

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 702**

51 Int. Cl.:

**C03C 17/34** (2006.01)

**C03C 17/36** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.04.2014 PCT/GB2014/051028**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167293**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2014 E 14716381 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.06.2020 EP 2984051**

54 Título: **Panel de vidrio revestido tratable térmicamente**

30 Prioridad:

**11.04.2013 GB 201306611**

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

**05.04.2021**

73 Titular/es:

**PILKINGTON GROUP LIMITED (100.0%)  
European Technical Centre, Hall Lane, Lathom,  
Nr. Ormskirk  
Lancashire L40 5UF, GB**

72 Inventor/es:

**RIDEALGH, JOHN ANDREW;  
BUCKETT, JOHN;  
OLDFIELD, JOHN WILLIAM y  
SHERIDAN, REBECCA**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

ES 2 816 702 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

Panel de vidrio revestido tratable térmicamente

5 La invención se refiere a paneles revestidos tratables térmicamente con un revestimiento de baja emisividad (low-e) y/o de control solar. La invención también se refiere a métodos de fabricación de dichos paneles.

10 Los paneles de vidrio tratados térmicamente que se endurecen para impartir propiedades de seguridad y/o se curvan son necesarias para un gran número de áreas de aplicación, por ejemplo, para acristalamientos arquitectónicos o de vehículos de motor. Se sabe que para endurecer térmicamente y/o doblar paneles de vidrio es necesario procesar los paneles de vidrio mediante un tratamiento térmico a temperaturas cercanas o superiores al punto de ablandamiento del vidrio utilizado y luego endurecerlos mediante enfriamiento rápido o doblarlos con la ayuda de medios de doblado. El rango de temperatura relevante para el vidrio flotante estándar del tipo de sílice de cal sodada es típicamente alrededor de 580 - 690 °C, los paneles de vidrio se mantienen en este rango de temperatura durante varios minutos antes de iniciar el proceso real de endurecimiento y/o doblado.

15 "Tratamiento térmico", "tratado térmicamente" y "tratable térmicamente" en la siguiente descripción y en las reivindicaciones se refieren a procesos de doblado y/o endurecimiento térmicos como los mencionados anteriormente y a otros procesos térmicos durante los cuales un panel de vidrio revestido alcanza temperaturas en el rango de aproximadamente 580 - 690 °C durante un período de varios minutos, por ejemplo, hasta aproximadamente 10 minutos. Se considera que un panel de vidrio revestido es tratable térmicamente si sobrevive a un tratamiento térmico sin daños significativos, siendo los daños típicos causados por los tratamientos térmicos valores altos de opacidad, poros o puntos.

20 Los inventores de la presente invención han descubierto que el parámetro "opacidad" al que se hace referencia habitualmente al caracterizar la tratabilidad térmica de los revestimientos de baja emisividad y/o control solar suele ser insuficiente, ya que no refleja completamente todos los tipos de defectos que pueden surgir durante el revestimiento, tratamiento térmico, procesamiento y/o manipulación de paneles de vidrio revestidos. Algunas de los paneles de vidrio revestidos tratables térmicamente conocidos muestran modificaciones significativas y claramente perceptibles de sus propiedades ópticas y particularmente de su color de reflexión durante un tratamiento térmico.

25 Es deseable poder fabricar una gama de productos revestidos con una variedad de valores de transmisión de luz y/o calor para satisfacer necesidades particulares. Un enfoque para abordar este objetivo es utilizar una plataforma o pila multicapas común para cada uno de los diferentes tipos de productos (por ejemplo, baja emisividad y control solar, y productos endurecibles y no endurecibles) y luego ajustar las propiedades ópticas de la pila al agregar diferentes espesores de una capa absorbente en cada una de las pilas.

30 En el contexto de la presente invención, cuando se dice que una capa es una "capa absorbente" esto significa que la capa tiene una absorción medible dentro del espectro de energía solar, que incluye, pero no se limita a la parte visible del espectro.

35 En el estado de la técnica se conocen determinadas capas absorbentes. Por ejemplo, el documento EP 0718250 A2 describe una pila de revestimiento con una capa metálica protectora (por ejemplo, Nb, Ta, Ti, Cr, Ni, NbTa, TaCr, o NiCr) ubicada directamente sobre una capa metálica funcional como la plata. El espesor de la capa metálica protectora se puede modificar para ajustar la transmisión de luz. El documento US 4816054 A describe el revestimiento de vidrio con capas funcionales de siliciuro de un metal simple (ver reivindicación 1) y menciona específicamente el uso de  $\text{FeSi}_2$ ,  $\text{NiSi}$  y  $\text{NiSi}_2$ . No se hace mención de otras capas de siliciuro de hierro o ubicaciones particulares de capas de siliciuro de metal en pilas multicapas (los ejemplos son todos revestimientos simples).

40 El documento US 2005196632 A1 describe capas protectoras de, por ejemplo, siliciuro de Zr. Se mencionan siliciuros de Fe y Ni pero no se dan ejemplos específicos (ver párrafo [0031]).

45 El documento WO2007080428 A1 describe paneles de vidrio de control solar que comprenden una capa absorbente de energía solar.

50 La presente invención proporciona paneles de vidrio revestidos multicapas que incluyen una capa absorbente que permite que las propiedades ópticas, como la energía solar y/o la transmisión de luz, de los paneles se ajusten con precisión de acuerdo con el espesor de la capa absorbente. La disposición de la presente invención permite una alta absorción de luz y/o energía solar incluso cuando se utilizan capas absorbentes relativamente delgadas. Las capas absorbentes más gruesas son indeseables desde el punto de vista de la fabricación debido a la necesidad de utilizar una mayor potencia con el objetivo del cátodo (esto es caro), utilizar varios objetivos del cátodo (esto es caro e inconveniente) y/o reducir la velocidad lineal (esto afecta negativamente los volúmenes de producción).

55 Los paneles de la presente invención presentan una baja opacidad y preferentemente colores transmitidos o reflejados relativamente neutros antes y después del tratamiento térmico (la prueba consistió en calentar una muestra de 4 mm de espesor a 650 °C durante 5 minutos). De hecho, las propiedades ópticas en general sufren cambios mínimos

durante el tratamiento térmico lo que es por supuesto ventajoso desde una perspectiva de fabricación.

En la siguiente discusión de la invención, a menos que se indique lo contrario, la descripción de valores alternativos para el límite superior o inferior del intervalo permitido de un parámetro, junto con una indicación de que uno de dichos valores se prefiere mucho más que el otro, debe interpretarse como una declaración implícita de que cada valor intermedio de dicho parámetro, que se encuentra entre la más preferida y la menos preferida de dichas alternativas, se prefiere a dicho valor menos preferido y también a cada valor que se encuentra entre dicho valor menos preferido y dicho valor intermedio.

En el contexto de la presente invención, donde se dice que una capa es "a base de" un material o materiales particulares, esto significa que la capa consiste predominantemente en dicho material o materiales correspondientes, lo que significa típicamente que comprende al menos aproximadamente 50 at. % de dicho material o materiales.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se proporciona un panel de vidrio revestido tratado térmicamente que comprende al menos las siguientes capas en secuencia:

un sustrato de vidrio;  
 una capa antirreflectante inferior;  
 una capa funcional a base de plata; y  
 una capa antirreflectante superior ubicada encima de la capa funcional a base de plata que comprende dicha capa antirreflectante superior:

al menos una capa absorbente; y  
 al menos una capa a base de un (oxi)nitrato de Si y/o un (oxi)nitrato de Al y/o sus aleaciones; y en donde

la al menos una capa absorbente se basa en uno o más de  $Fe_2Si_3$ ,  $FeSi_n$ , donde n es cualquier número entero o fracción mayor o igual a 1 pero menor que 2 o mayor que 2 pero hasta 9, y/o  $Fe_mSi$ , donde m es cualquier número entero o fracción de 1 a 9, y/o sus nitruros, y en donde la al menos una capa absorbente contacta con al menos una capa a base de un (oxi)nitrato de Si y/o un (oxi)nitrato de Al y/o sus aleaciones; y

en donde el espesor de la capa absorbente varía de 0,5 a 12 nm; y  
 En donde después del tratamiento térmico el panel de vidrio revestido comprende características de color neutro de acuerdo con las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  de CIE LAB tales que  $-15 \leq (a^* \text{ o } b^*) \leq 15$ .

