

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 988**

51 Int. Cl.:

C03C 17/36

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2014** **PCT/EP2014/061113**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014** **WO14191484**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014** **E 14726640 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017** **EP 3004012**

54 Título: **Acristalamiento con una baja emisividad y antisolar**

30 Prioridad:

30.05.2013 BE 201300386

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

27.12.2017

73 Titular/es:

**AGC GLASS EUROPE (100.0%)
Avenue Jean Monnet, 4
1348 Louvain-La-Neuve, BE**

72 Inventor/es:

**MAHIEU, STIJN;
BAUDOUIN, ANNE-CHRISTINE;
HAUPTMANN, MARC;
DEPAUW, JEAN-MICHEL;
PURWINS, MICHAEL;
MATHIEU, ERIC y
WEIS, HANSJOERG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 647 988 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Acristalamiento con una baja emisividad y antisolar

La presente invención se refiere a sistemas de acristalamiento que tienen simultáneamente propiedades antisolares y con una baja emisividad y que se pueden incorporar a las ventanas de los edificios o utilizar en el campo del acristalamiento de automóviles.

Tales sistemas de acristalamiento se forman normalmente a partir de un sustrato transparente del siguiente tipo: lámina de vidrio cubierta con un sistema de capas finas que comprende al menos dos capas funcionales que tienen como base un material que refleja la radiación infrarroja y al menos tres recubrimientos dieléctricos, donde cada capa funcional está rodeada por recubrimientos dieléctricos. Generalmente, las capas funcionales son capas de plata con un grosor de algunos nanómetros. En lo que se refiere a las capas dieléctricas, éstas son transparentes y tradicionalmente fabricadas a partir de nitruros y/u óxidos metálicos. Estas diferentes capas se depositan, por ejemplo, mediante técnicas de depósito al vacío tales como pulverización catódica asistida por un campo magnético, denominada más comúnmente "pulverización magnetrónica".

Estos sistemas de acristalamiento tienen propiedades antisolares que podrán reducir el riesgo de un sobrecalentamiento excesivo, por ejemplo, en un espacio confinado con superficies acristaladas grandes y, por lo tanto, reducir la cantidad de energía que será necesario proporcionar para el acondicionamiento del aire en el verano. En este caso, el acristalamiento deberá permitir que pase a su través la menor cantidad posible de energía solar total, es decir, deberá tener el factor solar más bajo posible (SF o g). Sin embargo, es sumamente deseable que garantice un cierto nivel de transmisión lumínica (LT, por sus siglas en inglés) con el fin de proporcionar un nivel suficiente de iluminación dentro del edificio. Éstos requisitos un tanto contrapuestos expresan el deseo de obtener una unidad de acristalamiento con una selectividad (S) elevada definida por la relación entre la transmisión lumínica y el factor solar. Estos sistemas de acristalamiento tienen también una emisividad baja, lo que permite una reducción de la pérdida de calor por la radiación infrarroja con una longitud de onda elevada. Por lo tanto, mejoran el aislamiento térmico de la superficies acristaladas grandes y reducen las pérdidas energéticas y los costos de calentamiento en los periodos fríos.

Estos sistemas de acristalamiento se ensamblan generalmente como unidades de acristalamiento múltiples, tales como unidades de acristalamiento dobles o triples o incluso como unidades de acristalamiento laminadas, en las cuales la lámina de vidrio que porta la unidad laminada se combina con una o más láminas de vidrio diferentes con o sin recubrimiento, donde el apilamiento de la multicapa con una baja emisividad está en contacto con el espacio interno entre las láminas de vidrio en el caso de las unidades de acristalamiento múltiple, o en contacto con la intercapa adhesiva de la unidad laminada en el caso de unidades de acristalamiento laminadas.

En algunos casos, es necesaria una operación para reforzar mecánicamente el acristalamiento, tal como el endurecimiento térmico de la lámina o las láminas de vidrio, para mejorar la resistencia al estrés mecánico. Para algunas aplicaciones particulares, también podrá ser necesario proporcionar a las láminas de vidrio una curvatura más o menos compleja mediante una operación de alabeo a una temperatura elevada. En los procesos de producción y conformado de los sistemas de acristalamiento existen ciertas ventajas si se llevan a cabo estas operaciones de tratamiento térmico en el sustrato ya recubierto en lugar de recubrir un sustrato que ya ha sido tratado. Estas operaciones se llevan a cabo a una temperatura relativamente elevada, que es la temperatura a la cual la capa funcional tiene como base un material que refleja la radiación infrarroja, p. ej., que tiene como base plata, tiende a deteriorarse y perder sus propiedades ópticas y propiedades relacionadas con la radiación infrarroja. Estos tratamientos térmicos consisten en particular en el calentamiento de la lámina de vidrio a una temperatura superior a 560 °C en el aire, p. ej., entre 560 °C y 700 °C, y en particular de aproximadamente 640 °C a 670 °C, durante un periodo de aproximadamente 3, 4, 6, 8, 10, 12 o incluso 15 minutos, dependiendo del tipo de tratamiento y el grosor de la lámina. En el caso de un tratamiento de alabeo, la lámina de vidrio se podrá curvar a continuación hasta lograr la forma deseada. El tratamiento de endurecimiento posterior consiste en un enfriamiento súbito de la superficie de la lámina de vidrio plana o curvada mediante chorros de aire o fluido refrigerante para obtener un refuerzo mecánico de la lámina.

Por lo tanto, en caso de que la lámina de vidrio recubierta deba someterse a un tratamiento térmico, deben tomarse unas precauciones bastante específicas para formar una estructura de recubrimiento que sea capaz de soportar un tratamiento de endurecimiento térmico y/o de alabeo, denominado a veces posteriormente en la presente mediante la expresión "templable" sin perder las propiedades ópticas y/o energéticas para las que se ha creado. En particular, los materiales dieléctricos utilizados para formar los recubrimientos dieléctricos deben soportar las temperaturas elevadas del tratamiento térmico sin mostrar ninguna modificación estructural adversa. Algunos ejemplos de materiales particularmente adecuados para este uso son el óxido mixto de zinc-estaño, nitruro de silicio y nitruro de aluminio. También es necesario garantizar que las capas funcionales, p. ej., capas que tienen como base plata, no se oxidan durante el transcurso del tratamiento, p. ej., garantizando que en el momento del tratamiento existen capas de barrera

que son capaces de oxidarse en lugar de la plata atrapando el oxígeno libre o que bloquean la migración de oxígeno libre hacia la plata durante el tratamiento térmico.

