reflexión exterior, en particular por debajo de 20 (véanse los ejemplos 5 a 8).

Por lo tanto, el objetivo es producir un acristalamiento de control solar con un diseño apilado que produzca una apariencia azul marcada en la reflexión externa. El objeto de la presente invención es proponer tal acristalamiento.

En particular, de acuerdo con la presente invención, se ha encontrado que la inserción de una capa de nitruro de silicio y circonio en una pila antisolar cuya capa funcional se basa en niobio permite obtener las propiedades deseadas del acristalamiento y en particular:

- una reflexión de luz externa R_{Lext} (es decir, en la superficie desnuda del sustrato opuesta a aquella sobre la que se deposita la pila de capas) mayor que el 20 % e incluso mayor que el 25 %.
- parámetro a^* , en reflexión externa, entre 0 y -5,
- valor b^* menor que -10.

De acuerdo con la invención, los parámetros L, a^* y b^* se miden según los criterios de CIE LAB, en un ángulo de 10° y con iluminante D65.

Además, los artículos de vidrio y el acristalamiento de acuerdo con la invención tienen propiedades de control solar en línea con las requeridas en el campo, en particular un factor solar g cercano y preferiblemente menor que el 50%, o incluso menos del 40% o incluso menor o igual al 30%, o incluso

menor o igual al 25% en ciertas configuraciones.

Más precisamente, la presente invención se refiere a un artículo de vidrio transparente para acristalamiento de control solar, que comprende al menos un sustrato de vidrio transparente proporcionado en al menos una de sus caras de un recubrimiento constituido por una pila de capas, comprendiendo tal

5 recubrimiento la siguiente sucesión de capas, a partir de la superficie de tal sustrato:

- una primera capa a base de nitruro de silicio con un espesor e_1 comprendido entre 55 nm y 90 nm,

- una capa a base de nitruro de silicio y circonio con un espesor e_2 comprendido entre 5 nm y 25 nm,

10 - una capa funcional a base de niobio con un espesor comprendido entre 15 nm y 50 nm,

- una segunda capa a base de nitruro de silicio con un espesor e_3 comprendido entre 10 nm y 45 nm, en el que la pila comprende solo una capa a base de niobio,

donde la suma de los espesores $e_1 + e_2$ de la primera capa a base de nitruro de silicio y la capa a base de nitruro de silicio-circonio está entre 60 y 110 nm, preferiblemente entre 70 y 100 nm, más

15 preferiblemente entre 80 y 90 nm.

De acuerdo con las modalidades particulares y preferidas de la presente invención, que opcionalmente pueden combinarse entre sí:

- La relación e_1/e_2 está entre 3 y 18, preferiblemente entre 4 y 15, más preferiblemente entre 6 y 10.

20 - La relación $(e_1+e_2)/e_3$ es mayor que 3 y preferiblemente menor que 7.

- La suma de los espesores e_1+e_2 de la primera capa basada en nitruro de silicio y la capa basada en nitruro de silicio y circonio está entre 70 nm y 100 nm, más preferiblemente entre 80 nm y 90 nm.

- La capa de silicio y nitruro de circonio está en contacto directo con la capa a base de niobio.

- La capa a base de niobio tiene un espesor de entre 20 nm y 40 nm, más preferiblemente entre

25 20 nm y 30 nm.

- La primera capa a base de nitruro de silicio tiene un espesor de entre 65 nm y 90 nm, preferiblemente entre 70 nm y 80 nm.

- La capa a base de silicio y nitruro de circonio tiene un espesor de entre 6 nm y 20 nm, más preferiblemente entre 7 nm y 15 nm.

30 - La segunda capa a base de nitruro de silicio tiene un espesor de entre 15 nm y 40 nm, preferiblemente entre 20 nm y 30 nm.

- La primera capa a base de nitruro de silicio está en contacto con la superficie del sustrato y preferiblemente está en contacto con la capa a base de circonio y nitruro de silicio.