Donde la al menos una capa absorbente se basa en  $FeSi_n$  y/o sus nitruros, preferentemente n es cualquier número entero o fracción de 1 a 5, con mayor preferencia de 1 a 4. Por ejemplo, la al menos una capa absorbente puede ser a base de  $Fe_2Si_3$ .

Donde la al menos una capa absorbente se basa en  $Fe_mSi$  y/o sus nitruros, preferentemente m es cualquier número entero o fracción de 2 a 5, con mayor preferencia de 2 a 4, tal como 3. Por ejemplo, la al menos una capa absorbente puede ser a base de  $Fe_3Si$ .

La al menos una capa absorbente puede comprender una capa a base de un siliciuro y/o un nitrato de siliciuro de un metal o una aleación de metal de los elementos con números atómicos 22 a 28.

La presente invención proporciona paneles de vidrio revestidos simples o multicapas que incluyen una capa absorbente de siliciuro de hierro que permite que las propiedades energéticas y/u ópticas, como la energía solar y/o la transmisión de luz, de los paneles se ajusten con precisión de acuerdo con el espesor de la capa absorbente. La disposición de la energía solar y/o la transmitancia de luz, de los paneles a ajustar con precisión de acuerdo con el espesor de la capa absorbente. La disposición de la presente invención permite una alta absorción de luz y/o energía solar incluso cuando se utilizan capas absorbentes relativamente delgadas. Los paneles de la presente invención también presentan una baja opacidad y preferentemente colores transmitidos o reflejados relativamente neutros antes y después del tratamiento térmico. De hecho, las propiedades ópticas en general sufren cambios mínimos durante el tratamiento térmico.

En la presente invención, donde la al menos una capa absorbente se basa en  $FeSi_n$  y/o sus nitruros, preferentemente n es cualquier número entero o fracción de 1 a 1,95 o mayor que 2,05 pero hasta 9, con mayor preferencia de 1 a 1,90 o mayor de 2,10 pero hasta 9, incluso con mayor preferencia de 1 a 1,8 o mayor de 2,2 pero hasta 9, incluso con mayor preferencia de 1 a 1,6 o mayor de 2,5 pero hasta 9. Preferentemente, n es como máximo 6, con mayor preferencia como máximo 5, incluso con mayor preferencia como máximo 4.

En la presente invención, donde la al menos una capa absorbente se basa en  $Fe_mSi$  y/o sus nitruros, preferentemente m es cualquier número entero o fracción de 2 a 5, con mayor preferencia de 2 a 4, tal como 3.

En la presente invención, preferentemente la al menos una capa absorbente se basa en uno o más de  $Fe_2Si_3$ ,  $FeSi_n$ , donde n es cualquier número entero o fracción mayor o igual a 1 pero menor que 2 o mayor que 2 pero hasta a 9 y/o  $Fe_mSi$ , donde m es cualquier número entero o fracción de 1 a 9. Los ensayos han demostrado que los paneles

revestidos con una capa fina de estos siliciuros de hierro presentan una absorción de energía solar y/o de luz comparables a los paneles que están revestidos con capas mucho más gruesas del correspondiente nitruro de silicio de hierro, o  $\text{NiSi}_2$  o  $\text{NiSiN}_x$ . Como se detalló anteriormente, las capas absorbentes más gruesas no son deseables desde el punto de vista de la fabricación debido a la necesidad de utilizar una mayor potencia con el objetivo del cátodo (esto es caro), utilizar varios objetivos del cátodo (esto es caro e inconveniente) y/o reducir la velocidad lineal (esto afecta negativamente a los volúmenes de producción).

En la presente invención, preferentemente la al menos una capa absorbente se basa en  $\text{Fe}_2\text{Si}_3$ .

En la presente invención, preferentemente la al menos una capa absorbente contacta con al menos una capa a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones. Con mayor preferencia la al menos una capa absorbente está incrustada en contacto y entre dos capas a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones. Esta disposición es beneficiosa en términos de presentar la menor opacidad y tener el potencial de lograr los colores más neutros transmitidos o reflejados antes y después del tratamiento térmico.

Las siguientes características opcionales son aplicables a todos los aspectos de la presente invención en cualquier combinación y en cualquier número:

Preferentemente la al menos una capa absorbente contacta con al menos una capa a base de un nitruro de Al. Con mayor preferencia la al menos una capa absorbente está incrustada en contacto y entre dos capas a base de un nitruro de Al.

Preferentemente el panel comprende además una capa funcional a base de plata.

Preferentemente el panel comprende además una capa antirreflectante inferior ubicada entre el sustrato de vidrio y la capa funcional a base de plata.

Preferentemente el panel comprende además una capa antirreflectante superior ubicada encima de la capa funcional a base de plata.

En algunas realizaciones el panel comprende más de una capa funcional a base de plata. Por ejemplo, el panel puede comprender dos, tres o más capas funcionales a base de plata. Cuando el panel comprende más de una capa funcional a base de plata, cada capa funcional a base de plata puede estar separada de una capa funcional a base de plata adyacente por una capa antirreflectante central. Al proporcionar más de una capa funcional a base de plata, las capas funcionales pueden espaciarse por intervención de capas dieléctricas (= capas antirreflectantes centrales) para formar un filtro de interferencia Fabry-Perot, por lo que las propiedades ópticas del revestimiento de baja emisividad y/o control solar pueden optimizarse además para la aplicación respectiva, como es bien conocido en la técnica.

La al menos una capa absorbente puede estar ubicada en la capa antirreflectante inferior, la capa antirreflectante superior y/o una capa antirreflectante central de un revestimiento que comprende dos o más capas funcionales a base de plata. Preferentemente la al menos una capa absorbente está ubicada en la capa antirreflectante superior y/o una capa antirreflectante central. Estas ubicaciones son ventajosas en términos de minimizar la opacidad y proporcionar los colores más neutros después de un tratamiento térmico. Con mayor preferencia la al menos una capa absorbente está ubicada en una capa antirreflectante central. Una capa antirreflectante central es la mejor ubicación en términos de baja opacidad y colores neutros después de un tratamiento térmico.

La al menos una capa absorbente puede tener preferentemente un espesor de al menos 0,5 nm, con mayor preferencia al menos 1 nm, incluso con mayor preferencia al menos 2 nm, con la máxima preferencia al menos 3 nm; pero preferentemente como máximo 12 nm, con mayor preferencia como máximo 10 nm, incluso con mayor preferencia como máximo 9 nm, con la máxima preferencia como máximo 8 nm. Como se detalló anteriormente, las capas absorbentes más delgadas son deseables por varias razones.

La(s) capa(s) a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones pueden cada una independientemente tener un espesor de al menos 3 nm, con mayor preferencia de al menos 5 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 6 nm, con la máxima preferencia de al menos 7 nm; pero preferentemente como máximo de 30 nm, con mayor preferencia como máximo de 25 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 21 nm, con la máxima preferencia como máximo de 19 nm.

La capa antirreflectante inferior de un revestimiento que comprende al menos una capa funcional a base de plata puede comprender al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:

una capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y/o un óxido de Ti; y/o un óxido de Zr;

una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn;

una capa de separación a base de un óxido metálico y/o un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y

una capa superior a base de un óxido de Zn.

Preferentemente la capa antirreflectante inferior comprende al menos, en secuencia desde el sustrato de vidrio,

- 5 o una capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y/o un óxido de Ti; y/o un óxido de Zr;
- o una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn; y
- o una capa superior a base de un óxido de Zn.

La capa antirreflectante inferior puede constar de las tres capas en secuencia como se indica anteriormente.

- 10 En algunas realizaciones la capa antirreflectante inferior comprende, en secuencia desde el sustrato de vidrio,
- o una capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y/o un óxido de Ti; y/o un óxido de Zr;
  - 15 o una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn;
  - o una capa de separación a base de un óxido metálico y/o un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y
  - o una capa superior a base de un óxido de Zn.

20 La capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y/o un óxido de Ti; y/o un óxido de Zr de la capa antirreflectante inferior puede tener un espesor de al menos 5 nm, preferentemente de 5 a 60 nm, con mayor preferencia de 10 a 50 nm, incluso con mayor preferencia de 20 a 45 nm, con la máxima preferencia de 30 a 40 nm. Esta capa base sirve como barrera de difusión lateral de vidrio entre otros usos.