Además, la formación de estos conjuntos de capas también debe producir colores satisfactorios tanto para la reflexión como la transmisión, y cada vez se demanda más una neutralidad lo más completa posible. La dificultad reside en combinar los requisitos colorimétricos con los asociados con las condiciones de "base": poseer simultáneamente una transmisión lumínica elevada, emisividad muy baja, capacidad de soportar el tratamiento térmico.

Otro requisito que cada vez se debe tener más en cuenta es consecuencia del hecho de que, a veces, deben combinarse entre sí productos que no se han tratado térmicamente y otros que se han tratado térmicamente para la misma aplicación, p. ej., dentro de la misma fachada de un edificio. En consecuencia, previamente era necesario desarrollar y producir dos tipos de apilamientos de capas con una emisividad baja en paralelo, una para unidades de acristalamiento no endurecidas y la otra para unidades de acristalamiento destinadas a ser endurecidas o curvadas, y esto es complicado tanto en lo que se refiere a la investigación como al desarrollo y, en particular, en la gestión de la producción de existencias. Desde entonces, se han desarrollado los denominados apilamientos de recubrimiento "autoemparejables" cuyas propiedades cambian muy poco, en particular sus propiedades ópticas y energéticas, en caso de que el sustrato se someta a un tipo de tratamiento térmico de endurecimiento o alabeo.

Además, aunque los principios que gobiernan las propiedades ópticas de los materiales que forman las capas son muy conocidos, una dificultad adicional reside en los métodos de producción de estas unidades de acristalamiento. Las condiciones de depósito y, en particular, la velocidad de depósito dependen de la naturaleza de los materiales considerados. La velocidad de depósito deberá ser suficiente para una producción industrial rentable. Esta depende de múltiples factores que garantizan la estabilidad de la función con el tiempo y a lo largo de toda la superficie de la lámina y la ausencia de defectos en la lámina.

Se han propuesto varias soluciones que cumplen estos diferentes requisitos pero ninguna solución ha proporcionado una unidad de acristalamiento realmente satisfactoria que permita satisfacer todos los requisitos de estas nuevas demandas.

El documento EP 1 140 721 describe apilamientos de un recubrimiento de capas que tiene como base plata del tipo vidrio / dieléctrico I / Ag I / AZO / dieléctrico II / Ag II / AZO / dieléctrico III en el cual cada dieléctrico está constituido por una capa inferior de óxido mixto de zinc-estaño y una capa superior de óxido de zinc. El documento EP 1 140 721 da a entender que los apilamientos de recubrimiento que describe se pueden tratar térmicamente y que únicamente muestran ligeras variaciones en sus propiedades ópticas tras el tratamiento térmico. Sin embargo, se ha demostrado que tras el tratamiento térmico aparecieron una bruma y puntos inaceptables en las capas de este tipo y que la resistencia eléctrica por cuadrado aumentó, lo que ocasionó una emisividad más elevada y, por lo tanto, menos favorable. Además, los apilamientos de recubrimiento de este tipo presentaron alteraciones en la capa cuando se sometieron a la prueba automática de resistencia al roce húmedo ("AWRT", por sus siglas en inglés) (remítase al ejemplo comparativo 1 descrito más adelante).

El documento WO03/010105 describe apilamientos de recubrimiento con una doble capa de plata, cuya especificidad es incluir una capa de Ti bajo las capas de plata. Todos los apilamientos propuestos comienzan con una capa de nitruro sobre el vidrio. Se presentan como capaces de someterse a un tratamiento térmico a la vez que mantienen los niveles de rendimiento térmico de los apilamientos de recubrimiento lo que minimiza las modificaciones ópticas de estos y minimiza la aparición de defectos ópticos. Sin embargo, los apilamientos propuestos tienen una falta que no es despreciable: la estabilidad química de estos productos antes del tratamiento térmico no es suficiente. Así pues, ya que estas capas deben ser capaces de utilizarse sin un tratamiento térmico posterior o si no de almacenarse y posiblemente transportarse a veces mucho antes de someterse a un tratamiento térmico, su resistencia al envejecimiento antes del tratamiento térmico debe ser adecuada.

Por lo tanto, el objetivo de la invención es intentar desarrollar un nuevo tipo de apilamiento de capas finas con una emisividad baja y antisolares que sea eficaz en lo que se refiere a las propiedades ópticas y energéticas y que mantenga estos niveles de rendimiento tanto si posteriormente se somete a un tipo de tratamiento térmico de endurecimiento o alabeo como si no se somete a este.

En la presente invención se utiliza la siguiente información:

- la transmisión lumínica (LT, por sus siglas en inglés) es el porcentaje de flujo lumínico incidente, fuente luminosa D65/2°, transmitida por el acristalamiento.
- la reflexión lumínica (LR, por sus siglas en inglés) es el porcentaje de flujo lumínico incidente, fuente luminosa D65/2°, reflejada por el acristalamiento. Deberá medirse desde el lateral de la capa (LRc) o el lateral del sustrato (LRg).