35 - La capa a base de silicio y nitruro de circonio tiene una relación atómica Si/Zr de entre 1.5 y 6.0, preferiblemente entre 2.0 y 5.5, o incluso más preferiblemente entre 2.5 y 5.0.

- La capa a base de niobio se compone únicamente de metales.

- La capa a base de niobio no está nitrurada.

- La capa a base de niobio está al menos parcialmente nitrurada.

- La pila comprende, por encima de la capa a base de nitruro de silicio, una capa protectora

compuesta por óxido de titanio, óxido de circonio o un óxido de titanio y circonio, teniendo tal capa un espesor menor que 10 nm, preferiblemente menor que 5 nm, por ejemplo, entre 1 y 5 nm.

- La pila comprende o consiste preferiblemente en una sucesión de las siguientes capas, cada capa preferiblemente en contacto directo con la siguiente, a partir de la superficie de tal soporte:

5 SiN/ SiZrN/Nb/SiN/ opcionalmente TiO, ZrO o TiZrO

donde SiN denota una capa a base de nitruro de silicio, Nb denota una capa a base de niobio, SiZrN denota una capa a base de nitruro de silicio y circonio, TiO denota una capa que comprende óxido de titanio, ZrO denota una capa que comprende óxido de circonio y TiZrO denota una capa que comprende titanio y óxido de circonio.

10 - La pila no incluye capas funcionales a base de Ag, Au, Pt, Cu, Ni o acero inoxidable.

- Una capa metálica de titanio o una aleación metálica que contiene titanio se deposita entre la capa a base de niobio y la segunda capa a base de nitruro de silicio, estando tal capa de metal en contacto directo con tales capas a base de nitruro de silicio y a base de niobio.

- El artículo está templado térmicamente y/o curvado.

15 - El artículo tiene al menos un parámetro de reflexión interna a^* entre 0 y -5, y un parámetro b menor que -10, en el sistema colorimétrico L, a^* , b^* , en un ángulo de 10° y bajo iluminante D65.

- El sustrato de vidrio transparente tiene un grosor de entre 2 mm y 10 mm, preferiblemente entre 3 mm y 8 mm, especialmente 4 mm o 6 mm.

20 A lo largo de la descripción, los espesores son espesores físicos (geométricos), a menos que se indique lo contrario.

En las capas a base de niobio de acuerdo con la invención, el niobio representa al menos el 50% de los átomos metálicos presentes en tal capa (en particular excluyendo la posible presencia de heteroátomos como el nitrógeno o el oxígeno), y preferiblemente más del 80% o incluso más del 90% de los átomos metálicos en tales capas. En particular, pueden estar presentes otros elementos metálicos minoritarios, como el circonio, el titanio o el tántalo. Minoritario significa que tales átomos metálicos están presentes en una cantidad inferior al 30%, preferiblemente el 20%, de los átomos de niobio.

En una modalidad preferida, la capa comprende solo metales, aparte de las impurezas inevitables.

30 Sin apartarse del alcance de la invención, sin embargo, heteroátomos como el nitrógeno pueden estar presentes en la capa funcional basada en niobio, aunque esta configuración es menos preferida por sus propiedades antisolares. En tal modalidad, la relación atómica N/Nb puede variar entre 0 (excluido) y 1, por ejemplo, entre 0.1 y 0.7.

Sin embargo, es preferible que la capa a base de niobio comprenda menos del 5 % atómico de nitrógeno, o incluso el nitrógeno está presente solo en forma de impurezas inevitables.

35 La formulación de las capas, y en particular el valor de x , se puede obtener convencionalmente por espectrometría de fotoelectrones XPS, utilizando técnicas bien conocidas en el campo de los materiales.

La capa a base de niobio también puede comprender una pequeña cantidad de oxígeno, por ejemplo, de modo que la relación atómica O/Nb sea menor que 0.2, preferiblemente menor que 0,1 o incluso menor que 0.05. Sin embargo, en una modalidad preferida, las capas a base de niobio no contienen

oxígeno excepto en forma de impurezas inevitables.