25 El término "(oxi)nitruro de Si" abarca tanto el nitruro de Si ( $\text{SiN}_x$ ) como el oxinitruro de Si ( $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ) mientras que el término "(oxi)nitruro de Al" abarca tanto el nitruro de Al ( $\text{AlN}_x$ ) como el oxinitruro de Al ( $\text{AlO}_x\text{N}_y$ ). Las capas de nitruro de Si, oxinitruro de Si, nitruro de Al y oxinitruro de Al son preferentemente esencialmente estequiométricas (por ejemplo nitruro de Si =  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $x = 1,33$ ) pero también pueden ser subestequiométricas o incluso súper estequiométricas, siempre que la tratabilidad térmica del revestimiento no se vea afectado negativamente por ello.

30 Una composición preferida de la capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones de la capa antirreflectante inferior es un nitruro mixto esencialmente estequiométrico  $\text{Si}_{90}\text{Al}_{10}\text{N}_x$ .

Las capas de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones pueden pulverizarse reactivamente a partir de objetivos a base de Si- y/o Al- respectivamente en una atmósfera de pulverización que contiene nitrógeno y argón. Un contenido de oxígeno de la capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones puede resultar del oxígeno residual en la atmósfera de pulverización o de un contenido controlado de oxígeno añadido en dicha atmósfera. Generalmente se prefiere si el contenido de oxígeno del (oxi)nitruro de Si y/o (oxi)nitruro de Al es significativamente menor que su contenido de nitrógeno, es decir si la relación atómica O/N en la capa se mantiene significativamente por debajo de 1. Se prefiere más utilizar nitruro de Si y/o nitruro de Al con un contenido de oxígeno insignificante para la capa base de la capa antirreflectante inferior. Esta característica puede controlarse asegurándose de que el índice de refracción de la capa no difiera significativamente del índice de refracción de una capa de nitruro de Si y/o nitruro de Al sin oxígeno.

45 Está dentro del alcance de la invención usar objetivos mixtos de Si y/o Al o de lo contrario agregar metales o semiconductores al componente de Si y/o Al de esta capa, siempre que la barrera esencial y la propiedad de protección de la capa base de la capa antirreflejos inferior no se pierda. Es bien conocido y establecido mezclar objetivos de Al con Si, no se excluyen otros objetivos mixtos. Los componentes adicionales pueden estar presentes típicamente en cantidades de hasta aproximadamente el 10-15 % en peso. El Al está normalmente presente en los objetivos mixtos de Si en una cantidad de aproximadamente el 10 % en peso.

50 La al menos una capa absorbente puede estar incrustada en la capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones de la capa antirreflectante inferior.

55 La capa base de la capa antirreflectante inferior puede basarse en  $\text{TiO}_x$  y/o  $\text{ZrO}_x$  donde x es de 1,5 a 2,0.

La capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn de la capa antirreflectante inferior sirve para mejorar la estabilidad durante un tratamiento térmico al proporcionar una capa densa y térmicamente estable y al contribuir a la reducción de la opacidad después de un tratamiento térmico. La capa a base de un óxido metálico, tal como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn de la capa antirreflectante inferior puede tener un espesor de al menos 0,5 nm, preferentemente de 0,5 a 10 nm, con mayor preferencia de 0,5 a 9 nm, incluso con mayor preferencia de 1 a 8 nm, incluso con mayor preferencia de 1 a 7 nm, incluso con mayor preferencia de 2 a 6 nm, incluso con mayor preferencia de 3 a 6 nm, con la máxima preferencia de 3 a 5 nm. Se prefiere un límite de espesor superior de aproximadamente 8 nm debido a las condiciones de interferencia óptica y por una reducción de la tratabilidad térmica debido a la reducción resultante en el espesor de la capa base que sería necesaria para mantener las condiciones de límite de interferencia óptica para no reflejar la capa funcional.

65

La capa a base de un óxido metálico, tal como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn de la capa antirreflectante inferior se coloca preferentemente directamente sobre la capa base a base de un (oxi)nitrato de Si y/o un (oxi) nitrato de Al y/o sus aleaciones.

5 La capa a base de un óxido de Zn y Sn (abreviatura: ZnSnO<sub>x</sub>) de la capa antirreflectante inferior preferentemente comprende aproximadamente 10 – 90 % en peso de Zn y 90 – 10 % en peso de Sn, con mayor preferencia aproximadamente 40 – 60 % en peso de Zn y aproximadamente 40 – 60 % en peso de Sn, preferentemente aproximadamente 50 % en peso de cada uno de Zn y Sn, en % en peso de su contenido total de metal. En algunas realizaciones preferidas, la capa a base de un óxido de Zn y Sn de la capa antirreflectante inferior puede comprender como máximo 18 % en peso de Sn, con mayor preferencia como máximo 15 % en peso de Sn, incluso con mayor preferencia como máximo 10 % en peso Sn. La capa a base de un óxido de Zn y Sn puede depositarse mediante pulverización reactiva de un objetivo mixto de ZnSn en presencia de O<sub>2</sub>.

15 La capa de separación a base de un óxido metálico y/o un (oxi)nitrato de silicio y/o un (oxi)nitrato de aluminio y/o sus aleaciones puede tener un espesor de al menos 0,5 nm, preferentemente de 0,5 a 6 nm, con mayor preferencia de 0,5 a 5 nm, incluso con mayor preferencia de 0,5 a 4 nm, con la máxima preferencia de 0,5 a 3 nm. Estos espesores preferidos permiten además una mejora adicional en la opacidad tras el tratamiento térmico. La capa de separación proporciona protección durante el proceso de deposición y durante un tratamiento térmico posterior. La capa de separación se oxida esencialmente por completo inmediatamente después de su deposición, o se oxida a una capa esencialmente oxidada por completo durante la deposición de una capa de óxido posterior.

Cuando la capa de separación se basa en un (oxi)nitrato de silicio y/o un (oxi)nitrato de aluminio y/o sus aleaciones, la al menos una capa absorbente puede estar incrustada en la capa de separación.

25 La capa de separación se puede depositar usando pulverización no reactiva de un objetivo cerámico a base de por ejemplo un óxido de titanio ligeramente subestequiométrico, por ejemplo, un objetivo TiO<sub>1,98</sub>, como un óxido esencialmente estequiométrico o ligeramente subestequiométrico, mediante pulverización reactiva de un objetivo a base de Ti en presencia de O<sub>2</sub>, o al depositar una fina capa a base de Ti que luego se oxida. En el contexto de la presente invención, un "óxido esencialmente estequiométrico" significa un óxido que es al menos 95 % pero como máximo 105 % estequiométrico, mientras que un "óxido ligeramente subestequiométrico" significa un óxido que es al menos 95 % pero menos de 100 % estequiométrico.

35 Cuando la capa de separación se basa en un óxido metálico dicha capa de separación puede comprender una capa a base de un óxido de Ti, NiCr, InSn, Zr, Al y/o Si.

Además del óxido metálico y/o (oxi)nitrato de silicio y/o (oxi)nitrato de aluminio y/o sus aleaciones en los que se basa, la capa de separación puede incluir además uno o más de otros elementos químicos seleccionados entre al menos uno de los siguientes elementos Ti, V, Mn, Co, Cu, Zn, Zr, Hf, Al, Nb, Ni, Cr, Mo, Ta, Si o de una aleación a base de al menos uno de estos materiales, utilizado por ejemplo como dopantes o agentes de aleación.

40 La capa superior a base de un óxido de Zn funciona principalmente como una capa promotora del crecimiento para una capa funcional a base de plata depositada posteriormente. La capa superior a base de un óxido de Zn se mezcla opcionalmente con metales tales como Al o Sn en una cantidad de hasta aproximadamente el 10 % en peso (% en peso se refiere al contenido de metal objetivo). Un contenido típico de dichos metales, tales como Al o Sn es de aproximadamente 2 % en peso, se prefiere realmente Al. El ZnO y los óxidos mixtos de Zn han demostrado ser muy eficaces como capa promotora del crecimiento que ayuda a lograr una baja resistencia de la hoja a un espesor dado de la capa funcional a base de plata depositada posteriormente. Se prefiere si la capa superior de la capa antirreflectante inferior se pulveriza de forma reactiva a partir de un objetivo de Zn en presencia de O<sub>2</sub> o si se deposita mediante pulverización de un objetivo cerámico, por ejemplo, a base de ZnO:Al, en una atmósfera que no contiene o solo contiene una cantidad baja, generalmente no más de aproximadamente 5 % en volumen, de oxígeno. La capa superior a base de un óxido de Zn puede tener un espesor de al menos 2 nm, preferentemente de 2 a 15 nm, con mayor preferencia de 4 a 12 nm, incluso con mayor preferencia de 5 a 10 nm, incluso con mayor preferencia de 5 a 9 nm.