- la transmisión energética (ET, por sus siglas en inglés) es el porcentaje de radiación energética incidente transmitido por el acristalamiento calculado de acuerdo con la norma EN410.
 - la reflexión energética (ER, por sus siglas en inglés) es el porcentaje de radiación energética incidente reflejado por el acristalamiento calculado de acuerdo con la norma EN410. Se podrá medir en el lateral externo del edificio o vehículo (ERext) o el lateral interno del edificio o vehículo (ERint).
 - el factor solar (SF o g) es el porcentaje de radiación energética incidente que el acristalamiento transmite directamente, por una parte, y el que, absorbido por este, es radiado posteriormente en la dirección opuesta respecto a la fuente energética en relación con el acristalamiento. En la presente se calcula de acuerdo con la norma EN410.
 - el valor U (coeficiente k) y la emisividad (ϵ) se calculan de acuerdo con las normas EN673 e ISO 10292.
 - los valores CIELAB 1976 ($L^*a^*b^*$) se utilizan para definir los tonos. Se miden con la fuente luminosa D65/10°.
 - $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ representa las variaciones del tono durante el tratamiento térmico, es decir, la diferencia entre los colores antes y después del tratamiento térmico.
 - la resistencia por cuadrado (R^2) ("resistencia laminar") expresada en ohms por cuadrado ($\Omega/\square$), mide la resistencia eléctrica de películas finas.
 - Cuando se dice que los valores están comprendidos "en el intervalo entre a y b" estos podrán ser iguales a a o b.
 - La ubicación del apilamiento de capas en una estructura de acristalamiento múltiple se proporciona de acuerdo con la numeración secuencial clásica de las caras de una unidad de acristalamiento, donde la cara 1 está en el exterior del edificio o vehículo y la cara 4 (en el caso de una unidad de acristalamiento doble) o la cara 6 (en el caso de una unidad de acristalamiento triple) en el interior.
 - Cuando en la presente se hace referencia a capas de nitruro de silicio u óxido de silicio, se deberá sobreentender que las capas también podrán tener incorporada una pequeña cantidad de aluminio, como es bien sabido en la técnica, de recubrimientos de pulverización magnetróica. Este aluminio se incluye como agente dopante, generalmente en una cantidad de un 10% en peso como mucho.
 - A efectos de claridad, cuando se utilizan términos como "debajo", "encima", "inferior", "superior", "primero" o "último" en la presente, es siempre en el contexto de una secuencia de capas que comienzan en el cristal inferior y van ascendiendo alejándose del cristal. Tales secuencias podrán comprender capas intermedias adicionales, entre las capas definidas, excepto cuando se especifica un contacto directo.
- La presente invención se refiere a una unidad de acristalamiento de acuerdo con la reivindicación 1 y las reivindicaciones dependientes presentan realizaciones preferidas.
- La invención trata sobre una unidad de acristalamiento que comprende un sustrato transparente provisto de un apilamiento de capas finas que comprende una disposición alternante de n capas funcionales que reflejan la radiación infrarroja y n+1 recubrimientos dieléctricos, donde $n > 1$, de modo que cada capa funcional está rodeada por recubrimientos dieléctricos. Ciertamente, la presente invención se refiere únicamente a apilamientos de recubrimiento que comprenden al menos dos capas funcionales que reflejan la radiación infrarroja. El acristalamiento de acuerdo con la invención se caracteriza por que:
- (i) el primer recubrimiento dieléctrico más cercano al sustrato comprende una capa hecha de un óxido, en contacto directo con el sustrato,
 - (ii) la porción o porciones del apilamiento de recubrimiento ubicadas entre dos capas funcionales comprenden, en un orden que comienza en el sustrato:
 - a. una capa de barrera, en contacto directo con una capa funcional subyacente, hecha de un óxido de zinc dopado posiblemente con aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 90/10,
 - b. una capa de óxido de zinc o una capa que tiene como base óxido de zinc que comprende otro metal con una relación ponderal de Zn/metall de al menos 80/20 que tiene una composición diferente a la de la capa (ii)a,

- c. una capa de un óxido mixto de zinc-estaño con una composición diferente a la de la capa (ii)b,
- d. una capa de nucleación que tiene como base óxido de zinc directamente por debajo de la capa funcional de revestimiento, y en contacto con esta, con una composición diferente a la de la capa (ii)c, y

5 (iii) el último recubrimiento dieléctrico más alejado del sustrato comprende, en un orden que comienza en el sustrato: una capa hecha de un óxido que no es óxido de silicio con un grosor superior a 3 nm y una capa hecha de un nitrato de silicio o un óxido de silicio con un grosor superior a 10 nm.

Debido a la selección particular de capas del apilamiento de recubrimiento y principalmente debido a que la combinación de la presencia de una capa hecha de un óxido en contacto directo con el sustrato, la secuencia "capa de barrera / ZnO / óxido mixto de zinc-estaño / capa de nucleación" tal y como se define en la reivindicación 1 entre dos capas funcionales, y una capa adecuada de nitrato de silicio u óxido de silicio en el último recubrimiento dieléctrico, tales unidades de acristalamiento podrán, por lo tanto, proporcionar las siguientes ventajas (recubrimiento de una lámina de vidrio flotante de sosa y cal transparente con un grosor de 6 mm estándar incorporado a una unidad de acristalamiento doble con otra lámina de vidrio flotante de sosa y cal transparente con un grosor de 4 mm, espacio entre las láminas de vidrio de 15 mm relleno hasta un 90% con argón, apilamiento de capas en la posición 2):