En capas basadas en nitruro de silicio y circonio de acuerdo con la invención, el silicio y el circonio juntos representan más del 80% o incluso más del 90% de los átomos metálicos presentes en tales capas, es decir, en particular excluyendo los átomos de nitrógeno. Basado en una formulación de SixZr_yN , la relación x/y en tal capa (relación atómica Si/Zr) está entre 1.5 y 6.0, y preferiblemente está entre 2.0 y 5.5, o incluso entre 2.5 y 5.0. Aún más preferiblemente, tales capas consisten esencialmente en nitruro de silicio y circonio, pero también pueden comprender otro metal como el aluminio. Es bien sabido que el aluminio se utiliza en proporciones de hasta el 10 % atómico basadas en la suma de los elementos Si, Zr y Al, o incluso más, y preferiblemente entre el 1 y el 8 % atómico en función de la suma de los elementos Si, Zr y Al, en objetivos de silicio utilizados para la deposición de capas por pulverización catódica asistida por campo magnético (magnetron).

En las capas a base de nitruro de silicio de acuerdo con la invención, el silicio representa más del 80% o incluso más del 90% en peso de los átomos metálicos presentes en tales capas, en particular excluyendo los átomos de nitrógeno. Aún más preferiblemente, tales capas a base de nitruro de silicio consisten esencialmente en nitruro de silicio, pero también pueden comprender otro metal como el aluminio. Es bien sabido que el aluminio se utiliza en proporciones de hasta el 10 % atómico basado en la suma de los elementos Si y Al, o incluso más y preferiblemente entre el 1 y el 8 % atómico basado en la suma de los elementos Si, Zr y Al, en objetivos de silicio utilizados para la deposición de capas por pulverización catódica asistida por campo magnético (magnetron).

Los recubrimientos de acuerdo con la invención se depositan convencionalmente por pulverización catódica al vacío asistida por campo magnético de un cátodo del material o de un precursor del material a depositar, a menudo denominado en el campo pulverización catódica con magnetron. Esta técnica se utiliza ahora clásicamente, sobre todo cuando el recubrimiento que se va a depositar consiste en una pila más compleja de capas sucesivas de unos pocos nanómetros o unas pocas decenas de nanómetros de espesor.

La presente invención también se refiere a un acristalamiento simple o a un panel de revestimiento de fachada del tipo antepecho que incorpora un artículo de vidrio como se ha descrito anteriormente.

De acuerdo con otra modalidad, el artículo de vidrio de acuerdo con la invención y como se describió anteriormente puede incorporarse a una unidad de acristalamiento múltiple como una unidad de doble acristalamiento o una unidad de acristalamiento laminado que comprende dos láminas de vidrio unidas por una película termoplástica como el PVB.

El artículo de vidrio de acuerdo con la invención también puede incorporarse a una ventana lateral, ventana trasera o techo para un automóvil u otro vehículo.

Los términos "capa inferior" y "capa superior" se utilizan en esta descripción para referirse a la posición respectiva de tales capas en relación con la capa funcional que comprende nitruro de niobio en la pila, estando tal chimenea soportada por el sustrato de vidrio tomado como referencia.

En particular, la capa inferior es generalmente la capa en contacto con el sustrato de vidrio y la capa superior es la capa más externa de la pila, en dirección opuesta al sustrato.

Los términos "por encima" o "por debajo", a menos que se indique lo contrario, se refieren a la

superficie del sustrato sobre el que se deposita la pila.

Si bien la solicitud más particularmente dirigida por la invención es el acristalamiento para edificios, está claro que son concebibles otras solicitudes, especialmente en el acristalamiento de vehículos (aparte del parabrisas, donde se requiere una transmisión de luz muy alta), como el vidrio lateral, el techo del automóvil, la ventana trasera.