55 La(s) capa(s) funcional(es) a base de plata puede(n) consistir esencialmente en plata sin ningún aditivo, como es normalmente el caso en el área de revestimientos de baja emisividad y/o control solar. Sin embargo, está dentro del alcance de la invención modificar las propiedades de la(s) capa(s) funcional(es) a base de plata al añadir agentes dopantes, aditivos de aleación o similares o incluso al añadir capas muy delgadas de metal o compuestos metálicos, siempre que las propiedades de la(s) capa(s) funcional(es) a base de plata necesarias para su función como capa(s) reflectante(s) de infrarrojos altamente transmisoras de luz y poco absorbentes de luz no se vean sustancialmente afectadas por ello.

65 El espesor de una capa funcional a base de plata se domina por su propósito técnico. Para fines típicos de baja emisividad y/o control solar el espesor de capa preferido para una capa simple a base de plata es de 5 a 20 nm, con mayor preferencia de 5 a 15 nm, incluso con mayor preferencia de 5 a 12 nm, incluso con mayor preferencia de 7 a 11 nm, con la máxima preferencia de 8 a 10 nm. Con tal espesor de capa se pueden lograr fácilmente valores de

transmitancia de luz por encima del 86 % y una emisividad normal por debajo de 0,05 después de un tratamiento térmico para revestimientos de plata simples. Si se buscan mejores propiedades de control solar, el espesor de la capa funcional a base de plata se puede aumentar adecuadamente o se pueden proporcionar varias capas funcionales espaciadas.

5 Cuando el panel comprende dos capas funcionales a base de plata, la capa funcional a base de plata ubicada más lejos del sustrato de vidrio puede tener preferentemente un espesor de 5 a 25 nm, con mayor preferencia de 10 a 21 nm, incluso con mayor preferencia de 13 a 19 nm, incluso con mayor preferencia de 14 a 18 nm, con la máxima preferencia de 15 a 17 nm.

10 Cuando el panel comprende tres capas funcionales a base de plata las dos capas funcionales a base de plata ubicadas más alejadas del sustrato de vidrio pueden tener cada una de forma independiente preferentemente un espesor de 5 a 25 nm, con mayor preferencia de 10 a 21 nm, incluso con mayor preferencia de 13 a 19 nm, incluso con mayor preferencia de 14 a 18 nm, con la máxima preferencia de 15 a 17 nm.

15 Preferentemente la capa superior a base de un óxido de Zn en la capa antirreflectante inferior está en contacto directo con la capa funcional a base de plata.

20 La(s) capa(s) antirreflectante(s) central(es) puede(n) comprender al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:

25 una capa a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti;  
 una capa a base de un óxido de NiCr;  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn; y  
 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr.

En algunas realizaciones preferidas, cada capa funcional a base de plata está separada de una capa funcional a base de plata adyacente por una capa antirreflectante central,

30 en donde cada capa antirreflectante central comprende al menos,  
 en secuencia desde la capa funcional a base de plata que se encuentra más cercana al sustrato de vidrio fuera de las capas funcionales a base de plata entre las que se encuentra la capa antirreflectante central,  
 una capa de barrera a base de un óxido de Zn;  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn;  
 35 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti, y/o Zr,  
 y  
 una capa superior a base de un óxido de Zn.

40 En algunas otras realizaciones preferidas cada capa funcional a base de plata está separada de una capa funcional a base de plata adyacente por una capa antirreflectante central,

45 en donde cada capa antirreflectante central comprende al menos,  
 en secuencia desde la capa funcional a base de plata que se encuentra más cercana al sustrato de vidrio fuera de las capas funcionales a base de plata entre las que se encuentra la capa antirreflectante central,  
 una capa de barrera a base de un óxido de NiCr;  
 una capa de barrera a base de un óxido de Zn;  
 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti, y/o Zr,  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn; y una capa superior a base de un óxido de Zn.

50 La al menos una capa absorbente se puede incrustar en la capa a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones de una capa antirreflectante central.

55 La capa a base de un óxido de NiCr puede tener preferentemente un espesor de al menos 0,3 nm, con mayor preferencia de al menos 0,4 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 0,5 nm, con la máxima preferencia de al menos 0,6 nm; pero preferentemente como máximo de 5 nm, con mayor preferencia con mayor preferencia como máximo de 2 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 1 nm, con la máxima preferencia como máximo de 0,9 nm. Estos espesores preferidos permiten una mayor facilidad de deposición y una mejora en las características ópticas tales como la opacidad al tiempo que conservan la durabilidad mecánica.

60 La(s) capa(s) a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti de la capa antirreflectante central puede independientemente tener preferentemente un espesor de al menos 1 nm, con mayor preferencia de al menos 2 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 3 nm, con la máxima preferencia de al menos 3,5 nm; pero preferentemente como máximo de 10 nm, con mayor preferencia como máximo de 7 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 5 nm, con la máxima preferencia como máximo de 4 nm. Estos espesores preferidos permiten una mayor facilidad de deposición y una mejora en las características ópticas tales como la opacidad al tiempo que conservan la durabilidad mecánica.

5 La capa a base de un óxido metálico, tal como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn de la capa antirreflectante central puede tener preferentemente un espesor de al menos 5 nm, con mayor preferencia de al menos 10 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 13 nm, con la máxima preferencia de al menos 14 nm; pero preferentemente como máximo de 40 nm, con mayor preferencia como máximo de 30 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 25 nm, con la máxima preferencia como máximo de 21 nm.

10 La capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti, y/o Zr de la capa antirreflectante central puede tener preferentemente un espesor de al menos 5 nm, con mayor preferencia de al menos 15 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 25 nm, con la máxima preferencia de al menos 30 nm; pero preferentemente como máximo de 60 nm, con mayor preferencia como máximo de 50 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 45 nm, con la máxima preferencia como máximo de 40 nm.

15 La capa antirreflectante superior puede comprender al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:  
 una capa a base de un óxido de NiCr;  
 una capa a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti;  
 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr;  
 y  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn.

20 En algunas realizaciones preferidas, la capa antirreflectante superior comprende al menos, en secuencia desde la capa funcional a base de plata que se encuentra más alejada del sustrato de vidrio,  
 una capa de barrera a base de un óxido de Zn;  
 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr;  
 y  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn.

30 En algunas otras realizaciones preferidas, la capa antirreflectante superior comprende al menos, en secuencia desde la capa funcional a base de plata que se encuentra más alejada del sustrato de vidrio,  
 una capa de barrera a base de un óxido de NiCr;  
 una capa de barrera a base de un óxido de Zn;  
 una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti, y/o Zr,  
 y  
 una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn.

35 La al menos una capa absorbente se puede incrustar en la capa a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones de la capa antirreflectante superior.

40 La capa de barrera a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti de la capa antirreflectante superior puede tener preferentemente un espesor de al menos 1 nm, con mayor preferencia de al menos 2 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 3 nm, con la máxima preferencia de al menos 3,5 nm; pero preferentemente como máximo de 10 nm, con mayor preferencia como máximo de 7 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 5 nm, con la máxima preferencia como máximo de 4 nm. Estos espesores preferidos permiten una mayor facilidad de deposición y una mejora en las características ópticas tales como la opacidad al tiempo que conservan la durabilidad mecánica.