- 15 • una transmisión lumínica elevada ($LT \geq 68\%$) a la vez que una emisividad baja ($\epsilon \leq 0.038$, preferentemente $\epsilon \leq 0.025$) para limitar pérdidas térmicas;
- un factor solar bajo ($SF < 41\%$) para posibilitar la reducción del riesgo de exceso de sobrecalentamiento como consecuencia de la exposición al sol;
- una selectividad elevada ($LT/SF \geq 1.75$);
- 20 • una propiedad aislante que posibilita alcanzar un valor $U \leq 1.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, preferentemente $U \leq 1.0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- una neutralidad del tono en la transmisión y reflexión, ya sea en un acristalamiento sencillo o un acristalamiento múltiple, con los siguientes valores preferidos en el acristalamiento sencillo:
- en la transmisión: $88 \leq L^* \leq 94$ $-6 \leq a^* \leq +4$ $-4 \leq b^* \leq +4$
- en el lateral del sustrato de reflexión: $25 \leq L^* \leq 40$ $-4 \leq a^* \leq +3$ $-16 \leq b^* \leq 0$
- 25 • la posibilidad de tratarlo térmicamente, de que el recubrimiento sea resistente a temperaturas elevadas o de utilizarlo sin tratamiento térmico;
- un aspecto estético sin faltas, con una bruma extremadamente limitada o incluso inexistente sin o tras el tratamiento térmico y la ausencia de puntos inaceptables tras el tratamiento térmico;
- 30 • el mantenimiento de las propiedades ópticas y energéticas virtualmente invariantes tras el tratamiento térmico lo que permite el uso de productos que han sido o no tratados térmicamente uno al lado del otro ("autoemparejabilidad"): con poco cambio, o nada en absoluto, en el color en la transmisión y reflexión ($\Delta E^* \leq 8$, preferentemente ≤ 5 , más preferentemente ≤ 2) y/o con poco cambio, o nada en absoluto, en la transmisión lumínica y valores de energía y reflexión ($\Delta = |(\text{valor antes del tratamiento térmico}) - (\text{valor después del tratamiento térmico})| \leq 5$, preferentemente ≤ 3 , más preferentemente ≤ 1), en un acristalamiento sencillo;
- 35 • una estabilidad química adecuada para su utilización sin tratamiento térmico o para el intervalo de tiempo previo al tratamiento térmico y, en particular, un resultado de la prueba de la cámara climática o la prueba de pulverización con una sal de acuerdo con la norma EN1036-2012 que no proporciona ningún defecto o ninguna decoloración visible a simple vista después de 1 día, preferentemente después de 3 días.
- 40 • una estabilidad mecánica de calidad elevada, en particular un resultado de la prueba automática de resistencia al roce (AWRT, tal como se ha explicado anteriormente) durante 500 ciclos que muestra un deterioro en la capa y/o desaparición de la capa en menos de un 25% de la zona probada, preferentemente en menos de un 10% de la zona probada.

45 Ciertamente, los inventores han observado que no solamente es esencial tener una capa hecha de un óxido (y no, como en muchos apilamientos de recubrimiento conocidos, un nitrato tal como nitrato de aluminio o silicio) en contacto directo con el sustrato, en particular para garantizar la estabilidad química del producto que aún no se ha tratado térmicamente, sino que también es esencial tener la secuencia "capa de barrera / ZnO / óxido mixto de zinc-estaño / capa de nucleación" tal y como se define en la reivindicación 1 entre dos capas funcionales, en particular para limitar la aparición de una bruma y la degradación de la resistencia por cuadrado tras el tratamiento térmico; y finalmente que es esencial

tener una capa de nitrato de silicio u óxido de silicio encima de una capa de óxido en el último recubrimiento dieléctrico, en particular para la autoemparejabilidad y la ausencia de defectos tras el tratamiento térmico.

El primer dieléctrico de acuerdo con la invención comprende una capa hecha de un óxido, como una única capa o como la capa más baja. Convenientemente, esta capa hecha de un óxido, que está en contacto directo con el sustrato, es una capa de un óxido de al menos un elemento seleccionado entre: Zn, Sn, Ti y Zr. Es preferentemente una capa de un óxido mixto de zinc-estaño, más preferentemente una capa de un óxido mixto de zinc-estaño, en la cual la proporción de zinc-estaño es casi un 50-50% en peso (Zn_2SnO_4), p. ej., un 52-48 % en peso. El óxido mixto de zinc-estaño puede ser conveniente en el sentido de que tiene una buena tasa de depósito en comparación con, por ejemplo, SiO_2 o Al_2O_3 y/o en el sentido de que tiene una buena estabilidad en comparación con, por ejemplo, óxido de bismuto o ZnO puro. Además, podrá ser conveniente en el sentido de que tiene una tendencia menor a generar bruma tras el tratamiento térmico del apilamiento en comparación con, por ejemplo, los óxidos de Ti o Zr. La capa hecha de un óxido en contacto directo con el sustrato tiene convenientemente un grosor de al menos 15 nm, preferentemente al menos 20 nm. Estos valores de grosor mínimos permiten, entre otros, garantizar la estabilidad química del producto que no se ha tratado térmicamente, así como también garantizar la resistencia al tratamiento térmico.

Como la capa más externa directamente debajo de la capa funcional, y en contacto con esta, el primer recubrimiento dieléctrico podrá comprender convenientemente una capa que tiene como base óxido de zinc, a veces denominada como capa de "nucleación" o "humectación", que favorece el crecimiento de la plata encima de ella y ayuda a incrementar la resistencia por cuadrado del producto. La capa que tiene como base óxido de zinc podrá estar constituida por óxido de zinc o, posiblemente, estar dopada con otros metales, p. ej., aluminio, en una proporción generalmente de un 10% en peso como mucho, de manera preferente aproximadamente un 2% en peso. Ésta preferentemente tiene un grosor de 15 nm como mucho, preferentemente está comprendida en el intervalo entre 1.5 y 10 nm, más preferentemente entre 3 y 10 nm.

El primer recubrimiento dieléctrico tiene preferentemente un grosor de al menos 15 nm, más preferentemente al menos 20 nm. Su grosor es preferentemente 55 nm como máximo, más preferentemente 50 nm como máximo.

Con la expresión "porción o porciones del apilamiento de recubrimiento ubicadas entre dos capas funcionales" los autores hacen referencia al ensamblaje o ensamblajes de capas rodeados por dos capas funcionales. En el caso de un apilamiento de recubrimiento con dos capas funcionales, existe una única porción del apilamiento de recubrimiento que está ubicada entre dos capas funcionales. En el caso de un apilamiento de recubrimiento con tres capas funcionales existen dos porciones del apilamiento de recubrimiento que están ubicadas entre dos capas funcionales. En la siguiente descripción, cuando se hace referencia en general a la porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales, incluso si no se menciona de manera específica, son válidas las mismas consideraciones en caso de tener varias porciones del apilamiento de recubrimiento ubicadas entre dos capas funcionales.

La porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales de acuerdo con la invención comienza con una capa de barrera (ii)a en contacto directo con la capa funcional subyacente hecha de un óxido de zinc dopado posiblemente con aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 90/10. Más preferentemente, la capa de barrera es una capa de ZnO puro (designado iZnO) o una capa de óxido de zinc dopado con aluminio (designado AZO) en una proporción de un 10% en peso como mucho, preferentemente de aproximadamente un 2% en peso. Estos tipos de barrera tienen la ventaja de mejorar la "autoemparejabilidad" del producto y la resistencia por cuadrado. La capa de barrera preferentemente tiene un grosor de 20 nm como mucho o 18 nm como mucho, más preferentemente 16 nm como mucho, preferentemente está comprendida en el intervalo entre 1 y 18 nm o entre 2 y 18 nm, más preferentemente entre 3 y 16 nm.

La porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales de acuerdo con la invención comprende entonces una capa (ii)b de óxido de zinc o una capa cuya base es óxido de zinc que comprende otro metal con una relación ponderal de Zn/metal de al menos 80/20, preferentemente al menos 90/10. Éste otro metal podrá, por ejemplo, ser aluminio o estaño; siendo el aluminio el que se prefiere generalmente. Esta capa (ii)b tiene una composición diferente de la de la capa (ii)a: por lo tanto, podrá estar constituida por materiales diferentes o por los mismos materiales, pero entonces con una proporción diferente. La capa (ii)b tiene preferentemente un grosor de al menos 4 nm, más preferentemente al menos 5 nm. Su grosor es preferentemente de 30 nm como máximo o 20 nm como máximo, más preferentemente 10 nm como máximo. Los inventores han observado que colocar una capa (ii)b de esta naturaleza y con grosores comprendidos en estos intervalos entre la capa de barrera y el resto del recubrimiento dieléctrico era esencial para la estabilidad mecánica del acristalamiento antes del tratamiento térmico.

La porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales de acuerdo con la invención comprende entonces una capa (ii)c de un óxido mixto de zinc-estaño. Esta es preferentemente una capa de un óxido mixto de zinc-estaño en el cual la proporción de zinc-estaño es casi un 50-50% en peso (Zn_2SO_4), p. ej., 52-48% en peso. Esta capa (ii)c tiene una composición diferente de la de la capa (ii)b: por lo tanto, podrá estar constituida por

materiales diferentes o por los mismos materiales, pero entonces con una proporción diferente. La capa (ii)c tiene preferentemente un grosor de al menos 40 nm, más preferentemente al menos 50 nm. Su grosor es preferentemente 100 nm como máximo, más preferentemente 80 nm como máximo.

5 La porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales de acuerdo con la invención comprende entonces una capa de nucleación (ii)d de un óxido mixto de zinc-estaño directamente por debajo de la capa funcional de revestimiento y en contacto con esta. Esta capa, que favorece el crecimiento de la plata encima de ella y ayuda a mejorar la resistencia por cuadrado del producto, a veces se denomina como capa "de humectación". Esta capa con una base de óxido de zinc podrá estar constituida por óxido de zinc o posiblemente estar dopada con otros metales, p. ej., aluminio en una proporción generalmente de un 10% en peso como máximo, preferentemente de 10 10 aproximadamente un 2% en peso. Esta capa (ii)d tiene una composición diferente de la de la capa (ii)c: por lo tanto podrá estar constituida por materiales diferentes o por los mismos materiales, pero entonces con una proporción diferente. Preferentemente, tiene un grosor de 15 nm como máximo, preferentemente comprendido en el intervalo entre 1.5 y 10 nm, más preferentemente entre 3 y 10 nm.

15 La porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales de acuerdo con la invención tiene preferentemente un grosor de al menos 45 nm o al menos 50 nm, más preferentemente al menos 60 nm. Su grosor es preferentemente de 150 nm como máximo o 130 nm como máximo, más preferentemente 120 nm como máximo.

El último recubrimiento dieléctrico de acuerdo con la invención más alejado del sustrato comprende, en un orden que comienza en el sustrato: una capa hecha de un óxido que no es óxido de silicio con un grosor superior a 3 nm y una capa hecha de un nitruro de silicio o un óxido de silicio con un grosor superior a 10 nm.

20 La capa del último recubrimiento dieléctrico hecha de un óxido que no es óxido de silicio con un grosor superior a 3 nm es, preferentemente, una capa de óxido de al menos un elemento seleccionado entre Zn, Sn, Ti y Zr. Es preferentemente una capa de un óxido mixto de zinc-estaño, más preferentemente una capa de un óxido mixto de zinc-estaño, en la cual la proporción de zinc-estaño es casi un 50-50% en peso (Zn_2SnO_4). Tiene preferentemente un grosor de al menos 4 nm, más preferentemente al menos 5 nm o al menos 6 nm. Su grosor es de preferentemente 25 nm como mucho o 20 nm 25 como mucho, más preferentemente 18 nm como mucho o 15 nm como mucho.

Por encima de esta capa de óxido del último recubrimiento dieléctrico, pero no necesariamente en contacto directo con él, está la capa hecha de un nitruro de silicio o un óxido de silicio con un grosor superior a 10 nm. Tiene preferentemente un grosor de al menos 12 nm o al menos 14 nm, más preferentemente al menos 15 nm o al menos 16 nm. Su grosor es de preferentemente 40 nm como mucho o 35 nm como mucho, más preferentemente 30 nm como mucho o 25 nm como 30 mucho. Generalmente, se prefiere el nitruro de silicio al óxido de silicio, ya que podrá ser más fácil depositarlo industrialmente mediante la pulverización magnetronica y debido a que podrá proporcionar en el último dieléctrico una mejor estabilidad mecánica y una mejor resistencia al tratamiento térmico que un óxido de silicio. Esta capa de nitruro de silicio podrá ser la última capa del apilamiento de recubrimiento. Como alternativa, esta capa podría ser preferentemente una capa de óxido de aluminio o nitruro de aluminio, sin embargo, no se prefirió esta solución principalmente por razones 35 de la durabilidad del recubrimiento.

