

TÍTULO: CRISTAL DE CONTROL SOLAR QUE COMPRENDE DOS CAPAS CON BASE DE NITRURO DE TITANIO

La presente invención se relaciona con un cristal de aislamiento de “control solar”, provisto con pilas de capas “funcionales” delgadas, es decir que actúan en la radiación solar y/o térmica esencialmente mediante el reflejo y/o absorción de radiación infrarroja (térmica) o infrarroja cercana (solar). La aplicación más particularmente objetivo de la presente invención es, en primer lugar, cristales de vehículos, como las ventanillas laterales, cristales del techo, o ventanillas traseras. Sin salirse del contexto de la invención, el presente cristal también se puede utilizar en el campo de la industria de la construcción, como un cristal de control solar.

Una capa “funcional” o también “activa” se entiende, en el sentido de la presente solicitud de patente, como las capas de la pila que confieren, sobre la pila, el grueso de sus propiedades de aislamiento térmico. Generalmente, las pilas hechas de capas delgadas que equipan el cristal confieren sobre él propiedades de aislamiento sustancialmente mejoradas de forma muy esencial mediante las propiedades intrínsecas de dichas capas activas. Estas capas actúan sobre la corriente de radiación infrarroja térmica que pasa a través del cristal, en contraste con las otras capas, generalmente hechas de material dieléctrico y generalmente incluyendo una función de protección química o mecánica de dichas capas funcionales. Se entiende por material dieléctrico el material cuya forma libre de impureza en el grueso presenta una resistividad alta, en particular, una resistividad inicialmente mayor que 10^{10} ohmios.metros ($\Omega.m$).

Estos cristales provistos con pilas de capas delgadas actúan sobre la radiación solar incidente ya sea de forma esencial mediante absorción de la radiación incidente mediante las capas funcionales o de forma esencial mediante el reflejo mediante estas mismas capas.

Estos cristales se agrupan entre sí bajo la designación de cristal de control solar y están disponibles en el mercado y se utilizan esencialmente para los siguientes propósitos:

- Ya sea para proveer esencialmente una protección del compartimento del pasajero (vehículo a motor) o del establecimiento de la radiación solar y para evitar su recalentamiento; dichos cristales se describen en la industria como cristales de protección solar,
- O para esencialmente proveer aislamiento térmico del establecimiento y para evitar las pérdidas de calor; estos cristales se describen como cristales de aislamiento.

Por lo tanto, se entiende por protección solar, en el significado de la presente invención, la propiedad del cristal de limitar el flujo de energía, en particular, la radiación solar infrarroja (IRS, por sus siglas en inglés), que pasa a través de ella desde el exterior hacia el interior del establecimiento o del compartimento del pasajero.

El aislamiento térmico se entiende como el cristal provisto con al menos una capa funcional que confiere sobre él una pérdida de energía reducida; dicha capa presenta propiedades de reflejar radiación IR de entre 5 y 50 micrómetros. Las capas funcionales utilizadas en esta función presentan un coeficiente de reflejo de radiación IR alto y se dice que son de baja emisión (o e-baja).

En algunos países, las reglas suponen que los cristales presentan propiedades de aislamiento térmicas y de protección solar para los cristales utilizados en edificios.

En otra solicitud, como en la industria de los vehículos a motor, a veces se desea limitar la cantidad de calor que entra al compartimento de pasajeros del vehículo o al edificio, es decir, limitar la transmisión de energía de la radiación solar a través del cristal.

Generalmente, todas las características de luz y térmicas presentadas en la presente descripción se obtienen de acuerdo con los principios y métodos descritos en las normas internacionales ISO 9050 (2003) e ISO 10292 (1994), respectivamente relacionadas a la determinación de las características de luz y energía de los cristales utilizados en el vidrio para la industria de la construcción.

De acuerdo con otro aspecto que también se puede tener en cuenta en ciertas aplicaciones, cuando se combinan con el sustrato de vidrio, los recubrimientos además deben ser estéticamente agradables, es decir que el cristal provisto con su pila debe presentar una colorimetría, en particular en el reflejo interno, que es lo suficientemente neutral como para no crear inconvenientes a los pasajeros del vehículo o los ocupantes del edificio en el sistema de colorimetría CIE LAB (L^* , a^* , b^*). En particular, los valores del coeficiente a^* deben ser cercanos a 0 para que el color se considere lo suficientemente neutral. En particular, los valores excesivamente altos del coeficiente a^* en el reflejo interno, es decir, en el lado de la pila (marcado como a^*_c en la continuación de la descripción), expresa una coloración intensa del cristal y se prohibirán, más particularmente en el campo de los vehículos a motor. La búsqueda por lo tanto deberá estar dirigida preferentemente, con este objetivo, a la obtención de artículos de vidrio en los que el parámetro a^*_c es de entre -10 y 10, incluso entre -5 y 5.