45 Se ha descubierto que se puede lograr una protección superior de la(s) capa(s) funcional(es) a base de plata durante el proceso de deposición y una alta estabilidad óptica durante un tratamiento térmico si la capa de barrera comprende una capa de un óxido metálico mixto pulverizado de una mezcla objetivo de óxido metálico. Cuando la capa de barrera se basa en un óxido de Zn, dicho óxido puede ser un óxido metálico mixto tal como ZnO:Al. Se obtienen buenos resultados en particular si una capa a base de ZnO:Al se pulveriza desde un objetivo conductor de ZnO:Al. El ZnO:Al puede depositarse completamente oxidado o de manera que sea ligeramente suboxídico. Preferentemente la capa de barrera de ZnO:Al es esencialmente estequiométrica. El uso de capas de barrera esencialmente estequiométricas de ZnO:Al en lugar de capas de barrera metálicas o capas de barrera de menos del 95 % estequiométrico de ZnO:Al conduce a una estabilidad óptica extremadamente alta del revestimiento durante un tratamiento térmico y ayuda eficazmente a mantener pequeñas las modificaciones ópticas durante un tratamiento térmico. Además el uso de capas de barrera a base de óxidos metálicos esencialmente estequiométricos proporciona beneficios en términos de robustez mecánica.

60 Cuando la capa de barrera se basa en un óxido de NiCr se deposita preferentemente como un óxido subestoequiométrico. Esto permite que la capa actúe como captador/absorbente de oxígeno durante un tratamiento térmico.

65 Al menos una parte de una capa de barrera que está en contacto directo con una capa funcional a base de plata se deposita preferentemente usando pulverización no reactiva de un objetivo oxidico para evitar daños por plata.

Preferentemente las capas de barrera se depositan mediante pulverización no reactiva. Preferentemente las capas de

barrera se pulverizan a partir de objetivos cerámicos. En el contexto de la presente invención el término "pulverización no reactiva" incluye pulverizar un objetivo oxidico en una atmósfera baja en oxígeno (sin oxígeno o hasta un 5 % en volumen) para proporcionar un óxido esencialmente estequiométrico.

5 Donde una capa de barrera se basa en  $TiO_x$ , x puede ser de 1,5 a 2,0.

10 La capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr de la capa antirreflectante superior puede tener preferentemente un espesor de al menos 2 nm, con mayor preferencia de al menos 5 nm, incluso con mayor preferencia de al menos 10 nm, con la máxima preferencia de al menos 15 nm; pero preferentemente como máximo de 40 nm, con mayor preferencia como máximo de 35 nm, incluso con mayor preferencia como máximo de 30 nm, con la máxima preferencia como máximo de 25 nm. Tales espesores proporcionan una mejora adicional en términos de robustez mecánica del panel revestido. Dicha capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr puede estar preferentemente en contacto directo con la capa de barrera.

15 La capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr, que en algunos casos puede formar una parte importante de la capa antirreflectante superior, proporciona estabilidad (mejor protección durante los tratamientos térmicos) y propiedades de barrera de difusión. Dicha capa se deposita preferentemente como una capa de nitruro de Al y/o nitruro de Si por pulverización reactiva de un objetivo de Si, Al o mixto SiAl, por ejemplo, de una de  $Si_{90}Al_{10}$  objetivo en una atmósfera que contiene  $N_2$ . La composición de la capa a base de un (oxi)nitruro de Al y/o un (oxi)nitruro de Si puede ser esencialmente estequiométrica  $Si_{90}Al_{10}N_x$ .

20 La capa a base de un óxido metálico, tal como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn de la capa antirreflectante superior puede tener preferentemente un espesor de al menos 1 nm, con mayor preferencia al menos 5 nm, incluso con mayor preferencia al menos 7 nm, con la máxima preferencia al menos 9 nm; pero preferentemente como máximo 20 nm, con mayor preferencia como máximo 15 nm, incluso con mayor preferencia como máximo 13 nm, con la máxima preferencia como máximo 11 nm. Tales espesores proporcionan una mejora adicional en términos de robustez mecánica del panel revestido. Cuando dicha capa es un óxido de Zn y Sn preferentemente comprende aproximadamente 10 – 90 % en peso de Zn y 90 – 10 % en peso de Sn, con mayor preferencia aproximadamente 40 – 60 % en peso de Zn y aproximadamente 40 – 60 % en peso de Sn, preferentemente aproximadamente 50 % en peso de cada uno de Zn y Sn, en % en peso de su contenido total de metal. En algunas realizaciones preferidas dicha capa a base de un óxido de Zn y Sn de la capa antirreflectante superior puede comprender como máximo 18 % en peso de Sn, con mayor preferencia como máximo 15 % en peso de Sn, incluso con mayor preferencia como máximo 10 % en peso Sn. Dicha capa puede depositarse mediante pulverización reactiva de un objetivo mixto de ZnSn en presencia de  $O_2$  y contribuye a las propiedades antirreflectantes de la capa antirreflectante superior.

25 La capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr de la capa antirreflectante superior puede estar en contacto directo con la capa a base de un óxido metálico de la capa antirreflectante superior como se define en el presente documento sin que intervenga ninguna capa dieléctrica adicional.

30 Preferentemente la capa a base de un óxido metálico de la capa antirreflectante superior comprende una capa a base de un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn.

35 La capa antirreflectante superior puede tener un espesor total de 20 a 60 nm, preferentemente de 25 a 50 nm, con mayor preferencia de 30 a 50 nm, incluso con mayor preferencia de 35 a 45 nm.

40 Se puede depositar una capa protectora como capa superior (capa más externa) de la capa antirreflectante superior para aumentar la robustez mecánica y/o química, por ejemplo, resistencia al rayado. Dicha capa protectora puede comprender una capa a base de un óxido de Al, Si, Ti, y/o Zr.

45 Para reducir el aumento de la transmitancia de la luz durante un tratamiento térmico todas las capas individuales de las capas antirreflectantes superior, central e inferior se depositan preferentemente con una composición esencialmente estequiométrica.

50 Para optimizar además las propiedades ópticas del panel revestido las capas antirreflectantes superior y/o inferior pueden comprender capas parciales adicionales que consisten en materiales adecuados generalmente conocidos para capas dieléctricas de revestimientos de baja emisividad y/o control solar, en particular elegidos entre uno o más óxidos de Sn, Ti, Zn, Nb, Ce, Hf, Ta, Zr, Al y/o Si y/o de (oxi)nitruros de Si y/o Al o combinaciones de los mismos. Cuando se añaden tales capas parciales posteriores debe verificarse que la tratabilidad térmica que se pretende en este documento no se ve afectada por ello.

55 Se apreciará que cualquier capa parcial posterior puede contener aditivos que modifiquen sus propiedades y/o faciliten su fabricación, por ejemplo, agentes dopantes o productos de reacción de gases reactivos de pulverización. En el caso de las capas a base de óxido se puede añadir nitrógeno a la atmósfera de pulverización lo que da lugar a la formación de oxinitruros en lugar de óxidos, en el caso de las capas a base de nitruro se puede añadir oxígeno a la atmósfera

de pulverización, lo que también conduce a la formación de oxinitruros en lugar de nitruros.

Se debe tener cuidado al realizar una selección adecuada de material, estructura y espesor cuando se agrega cualquier capa parcial adicional a la secuencia de capas básicas del panel de la invención para que las propiedades principalmente destinadas, por ejemplo, una alta estabilidad térmica, no se vean significativamente perjudicadas por ello.

La invención no se limita a un proceso de producción específico para el revestimiento. Sin embargo, se prefiere particularmente si al menos una de las capas y con la máxima preferencia todas las capas se aplican mediante pulverización de magnetrón, ya sea en el modo DC, en el modo pulsado, en el modo de frecuencia media o en cualquier otro modo adecuado, en el que el metal o los objetivos semiconductores se pulverizan de forma reactiva o no reactiva en una atmósfera de pulverización adecuada. En dependencia de los materiales que se van a pulverizar, se pueden usar objetivos planos o tubulares giratorios.

El proceso de revestimiento se lleva a cabo preferentemente al establecer condiciones de revestimiento adecuadas de manera que cualquier déficit de oxígeno (o nitrógeno) de cualquier capa de óxido (o nitruro) de las capas antirreflectantes del revestimiento se mantenga bajo para lograr una alta estabilidad transmitancia de luz y color de los paneles de vidrio revestidos durante un tratamiento térmico.

Los valores de transmitancia de luz que se refieren en la especificación se especifican generalmente con referencia a un panel de vidrio revestido que comprende un panel de vidrio flotante estándar a hoja de vidrio flotado estándar de 4 mm de espesor que tiene una transmitancia de luz  $T_L$  del 89 % sin revestimiento.