La invención y sus ventajas se describen con mayor detalle a continuación, mediante los siguientes ejemplos no limitativos, de acuerdo con la invención y comparativos. En todos los ejemplos y en la descripción, los espesores dados son físicos.

Todos los sustratos son de vidrio transparente de 6 mm de espesor del tipo Planilux® comercializado por Saint-Gobain Glass France.

Todos los recubrimientos se depositan de la manera conocida por pulverización catódica asistida por campo magnético (a menudo llamado magnetron).

Como es bien sabido, las distintas capas sucesivas se depositan en compartimentos sucesivos del dispositivo de pulverización catódica, cada compartimento está proporcionado de un objetivo metálico específico de Si, SiZr o Nb elegido para la deposición de una capa específica de la pila.

Más precisamente, las capas a base de nitruro de silicio se depositan en los compartimentos del dispositivo a partir de un objetivo de silicio que comprende un 8% en masa de aluminio, en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno (40% de Ar y 60% de N₂). Por lo tanto, las capas a base de nitruro de silicio, conocidas como SiN por conveniencia, contienen algo de aluminio.

Las capas de nitruro de silicio y circonio se depositan en un compartimento del dispositivo desde un objetivo metálico que consta de silicio, circonio y aluminio en proporciones atómicas 68/27/5. El objetivo se pulveriza mediante técnicas convencionales en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno y argón (45% de Ar y 55% de N₂). Las capas de nitruro de silicio-circonio utilizadas en la invención, denominadas SiZrN por conveniencia, contienen por lo tanto algo de aluminio.

Las capas metálicas de Nb se obtienen por pulverización catódica asistida por magnetron de un objetivo de niobio metálico en una atmósfera de argón, de acuerdo con condiciones bien conocidas en el campo.

Ejemplos:

En todos los siguientes ejemplos (de acuerdo con la invención y comparativos), el sustrato de vidrio ha sido recubierto sucesivamente con una pila de capas que comprenden una capa de niobio metálico rodeada por capas de nitruro de silicio, y opcionalmente nitruro de silicio y circonio de acuerdo con la invención.

En los ejemplos, la pila comprende la sucesión de las siguientes capas:

Vidrio/SiN/SiZrN/Nb/Si₃N₄

En la Tabla 1 siguiente se detalla la composición y el grosor de las capas de las distintas pilas de los Ejemplos 1 a 7.

Los Ejemplos 8 y 9 corresponden a pilas conocidas del estado de la técnica, de WO2005/105687 y WO01/21540 respectivamente.

Todas las capas se depositan de una manera conocida por pulverización catódica asistida por

campo magnético (a menudo llamado magnetrón).

De una manera bien conocida, las diferentes capas sucesivas se depositan en compartimentos sucesivos del dispositivo de pulverización catódica, cada compartimento está proporcionado de un objetivo metálico específico de Si o Nb elegido para la deposición de una capa específica de la pila.

5 Más precisamente, las capas de nitruro de silicio se depositan en un primer compartimento del dispositivo a partir de un objetivo de silicio metálico (dopado con un 8% de aluminio en masa), en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno (40% de Ar y 60% de N₂). Por lo tanto, las capas de nitruro de silicio, conocidas como SiN por conveniencia, contienen algo de aluminio.

10 Las capas de Nb se obtienen por pulverización catódica asistida por magnetrón de un objetivo metálico de niobio en una atmósfera de argón, de acuerdo con condiciones bien conocidas en el campo.

Las capas de silicio y nitruro de circonio se depositan a partir de un objetivo metálico que contiene silicio, circonio y aluminio en proporciones atómicas de 68/27/5. El objetivo se pulveriza mediante técnicas convencionales en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno y argón (45% de Ar y 65% de N₂ por volumen). Las capas de nitruro de silicio-circonio producidas de acuerdo con la invención, denominadas
15 SiZrN por conveniencia, contienen por lo tanto algo de aluminio.

Los artículos de vidrio sintetizados de esta manera utilizando técnicas convencionales se calientan y templean utilizando técnicas convencionales en el campo (calentamiento a 620 °C durante 10 minutos seguido de enfriamiento).