Convenientemente, el último recubrimiento dieléctrico podrá comprender una capa final protectora que forme la última capa de la capa superficial protectora. Esta preferentemente estará constituida por un óxido u óxido subestequiométrico de al menos un elemento seleccionado entre Ti y Zr, más preferentemente de un óxido mixto de titanio-circonio, p. ej., con una relación ponderal de Ti/Zr de casi 65/35. Una capa de este tipo podrá mejorar la estabilidad química y/o 40 mecánica del acristalamiento. Esta capa superior protectora tiene preferentemente un grosor de al menos 3 nm, más preferentemente 5 nm. Su grosor es de preferentemente 15 nm como mucho o 12 nm como mucho, más preferentemente 10 nm como mucho o 8 nm como mucho.

El último recubrimiento dieléctrico tiene preferentemente un grosor de al menos 10 nm o al menos 15 nm, más preferentemente al menos 20 nm o al menos 22 nm. Su grosor es de preferentemente 80 nm como mucho o 60 nm 45 como mucho, más preferentemente 50 nm como mucho o 48 nm como mucho.

Los recubrimientos dieléctricos y, por lo tanto, también aquel de la porción del apilamiento de recubrimiento ubicado entre dos capas funcionales, podrán además comprender una o más capas dieléctricas diferentes, debiendo respetarse los contactos directos entre las capas descritos anteriormente como esenciales: por ejemplo, una o más capas de material dieléctrico hechas de óxido, nitruro u oxinitrilo metálico, preferentemente ZnO , TiO_2 , SnO_2 , Si_3N_4 , ZrO_2 , óxido 50 mixto de zinc-estaño u óxido mixto de titanio-circonio. En el caso de un óxido mixto de zinc-estaño, este podrá tener una proporción de zinc-estaño de casi un 50-50% en peso o una proporción de zinc-estaño de casi un 90-10% en peso.

Convenientemente, el recubrimiento dieléctrico de una porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales podrá comprender un material dieléctrico con un índice de refracción superior a 2.2. Este tipo de material podrá ciertamente permitir que se incremente la selectividad del acristalamiento. Es preferentemente un óxido de al

menos un elemento seleccionado entre Ti, Nb y Zr, más preferentemente de un óxido mixto de titanio-circonio, p. ej., con una relación ponderal de Ti/Zr de casi 65/35.

- Las capas funcionales que reflejan la radiación infrarroja son preferentemente capas con una base de plata que podrán estar constituidas por plata o, posiblemente, estar dopadas con paladio u oro, por ejemplo, en una proporción de un 5% en peso como mucho, preferentemente de aproximadamente un 1% en peso. La incorporación de una pequeña cantidad de un agente dopante en la capa con una base de plata podrá mejorar la estabilidad química del apilamiento. Las capas funcionales tienen convenientemente un grosor de al menos 6 nm o al menos 8 nm, preferentemente al menos 9 nm. Su grosor es de preferentemente 22 nm como mucho o 20 nm como mucho, más preferentemente 18 nm. Estos intervalos de grosor podrán hacer posible que se logre la función antisolar y de baja emisividad deseada a la vez que se mantiene una buena transmisión de la luz. En un apilamiento de recubrimiento con dos capas funcionales podrá preferirse que el grosor de la segunda capa funcional, que está más alejada de sustrato, sea ligeramente superior que la de la primera para obtener una mejor selectividad. En el caso de un apilamiento de recubrimiento con dos capas funcionales, la primera capa funcional podrá tener un grosor, por ejemplo, comprendido entre 8 y 18 nm y la segunda capa funcional podrá tener un grosor comprendido entre 10 y 20 nm.
- En algunas realizaciones de la invención, el apilamiento también podrá comprender una capa de barrera superpuesta directamente sobre la última capa funcional más alejada del sustrato, es decir, por encima y en contacto directo con dicha última capa funcional. Esta preferentemente está constituida por un óxido de zinc, posiblemente dopado con aluminio o por un óxido de indio, posiblemente dopado con estaño. Más preferentemente, la capa de barrera es una capa de ZnO puro (designado iZnO) o una capa de zinc dopado con aluminio (designado AZO) en una proporción de un 10% en peso como mucho, preferentemente de aproximadamente un 2% en peso. Estos tipos de barrera tienen la ventaja de mejorar la "autoemparejabilidad" del producto y la resistencia por cuadrado. La capa de barrera preferentemente tiene un grosor de 20 nm como mucho o 18 nm como mucho, más preferentemente 16 nm como mucho, preferentemente está comprendida en el intervalo entre 1 y 18 nm o entre 2 y 18 nm, más preferentemente entre 3 y 16 nm.
- En algunas realizaciones de la invención, el apilamiento de capas finas comprende al menos, o está constituido por, en un orden que comienza en el sustrato:
- una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 20 y 40 nm,
 - una capa de óxido de zinc, posiblemente dopado, con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm,
 - una primera capa funcional con una base de plata con un grosor comprendido en el intervalo entre 9 y 17 nm,
 - una capa de barrera de óxido de zinc, posiblemente dopado con aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 95/5, con un grosor comprendido en el intervalo entre 2 y 16 nm,
 - una capa de óxido de zinc o una capa con una base de óxido de zinc que comprende aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 90/10 con una composición diferente a la de la capa (d), con un grosor comprendido en el intervalo entre 4 y 10 nm,
 - una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 40 y 100 nm,
 - una capa de óxido de zinc, posiblemente dopado, con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm,
 - una segunda capa funcional con una base de plata con un grosor comprendido en el intervalo entre 10 y 20 nm,
 - una capa de barrera de óxido de zinc, posiblemente dopado con aluminio, con un grosor comprendido en el intervalo entre 2 y 16 nm,
 - opcionalmente, una capa de óxido de zinc que comprende al menos 90% en peso de zinc, con un grosor comprendido en el intervalo entre 4 y 10 nm,
 - una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 20 nm,
 - una capa de nitruro de silicio con un grosor comprendido en el intervalo entre 10 y 35 nm, y
 - opcionalmente, una capa de óxido mixto de titanio-zirconio con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm.