La estabilidad térmica de los paneles de vidrio revestidos de acuerdo con la invención se refleja en el hecho de que los paneles de vidrio revestidos tratados térmicamente no presentan niveles inaceptables de opacidad. Los grandes aumentos en el valor de la opacidad si se detectan durante un tratamiento térmico indicarán que el revestimiento está comenzando a dañarse.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona un acristalamiento múltiple que incorpora un panel de vidrio revestido de acuerdo con la presente invención. Por ejemplo, el acristalamiento múltiple puede ser vidrio laminado o vidrio aislante.

Se apreciará que las características opcionales aplicables a un aspecto de la invención se pueden usar en cualquier combinación, y en cualquier número. Además, también se pueden usar con cualquiera de los otros aspectos de la invención en cualquier combinación y en cualquier número.

La invención se describirá ahora con más detalle mediante las siguientes realizaciones específicas, que se dan a modo de ilustración y no de limitación (los ejemplos 11-18 no están de acuerdo con la presente invención, sin embargo son buenos para entender la misma): Para todos los ejemplos, los revestimientos se depositaron sobre paneles de vidrio flotante estándar de 4 mm de espesor (10 cm x 10 cm) con una transmitancia de luz de aproximadamente 89 % mediante el uso de dispositivos de pulverización de magnetrón CA y/o CC, aplicándose pulverización de frecuencia media cuando fuera apropiado. Antes del revestimiento, el vidrio se lavó dos veces en una lavadora Benteler (RTM).

Todas las capas dieléctricas de un óxido de Zn y Sn ( $ZnSnO_x$ , relación en peso Zn:Sn  $\approx$  50:50) se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos de zinc-estaño en una atmósfera de pulverización de  $Ar/O_2$ .

Las capas superiores que promueven el crecimiento del  $ZnO:Al$  de las capas antirreflectantes inferiores se pulverizaron a partir de los objetivos de Zn-Al dopados (contenido de Al de aproximadamente 2 % en peso) en una atmósfera de pulverización de  $Ar/O_2$ .

Las capas funcionales que en todos los ejemplos consistían en plata esencialmente pura (Ag) se pulverizaron a partir de objetivos de plata en una atmósfera de pulverización de Ar sin ningún oxígeno añadido y a una presión parcial de oxígeno residual por debajo de  $10^{-5}$  mbar.

Las capas de barrera de óxido de zinc dopado con Al ( $ZnO:Al$ , ZAO) se pulverizaron a partir de objetivos conductores de  $ZnO_x:Al$  en una atmósfera de pulverización de Ar puro sin oxígeno añadido.

Las capas de nitruro mixto de silicio y aluminio ( $Si_{90}Al_{10}N_x$ ) se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos mixtos de  $Si_{90}Al_{10}$  en una atmósfera de pulverización de  $Ar/N_2$  que contenía solo oxígeno residual. Las capas de nitruro de Al se pulverizaron de forma reactiva a partir de objetivos de Al en una atmósfera de pulverización de  $Ar/N_2$  que solo contenía oxígeno residual.

Las capas de  $Fe_2Si_3$  se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos de Fe y Si en una atmósfera de pulverización de Ar puro sin oxígeno añadido.

Las capas de  $Fe_2Si_3N_x$  se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos de Fe y Si en una atmósfera de pulverización

de Ar/N<sub>2</sub> que solo contenía oxígeno residual.

Las capas de NiSi<sub>2</sub> se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos de Ni y Si en una atmósfera de pulverización de Ar puro sin oxígeno añadido.

5

Las capas de NiSi<sub>2</sub>N<sub>x</sub> se pulverizaron reactivamente a partir de objetivos de Ni y Si en una atmósfera de pulverización de Ar/N<sub>2</sub> que solo contenía oxígeno residual.

Tabla 1: Puntuación de opacidad, transmitancia de luz y propiedades de reflexión para varios paneles de vidrio revestidos comparativos y paneles de vidrio revestidos de acuerdo con la presente invención. Donde: AD = depositado, HT = después del tratamiento térmico, Color T = color en transmisión, Color Rc = color en reflejo cuando se ve desde el lado revestido del panel, Color Rg = color en reflejo cuando se ve desde el lado no revestido (vidrio) del panel y %T<sub>L</sub> = porcentaje de transmitancia de luz. La metodología utilizada para recopilar los datos en la Tabla 1 se detalla a continuación. En la Tabla 1, para cada ejemplo las capas se depositaron sobre un panel de vidrio en secuencia que comienza con la primera capa mostrada.

Pila (primera capa depositada sobre vidrio)	Color T (HT)		Color Rc (HT)			Color Rg (AD)			Color Rg (HT)			% T <sub>L</sub>		Opacidad
	a*	b*	Y	a*	b*	a*	b*	Y	a*	b*	AD	HT		
<b>Ejemplo 1 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 16,1 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 4,5 nm / ZAO 5 nm / Ag 9 nm / ZAO 3 nm / AlN <sub>x</sub> 21,6 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10,1 nm	-2,38	2,17	4,82	3,1	-13,95	1,39	-13,50	5,51	2,70	-13,88	86,48	88,18	0	
<b>Ejemplo 2 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub>	-4,75	1,23	6,1	10,15	0,65	6,51	-4,66	6,20	7,39	-4,59	79,73	82,44	0/1	
<b>Ejemplo 3</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> 5 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-6,12	1,3	16,7	9,65	0,51	-3,56	-4,25	9,5	-4,48	-4,43	40,07	43,27	1/2	
<b>Ejemplo 4</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> 3,5 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-5,87	1,51	12,62	10,24	-1,63	-3,41	-5,52	7,40	-3,41	-7,20	48,58	52,32	1/2	
<b>Ejemplo 5</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> 3,5 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-5,01	-1,22	5,68	14,79	2,76	-2,51	-11,73	8,74	-2,08	-8,11	52,31	60,96	2	
<b>Ejemplo 6</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> N <sub>x</sub> 14,5 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,7	4,16	21,96	4,85	-3,07	0,81	1,15	14,63	0,14	-1,4	53,9	55,63	2	

(continuación)

Pila (primera capa depositada sobre vidrio)	Color T (HT)		Color Rc (HT)		Color Rg (AD)		Color Rg (HT)		% T <sub>L</sub>		Opacidad		
	a*	b*	Y	a*	b*	a*	b*	Y	a*	b*		AD	HT
<b>Ejemplo 7</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 10,5 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> 3,5 nm / AlN <sub>x</sub> 10,5 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-6,1	5,69	2,81	-4,71	-0,71	8,66	-15,72	10,63	10,14	-15,70	49,91	56,25	1/2
<b>Ejemplo 8</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 10,5 nm / Fe <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub> 14,5 nm / AlN <sub>x</sub> 10,5 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-3,75	12,75	5,95	8,41	-30,37	0,1	-29,53	15,37	2,59	-30,5	58,69	62,79	2
<b>Ejemplo 9 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / NiSi <sub>2</sub> 4 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-3,64	1,09	9,01	-7,79	-4,9	-5,8	1,3	13,49	-9,35	-1,73	58,53	69,56	4
<b>Ejemplo 10 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,12	-3,22	19,67	-0,36	10,4	1,81	-8,75	6,73	-1,33	-6,29	51,78	54,69	2/3
<b>Ejemplo 11</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,0 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,29	-4,06	17,83	3,09	10,24	-3,75	2,32	6,43	-6,66	2,85	48,54	51,51	2
<b>Ejemplo 12</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 3,7 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,25	-3,32	16,63	4,59	4,97	-1,87	-0,54	7,5	-4,44	0,48	52,51	55,83	2

(continuación)

Pila (primera capa depositada sobre vidrio)	Color T (HT)		Color Rc (HT)			Color Rg (AD)			Color Rg (HT)			% T <sub>L</sub>		Opacidad
	a*	b*	Y	a*	b*	a*	b*	Y	a*	b*	AD	HT		
<b>Ejemplo 13</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 27,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,0 nm / AlN <sub>x</sub> 7,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,2	-2,56	17,18	1,79	7,37	-0,13	-2,77	6,15	-2,56	-1,06	52,84	55,93	1/2	
<b>Ejemplo 14</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 7,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,0 nm / AlN <sub>x</sub> 27,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-5,04	-1,71	15,08	6,42	10,04	-4,27	0,85	8,95	-7	1,14	47,06	50,64	1	
<b>Ejemplo 15</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 20 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,0 nm / AlN <sub>x</sub> 15 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,53	-2,41	17,36	4,56	3,1	-1,43	0,01	7,09	-3,49	0,38	48,57	54,42	2	
<b>Ejemplo 16</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 25 nm / NiSi <sub>2</sub> 4,2 nm / AlN <sub>x</sub> 10 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,24	-2,59	18,57	3,61	2,43	0,42	-2,31	6,45	-1,59	-1,77	51,29	54,24	2	
<b>Ejemplo 17</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 9 nm / AlN <sub>x</sub> 17,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,26	-1,58	20,48	4,17	9,06	-1,38	3,84	11,79	-1,52	6,04	54,92	54,54	2	
<b>Ejemplo 18</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 27,5 nm / NiSi <sub>2</sub> 9,0 nm / AlN <sub>x</sub> 7,5 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-3,52	-4,28	20,36	2,48	6,71	0,44	-0,55	9,8	-1,32	0,37	58,45	60,03	1	