20 La Tabla 1 a continuación resume la información sobre la composición de las chimeneas antisol de acuerdo con la invención y ejemplos comparativos, de la superficie del vidrio:

[Tabla 1]

	Espesor e₁ SiN	Espesor e₂ SiZrN	Espesor Capa Nb	Espesor e₃ SiN	Proporción e₁/e₂	Proporción (e₁+e₂)/e₃
25 Ejemplo 1	75	9	23	22	8,3	3,8
Ejemplo 2*	55	29	23	22	1,9	3,8
Ejemplo 3*	35	49	23	22	0,7	3,8
Ejemplo 4*	15	69	23	22	0,2	3,8
Ejemplo 5*	50	9	25	22	5,5	2,7
Ejemplo 6*	85	5	28	50	17	1,8
Ejemplo 7**	85	-	30	28	-	-
30 Ejemplo 8***	10	-	33	27	-	-

* comparativo

** Ejemplo 3 de WO2005/105687

*** Ejemplo 3 de WO01/21540

El ejemplo 2 tiene un espesor e₂ mayor que 25 nm.

Los ejemplos 3 y 4 tienen una relación e₁/e₂ menor que 1.

35 El ejemplo 5 tiene un espesor e₁ de menos de 55 nm, lo que da como resultado una relación (e₁+e₂)/e₃ de menos de 3.

El ejemplo 6 tiene un espesor e₃ mayor que 45 nm, lo que lleva a una relación (e₁+e₂)/e₃ menor que 3.

El ejemplo 7 es el ejemplo 3 de la publicación anterior WO2005/105687 y el ejemplo 8 es el ejemplo

3 de la publicación anterior WO01/21540.

Los valores de transmisión de luz T_L y reflexión de luz externa R_{ext} se miden en el rango de 380 nm a 780 nm utilizando los métodos descritos en la norma NF EN 410 (2011). El mismo estándar también se utiliza para medir el factor solar g del sustrato apilado. Los valores colorimétricos de reflexión externa se miden según la norma CIE LAB en un ángulo de 10° , utilizando el iluminante D65.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2 a continuación, en porcentajes:

[Tabla 2]

	TL	R_{Lext}	a*_{RLext}	b*_{RLext}	FS(g)%
Ejemplo 1	13	26	-4,2	-13,5	22
Ejemplo 2*	14	23	-5,2	-11,2	22
Ejemplo 3*	14	23	-5,9	-11,2	22
Ejemplo 4*	13	29	-7,8	-14,0	22
Ejemplo 5*	15	18	1,4	-9	20
Ejemplo 6*	15	38	-7	-7	-
Ejemplo 7**	13	32	-7,9	-14,3	-
Ejemplo 8***	8	44	-2,5	2,8	-

Los resultados reportados en la Tabla 2 anterior muestran que el acristalamiento obtenido del Ejemplo 1 de acuerdo con la invención tiene un factor solar de alrededor del 22%, lo que garantiza un buen aislamiento térmico del edificio o compartimiento de pasajeros.

Se puede ver en la Tabla 2 que el acristalamiento de acuerdo con el Ejemplo 1 de acuerdo con la invención tiene un color azul y una reflexión externa suficientemente alta para que el tinte azul sea visible, incluso en condiciones de poca luz solar.

Por el contrario, los acristalamientos de los ejemplos comparativos 2 a 4 tienen un color de reflexión cian que tiende al verde, debido a un valor a^* significativamente menor que -5.

De manera similar, los ejemplos comparativos 5 y 6 muestran que los espesores e_1 y e_2 que no cumplen con la presente invención no dan lugar a un acristalamiento con una apariencia azul marcada en el exterior.

Del mismo modo, los datos dados en la Tabla 2 muestran que los acristalamientos de los ejemplos 7 y 8 de acuerdo con el estado de la técnica tampoco permiten obtener tales acristalamientos.