Las unidades de acristalamiento de acuerdo con la invención se utilizan preferentemente en unidades de acristalamiento múltiples, p. ej., unidades de acristalamiento dobles o triples. Podrán tener las siguientes propiedades:

Apilamiento de recubrimiento con 2 capas funcionales	Acristalamiento sencillo (SG, por sus siglas en inglés)	Acristalamiento doble (DG, por sus siglas en inglés) tal como se ha definido anteriormente
LT antes o después del tratamiento térmico	-	$\geq 68\%$
LRc antes o después del tratamiento térmico	$\leq 15\%$	-
LRg antes o después del tratamiento térmico	$\leq 15\%$	-
ET antes o después del tratamiento térmico	$< 45\%$	-
ΔLT , ΔLRc , ΔLRg , ΔET , ΔERc , ΔERg antes/después del tratamiento térmico	$\leq 5, \leq 3, \leq 1$	-
R^2 antes o después del tratamiento térmico	entre 1.0 y 3.5 $\Omega/\square$	-
g antes o después del tratamiento térmico	-	$\leq 41\%$
Δg antes/después del tratamiento térmico	-	$\leq 5\%, \leq 3\%, \leq 1\%$
Selectividad		≥ 1.75
Color en la transmisión antes o después del tratamiento térmico	L*	entre 88 y 94
	a*	entre -6 y 4
	b*	entre -4 y +4
ΔE^* en la transmisión	$\leq 8, \leq 5, \leq 2$	$\leq 8, \leq 5, \leq 2$
Color en el lateral del cristal de reflexión en SG o lateral externo en DG antes o después del tratamiento térmico	L*	entre 25 y 40
	a*	entre -4 y +3
	b*	entre -16 y -0
ΔE^* en la reflexión (vidrio o ext.)	$\leq 8, \leq 5, \leq 2$	$\leq 8, \leq 5, \leq 2$
Emisividad	$< 0.038, < 0.025$	

Apilamiento de recubrimiento con 3 capas funcionales	Acristalamiento sencillo (SG, por sus siglas en inglés)	Acristalamiento doble (DG, por sus siglas en inglés) tal como se ha definido anteriormente
LT antes o después del tratamiento térmico		entre 50% y 65%
ΔE^* en la transmisión	$\leq 8, \leq 5$	$\leq 8, \leq 5$
ΔE^* en la reflexión (vidrio o ext.)	$\leq 8, \leq 5$	$\leq 8, \leq 5$
Selectividad		≥ 1.9

A continuación se describirán realizaciones particulares de la invención a modo de ejemplo haciendo referencia a los Ejemplos 1 y 2 y el ejemplo comparativo 1.

Todos los grosores de los ejemplos y el ejemplo comparativo se proporcionan en Angströms. Todas las capas se han depositado utilizando la pulverización catódica asistida por campo magnético al vacío. Cuando tuvo lugar el tratamiento térmico, éste se realizó en las siguientes condiciones, curado en un horno estático a 670 °C durante 9 min. 30 s.

Ejemplos 1-2

Los apilamientos de capas de acuerdo con la invención registrados en la Tabla I se depositaron sobre una lámina de vidrio y posteriormente se trataron térmicamente. Estas unidades de acristalamiento mostraron valores de resistencia por cuadrado que el tratamiento térmico ha modificado muy poco ($\Delta < 0.4$). Éstas unidades de acristalamiento han demostrado ser "autoemparejables" y "templables". El producto tratado térmicamente antes del tratamiento térmico presentó una buena estabilidad química y mecánica (AWRT 500 ciclos: deterioro en la capa en menos de un 10% de la zona probada).

Ejemplo comparativo 1

El apilamiento de capas que no está de acuerdo con la invención registrado en la Tabla II se depositó sobre una lámina de vidrio y a continuación se trató térmicamente. Los valores de resistencia por cuadrado antes ($R^2 = 1.93 \Omega/\square$; $\epsilon =$

0.023) y después ($R^2 = 3.50 \Omega/\square$; $\epsilon = 0.034$) del tratamiento térmico mostraron un valor sumamente degradado por este tratamiento: la resistencia se incrementó y proporcionó una emisividad mucho más elevada y, por lo tanto, menos favorable. Por lo tanto, esta unidad de acristalamiento no se puede considerar "autoemparejable". Además, se desarrolló una bruma densa perceptible a simple vista después del tratamiento térmico en este ejemplo comparativo. Finalmente, antes del tratamiento térmico este apilamiento de recubrimiento mostró un deterioro de la capa cuando se sometió a la prueba automática de resistencia al roce húmedo "AWRT" durante 500 ciclos en más de un 25% de la zona probada y, por lo tanto, exhibe una estabilidad mecánica que no es aceptable. Esta prueba se realizó con un cabezal de Teflón circular recubierto con un tejido de algodón (ADSOL ref. 40700004) que se mueve bajo una carga de 1050 g sobre la capa. El algodón se mantiene humedecido con agua desmineralizada durante toda la prueba. La frecuencia de oscilaciones es de 60-90 por minuto.

La comparación entre el Ejemplo Comparativo 1 y los ejemplos de acuerdo con la invención demuestra:

- la ventaja de la presencia de una capa de ZnO entre la barrera de AZO y el ZSO5 en la porción del apilamiento de recubrimiento ubicada entre dos capas funcionales, en particular para mejorar la estabilidad mecánica del acristalamiento (mejores resultados tras la prueba automática de resistencia al roce húmedo, AWRT) y
- la ventaja de tener una capa de nitruro de silicio por encima de una capa de óxido en el último recubrimiento dieléctrico, en particular para la autoemparejabilidad.