(continuación)

Pila (primera capa depositada sobre vidrio)	Color T (HT)		Color Rc (HT)		Color Rg (AD)		Color Rg (HT)			% T <sub>L</sub>		Opacidad	
	a*	b*	Y	a*	b*	a*	b*	Y	a*	b*	AD		HT
<b>Ejemplo 19 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / NiSi <sub>2</sub> 4 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-6,75	-7,78	18,34	1,99	14,49	1,9	-19	13,22	-0,84	-5,96	55,74	58,36	5+
<b>Ejemplo 20 (comparativo)</b> AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 5 nm / ZAO 8 nm / Ag 9 nm / ZAO 3,8 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 37 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm / ZAO 6,3 nm / Ag 16 nm / ZAO 3,8 nm / NiSi <sub>2</sub> 4 nm / ZAO 3,8 nm / AlN <sub>x</sub> 21 nm / ZnSnO <sub>x</sub> 10 nm	-4,77	2,21	8,32	3,8	4,67	2,94	-23,34	11,65	3,08	-21	56,7	60,78	4/5
<b>Ejemplo 21</b> Capa simple de relación atómica 40:60 de Fe/Si 3,9 nm	-1,45	2,39	10,57	-1,2	-5,62	0,08	-1,37	9,21	-0,93	0,12	57,23	87,21	1
<b>Ejemplo 22</b> Capa simple de relación atómica 20:80 de Fe/Si 3,7 nm	-1,34	0,93	8,55	-0,38	-1,49	-0,73	-1,25	7,34	-0,32	-0,72	54,7	85,21	0
<b>Ejemplo 23</b> Capa simple de relación atómica 50:50 de Fe/Si 4,2 nm	-1,22	4,1	9,69	-0,99	-4,48	0,05	0,32	8,79	-0,74	-0,85	50,77	84,87	0
<b>Ejemplo 24</b> AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 40:60 de Fe/Si 3,9 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-1,13	-3,26	18,92	-0,59	8,4	-2,87	1,32	17,68	-2,62	1,44	58,18	59,45	0
<b>Ejemplo 25</b> AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 60:40 de Fe/Si 3,5 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-0,88	-2,31	20,61	-0,87	2,27	-2,25	-3,88	15,43	-2,17	-2,72	53,94	52,9	1
<b>Ejemplo 26</b> AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 20:80 de Fe/Si 3,7 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-0,16	3,3	27,41	-1,76	-0,31	-2,74	-0,93	23,69	-2,94	-1,83	53,16	56,9	0
<b>Ejemplo 27</b> AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 50:50 de Fe/Si 4,2 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-0,97	-3,26	19,08	-0,91	3,37	-2,74	-0,71	15,8	-2,6	-1,77	54,69	56,26	2
<b>Ejemplo 28</b>													

(continuación)

Pila (primera capa depositada sobre vidrio)	Color T (HT)		Color Rc (HT)			Color Rg (AD)			Color Rg (HT)			% T <sub>L</sub>		Opacidad
	a*	b*	Y	a*	b*	a*	b*	Y	a*	b*	AD	HT		
AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 70:30 de Fe/Si 4,1 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-0,94	-3,78	18,52	-0,53	7,13	-2,51	-0,77	15,6	-2,55	0,12	54,27	53,13	2	
<b>Ejemplo 29</b> AlN <sub>x</sub> 35 nm / relación atómica 55:45 de Fe/Si 4,0 nm / AlN <sub>x</sub> 35 nm	-0,86	-3,85	18,55	-0,88	6,85	-2,73	-0,57	15,97	-2,63	-0,18	55,44	55,9	2	

Ensayos de tratabilidad térmica

Después de la deposición de los revestimientos de los Ejemplos 1 - 29, se midieron  $T_L$  y Color Rg y las muestras se trataron térmicamente a aproximadamente 650 °C durante aproximadamente 5 minutos. A continuación, se midieron la opacidad,  $T_L$ , Color T, Color Rc y Color Rg. Los resultados se enumeran en la Tabla 1 anterior.

Los valores indicados para el % de transmitancia de luz  $\%T_L$  de los paneles de vidrio revestidos en los Ejemplos 1 - 29 se obtuvieron a partir de mediciones de acuerdo con EN 140.

Las características de color se midieron y reportaron utilizando las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  bien establecidas de CIE LAB (ver por ejemplo [0030] y [0031] en el documento WO 2004-063 111 A1). Para colores relativamente neutros generalmente se prefiere que cada una de las características de color  $-15 \leq (a^* \text{ o } b^*) \leq 15$ .

Se aplicó un sistema de puntuación de opacidad visible subjetiva a los Ejemplos. Se descubrió que el sistema de evaluación de la calidad que se describe a continuación es necesario para distinguir mejor la calidad visual de los revestimientos en condiciones de luz brillante, propiedades que no se reflejan completamente en los valores de opacidad estándar medidos de acuerdo con ASTM D 1003-61. El sistema de evaluación considera el efecto más macroscópico de las fallas visibles en el recubrimiento que causan variaciones de color locales donde el recubrimiento está dañado o es imperfecto (puntuación de opacidad en la Tabla 1). Los efectos macroscópicos de las fallas visibles en el revestimiento después de un tratamiento térmico (todos los ejemplos no presentan opacidad antes de un tratamiento térmico) se evaluaron subjetivamente observando las muestras bajo luz brillante. La evaluación se basa en un sistema de puntuación de perfección (calificación) que usa puntuaciones entre 0 (perfecto, sin fallas) a 3 (alto número de fallas claramente visibles y/o puntos) hasta 5 (opacidad densa, a menudo ya visible para el ojo desnudo), calificando el aspecto visual de las muestras de vidrio recubierto después de un tratamiento térmico.

La evaluación visual se llevó a cabo mediante el uso de un haz de energía de 2,5 millones de candela (antorcha) que se dirige a ángulos de incidencia entre aproximadamente -90° y aproximadamente +90° (en relación con la incidencia normal) en dos planos ortogonales (es decir girando la antorcha primero en un plano horizontal y luego en un plano vertical) sobre un panel de vidrio revestido que se coloca frente a una caja negra. La caja negra tiene un tamaño suficientemente grande como para que varias muestras de vidrio revestido se puedan evaluar al mismo tiempo. Se observaron los paneles de vidrio revestidos y se evaluó su calidad visual mediante la variación del ángulo de incidencia como se describió anteriormente, dirigiendo el haz de luz del observador a través de los paneles de vidrio revestidos. Los paneles de vidrio revestidos se dispusieron frente a la caja negra de manera que su revestimiento mirara al observador. Se considera que los paneles de vidrio revestidos tratados térmicamente con cualquier puntuación  $\geq 3$  fallaron el ensayo.

Resumen de resultados

Los ejemplos comparativos 1 y 2 son paneles revestidos con pilas que no contienen una capa absorbente como se requiere por la presente invención. Por lo tanto, estos dos ejemplos comparativos presentan una transmitancia de luz mucho mayor que los otros ejemplos.

Los ejemplos 3 y 4 son paneles revestidos con pilas que contienen una capa de  $Fe_2Si_3$  incrustada entre capas de  $AlN_x$  en una capa antirreflectante central. Solo se requiere una capa delgada de  $Fe_2Si_3$  para lograr una alta absorción de luz visible. La opacidad es aceptable y las características de color son relativamente neutras.

El ejemplo 5 es un panel revestido con una pila que contiene una capa de  $Fe_2Si_3$  en contacto con una capa de  $AlN_x$  en una capa antirreflectante central. Nuevamente, solo se requiere una capa delgada de  $Fe_2Si_3$  para lograr una alta absorción de luz visible. La opacidad es aceptable y las características de color son relativamente neutras.