En las siguientes tablas:

- ZSO5 representa un óxido mixto de zinc-estaño en el cual la proporción de zinc-estaño es casi un 50-50% en peso ($\text{Zn}_2\text{Sn}_2\text{O}_4$)
- AZO representa un óxido de zinc dopado con aluminio en una proporción aproximada de un 2% en peso
- SiN representa un nitruro de silicio

Tabla I

vidrio	ZSO5	ZnO	Ag	AZO	ZnO	ZSO5	ZnO	Ag	AZO	ZnO	ZSO5	SiN
ej. 1	320	80	120	150	80	655	80	135	150	70	33	170
ej. 2	245	80	84	40	50	677	80	117	40	50	72	200

Tabla II

vidrio	ZSO5	ZnO	Ag	AZO	ZSO5	ZnO	Ag	AZO	ZnO	ZSO5
ej. comp. 1	239	80	80.7	40	677	80	117	40	50	275

REVINDICACIONES

1. Un acristalamiento que comprende un sustrato transparente provisto de un apilamiento de capas finas que comprende una disposición alternante de n capas funcionales que reflejan la radiación infrarroja y $n+1$ recubrimientos dieléctricos, donde $n > 1$, de modo que cada capa funcional está rodeada por recubrimientos dieléctricos, caracterizado por que:
- 5 (i) el primer recubrimiento dieléctrico más cercano al sustrato comprende una capa hecha de un óxido, en contacto directo con el sustrato,
- (ii) la porción o porciones del apilamiento de recubrimiento ubicadas entre dos capas funcionales comprenden, con un orden que comienza en el sustrato:
- 10 a. una capa de barrera, en contacto directo con una capa funcional subyacente, hecha de un óxido de zinc dopado posiblemente con aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 90/10,
- b. una capa de óxido de zinc o una capa que tiene como base óxido de zinc que comprende otro metal con una relación ponderal de Zn/metal de al menos 80/20 que tiene una composición diferente a la de la capa (ii)a,
- c. una capa de un óxido mixto de zinc-estaño con una composición diferente a la de la capa (ii)b,
- 15 d. una capa de nucleación que tiene como base óxido de zinc directamente por debajo de la capa funcional de revestimiento, y en contacto con esta, con una composición diferente a la de la capa (ii)c, y
- (iii) el último recubrimiento dieléctrico más alejado del sustrato comprende, en un orden que comienza en el sustrato, una capa hecha de un óxido que no es óxido de silicio con un grosor superior a 3 nm y una capa hecha de un nitrato de silicio o un óxido de silicio con un grosor superior a 10 nm.
- 20 2. Un acristalamiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la capa hecha de un óxido en contacto directo con el sustrato es una capa de un óxido mixto de zinc-estaño.
3. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el cual la capa hecha de un óxido en contacto directo con el sustrato tiene un grosor de al menos 20 nm.
4. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el primer recubrimiento dieléctrico comprende una capa de nucleación con una base de óxido de zinc directamente por debajo de la capa funcional y en contacto con esta.
- 25 5. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual cada capa de nucleación que tiene como base de óxido de zinc tiene un grosor de 15 nm como máximo, preferentemente en el intervalo entre 3 y 10 nm.
6. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el apilamiento comprende una capa de barrera hecha de un óxido de zinc dopado posiblemente con aluminio o un óxido de indio dopado posiblemente con estaño por encima de la última capa subyacente funcional y en contacto directo con esta.
7. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual cada capa de barrera, tiene un grosor de 20 nm como máximo, preferentemente en el intervalo entre 2 y 18 nm.
- 35 8. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de óxido de zinc o la capa con una base de óxido de zinc (ii)b tiene un grosor comprendido en el intervalo entre 4 y 30 nm.
9. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la capa de óxido mixto de zinc-estaño (ii)c tiene un grosor comprendido en el intervalo entre 40 y 100 nm.
10. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el último recubrimiento dieléctrico comprende además una capa final protectora que forma la última capa del apilamiento y está constituida por un óxido, posiblemente un óxido subestequiométrico, de al menos un elemento seleccionado entre Ti y Zr.
- 40 11. Un acristalamiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el cual la capa final protectora tiene un grosor de 15 nm como máximo, preferentemente en el intervalo entre 3 y 10 nm.
12. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el apilamiento de capas finas comprende al menos, o está constituido por, en un orden que comienza en el sustrato:
- 45 a) una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 20 y 40 nm,

- b) una capa de óxido de zinc, posiblemente dopado, con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm,
- c) una primera capa funcional con una base de plata con un grosor comprendido en el intervalo entre 9 y 17 nm,
- d) una capa de barrera de óxido de zinc, posiblemente dopado con aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 95/5, con un grosor comprendido en el intervalo entre 2 y 16 nm,
- 5 e) opcionalmente, una capa de óxido de zinc o una capa con una base de óxido de zinc que comprende aluminio con una relación ponderal de Zn/Al de al menos 90/10 con una composición diferente a la de la capa (d), con un grosor comprendido en el intervalo entre 4 y 20 nm,
- f) una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 40 y 100 nm,
- g) una capa de óxido de zinc, posiblemente dopado, con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm,
- 10 h) una segunda capa funcional con una base de plata con un grosor comprendido en el intervalo entre 10 y 20 nm,
- i) una capa de barrera de óxido de zinc, posiblemente dopado con aluminio, con un grosor comprendido en el intervalo entre 2 y 16 nm,
- 15 j) opcionalmente, una capa de óxido de zinc que comprende al menos 90% en peso de zinc con un grosor comprendido en el intervalo entre 4 y 20 nm,
- k) una capa de óxido mixto de zinc-estaño con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 20 nm,
- l) una capa de nitruro de silicio con un grosor comprendido en el intervalo entre 10 y 35 nm, y
- m) opcionalmente, una capa de óxido mixto de titanio-zirconio con un grosor comprendido en el intervalo entre 3 y 10 nm.
- 20 13. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el cual el apilamiento de capas finas comprende una capa de un material dieléctrico con un índice de refracción superior a 2.2 en al menos uno de los recubrimientos dieléctricos.
- 14. Un acristalamiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual el material dieléctrico con un índice de refracción superior a 2.2 es un óxido de al menos un elemento seleccionado entre Ti, Nb y Zr.
- 25 15. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que muestra una variación en el color en la transmisión y en la reflexión entre el acristalamiento que no ha sido tratado térmicamente y el acristalamiento tratado térmicamente definido por un ΔE^* en un acristalamiento sencillo de 8 como máximo, preferentemente 5 como máximo.
- 30 16. Un acristalamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes que muestra una variación en los valores de transmisión y reflexión de la energía y la luz entre el acristalamiento que no ha sido tratado térmicamente y el acristalamiento tratado térmicamente en un acristalamiento sencillo de 5 como máximo, preferentemente 3 como máximo.