Los ejemplos 6 y 8 son paneles revestidos con pilas que contienen una capa de  $Fe_2Si_3N_x$  incrustada entre capas de  $AlN_x$  en una capa antirreflectante central y una capa antirreflectante superior respectivamente. Es necesaria una capa más gruesa de  $Fe_2Si_3N_x$  para lograr una absorción de luz visible comparable a la que se logra con el uso de una capa de  $Fe_2Si_3$ . La opacidad es aceptable. Algunos de los valores de color para el ejemplo 8 no son ideales en términos de neutralidad.

El ejemplo 7 es un panel revestido con una pila que contiene una capa de  $Fe_2Si_3$  incrustada entre capas de  $AlN_x$  en una capa antirreflectante superior. Nuevamente, solo se requiere una capa delgada de  $Fe_2Si_3$  para lograr una alta absorción de luz visible. La opacidad es aceptable y las características de color son generalmente relativamente neutras.

El ejemplo comparativo 9 es un panel revestido con una pila que contiene una capa de  $NiSi_2$  ubicada entre las capas de Ag y ZAO en una capa antirreflectante central. Este ejemplo presenta una opacidad inaceptable.

El ejemplo comparativo 10 es un panel revestido con una pila que contiene una capa de  $NiSi_2$  ubicada entre las capas de  $AlN_x$  y ZAO en una capa antirreflectante central. Este ejemplo también presenta una opacidad

inaceptable.

5 Los ejemplos 11-16 son paneles revestidos con pilas que contienen una capa de  $\text{NiSi}_2$  incrustada entre capas de  $\text{AlN}_x$  en una capa antirreflectante central. Los ejemplos 11 y 12 usan diferentes espesores de la capa de  $\text{NiSi}_2$  y cada uno de los ejemplos 13-16 incrusta la capa de  $\text{NiSi}_2$  entre dos capas de  $\text{AlN}_x$  que tienen un espesor diferente entre sí. La opacidad es aceptable y las características del color son relativamente neutrales en todos los casos. Estos ejemplos muestran que los espesores de las capas de  $\text{AlN}_x$  no son cruciales para la funcionalidad.

10 Los ejemplos 17 y 18 son paneles revestidos con pilas que contienen una capa de  $\text{NiSi}_2\text{N}_x$  incrustada entre capas de  $\text{AlN}_x$  en una capa antirreflectante central. El ejemplo 18 incrusta la capa de  $\text{NiSi}_2\text{N}_x$  entre dos capas de  $\text{AlN}_x$  que tienen un espesor diferente entre sí. Es necesaria una capa más gruesa de  $\text{NiSi}_2\text{N}_x$  para lograr una absorción de luz visible comparable a la que se logra con el uso de una capa de  $\text{NiSi}_2$ . La opacidad es aceptable y los valores de color son generalmente aceptables en términos de neutralidad relativa.

15 Los ejemplos comparativos 19 y 20 son paneles revestidos con pilas que contienen una capa de  $\text{NiSi}_2$  ubicada en una capa antirreflectante superior. En el ejemplo comparativo 19 la capa de  $\text{NiSi}_2$  está ubicada entre las capas de Ag y ZAO, y en el ejemplo comparativo 20, la capa de  $\text{NiSi}_2$  está incrustada entre las capas de ZAO. Ambos de estos ejemplos comparativos presentan una opacidad inaceptable.

20 Los ejemplos 21-23 son paneles revestidos con capas simples de Fe/Si de relaciones atómicas variables. Estos paneles revestidos presentan una alta absorción de luz antes del tratamiento térmico y una excelente opacidad. Estos paneles revestidos también presentan colores esencialmente neutros lo que demuestra que estas capas de Fe/Si no afectarían de forma negativa a la neutralidad del color de un panel revestido multicapas.

25 Los ejemplos 24-29 son paneles revestidos con capas simples de Fe/Si de relaciones atómicas variables incrustadas entre capas de  $\text{AlN}_x$ . Estos paneles revestidos presentan una alta absorción de luz, características de opacidad aceptables y generalmente colores esencialmente neutros.

30 Vale la pena señalar que los espesores de las capas en las pilas de los ejemplos 3-20 no se han optimizado para la inclusión de la capa absorbente, es decir podrían obtenerse valores de color más neutros mediante la alteración de los espesores de la capa dieléctrica.

La invención no se limita a los detalles de las realizaciones anteriores.

**REIVINDICACIONES**

1. Un panel de vidrio revestido tratado térmicamente que comprende al menos las siguientes capas en secuencia:
  - 5 un sustrato de vidrio;
  - una capa antirreflectante inferior;
  - una capa funcional a base de plata; y
  - una capa antirreflectante superior ubicada encima de la capa funcional a base de plata que comprende dicha capa antirreflectante superior:
  - 10 al menos una capa absorbente; y
  - al menos una capa a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y
  - 15 en donde la al menos una capa absorbente se basa en uno o más de  $Fe_2Si_3$ ,  $FeSi_n$ , donde n es cualquier número entero o fracción mayor o igual a 1 pero menor que 2 o mayor que 2 pero hasta 9, y/o  $Fe_mSi$ , donde m es cualquier número entero o fracción de 1 a 9, y/o sus nitruros, y en donde la al menos una capa absorbente contacta con al menos una capa a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y
  - 20 en donde el espesor de la capa absorbente varía de 0,5 a 12 nm; y
  - en donde después del tratamiento térmico el panel de vidrio revestido comprende características de color neutro de acuerdo con las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  de CIE LAB de manera que  $-15 \leq (a^* \text{ o } b^*) \leq 15$ .
2. El panel de vidrio revestido de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la al menos una capa absorbente está incrustada en contacto y entre dos capas a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones.
3. El panel de vidrio revestido de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la al menos una capa absorbente es a base de  $FeSi_n$  y/o sus nitruros, n es cualquier número entero o fracción de 1 a 1,95 o mayor que 2,05 pero hasta 9, preferentemente de 1 a 1,90 o mayor que 2,10 pero hasta 9.
4. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la al menos una capa absorbente contacta con al menos una capa a base de un nitruro de Al o en donde la al menos una capa absorbente está incrustada en contacto y entre dos capas a base de un nitruro de Al.
5. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el panel comprende más de una capa funcional a base de plata y en donde cada capa funcional a base de plata está separada de una capa funcional a base de plata adyacente por una capa antirreflectante central.
6. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una capa absorbente está situada en la capa antirreflectante superior y/o, cuando depende de la reivindicación 5, en una capa antirreflectante central.
7. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la al menos una capa absorbente tiene un espesor de al menos 1 nm pero como máximo 10 nm.
8. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la(s) capa(s) a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones tiene(n) cada uno independientemente un espesor de al menos 5 nm pero como máximo 25 nm.
9. El panel de vidrio revestido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, o cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8 ya que dependen directa o indirectamente de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la capa antirreflectante inferior comprende al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:
  - 55 una capa base a base de un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y/o
  - un óxido de Ti; y/o
  - un óxido de Zr;
  - una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn;
  - una capa de separación a base de un óxido metálico y/o un (oxi)nitruro de Si y/o un (oxi)nitruro de Al y/o sus aleaciones; y
  - 60 una capa superior a base de un óxido de Zn; y
  - en donde la capa antirreflectante superior comprende al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:
  - 65 una capa a base de un óxido de NiCr;
  - una capa a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti;

una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr; y

una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn.

- 5
10. El panel de vidrio revestido de acuerdo con la reivindicación 5, o cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 ya que dependen directa o indirectamente de la reivindicación 5, en donde la(s) capa(s) antirreflectante(s) central(es) comprende(n) al menos una combinación de una o más de las siguientes capas:

- 10
- una capa a base de un óxido de NiCr;
  - una capa a base de un óxido de Zn y/o un óxido de Ti;
  - una capa a base de un óxido metálico, como un óxido de Zn y Sn y/o un óxido de Sn; y
  - una capa a base de un (oxi)nitruro de Si, y/o un (oxi)nitruro de Al, y/o sus aleaciones, y/o un óxido de Al, Si, Ti y/o Zr.

- 15
11. Un acristalamiento múltiple que incorpora un panel de vidrio revestido de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.