Los revestimientos convencionalmente se depositan mediante técnicas de deposición del tipo de la pulverización al vacío asistida por campo magnético de un cátodo del material o de un precursor del material a depositar, generalmente denominada técnica de pulverización de magnetrón en el campo. Esta técnica se utiliza convencionalmente hoy en día en particular cuando el revestimiento a depositar consiste en una pila más compleja de pilas sucesivas de grosores de unos pocos nanómetros o unas pocas decenas de nanómetros.

Las pilas más efectivas que se comercializan actualmente para resolver los problemas previamente mencionados y depositadas mediante técnicas de pulverización de magnetrón incorporan una capa metálica del tipo plateado que opera esencialmente en el modo del reflejo de una gran parte de la radiación incidente IR (infrarroja). Estas pilas, por lo tanto, se utilizan principalmente como cristales del tipo de baja emisión (e-baja) para el aislamiento de los edificios. No obstante, estas capas son muy sensibles a la humedad y por lo tanto se utilizan exclusivamente en cristales dobles, en sus caras 2 y 3, para protegerlas de la humedad. Las pilas de acuerdo con la invención no comprenden estas capas del tipo plateado, o ciertamente de oro o platino o, ciertamente, del tipo de cobre. Más generalmente, las pilas de acuerdo con la invención no contienen estos metales preciosos, o lo hacen en cantidades muy pequeñas, en particular, en la forma de impurezas no evitables.

El desarrollo de pilas novedosas se vuelve necesario para ciertas aplicaciones o disposiciones específicas.

Actualmente son buscados en particular los cristales que proveen adicionalmente una comodidad visual mejorada, en particular en el campo de los vehículos a motor (como ventanilla lateral, trasera, o también como un techo del automóvil). Uno de los objetivos de la presente invención, para responder a esta demanda, es el de proveer cristales de aislamiento térmico apropiado para los pasajeros del vehículo o los ocupantes del edificio equipado con dichos cristales para que no sean visibles o difícilmente se puedan apreciar desde el exterior en la luz solar pero al mismo tiempo, desde el lado interior, que se pueda apreciar el ambiente exterior sin ninguna dificultad.

Además, para ciertas aplicaciones específicas, como en la industria automotriz, un objetivo adicional de la invención es el de proveer cristales que cumplen los criterios previamente mencionados y el color en el reflejo interno del cual es relativamente neutral, en particular, el coeficiente a^* en el reflejo interno (a^*_c) del cual está entre -10 y 10, ciertamente, incluso entre -5 y 5.

De acuerdo con los resultados obtenidos por la compañía solicitante, los problemas previamente mencionados se han resuelto con artículos de vidrio como se describirá a continuación.

De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención se relaciona con un cristal de vehículo o edificio, con propiedades de control solar, que comprende al menos un sustrato de vidrio que sirve de soporte de una pila de capas, en el que la pila comprende (o consiste en), sucesivamente desde la superficie de dicho sustrato: un primer módulo M_1 que consiste en una o más capas con base de materiales dieléctricos, con un grosor total t_1 , una primera capa TN_1 que comprende nitruro de titanio con un grosor de entre 5 nanómetros (nm) y 35 nanómetros, un segundo módulo M_2 que consiste en una o más capas con base de materiales dieléctricos, con un grosor total t_2 , una segunda capa TN_2 que comprende nitruro de titanio con un grosor de entre 5 nm y 35 nm, un tercer módulo M_3 que consiste en una o más capas con

base de materiales dieléctricos, con un grosor total t_3 , en las que la suma acumulada de los grosores de las capas TN_1 y TN_2 que comprenden nitruro de titanio es mayor que 30 nm, en donde t_1 es menor que 30 nanómetros, t_2 está entre 10 nm y 100 nm, t_3 es mayor que 10 nanómetros, y en donde la relación de los grosores t_1/t_3 es menor a 0,6.

- 5 Se ha descubierto que estos artículos, que presentan en particular un reflejo de luz en el lateral de la pila de capas (R_{LC}) de menos de 5% y una diferencia entre la transmisión de luz y R_{LC} de menos de 30% (la medición se llevó a cabo en un vidrio monolítico transparente sobre el cual la pila descrita previamente se ubica), hicieron posible la resolución efectiva del problema técnico descrito previamente.
- 10 De acuerdo con las realizaciones preferidas de la presente invención, las que pueden muy obviamente, si procede, combinarse entre sí:
 - El grosor t_2 del segundo módulo M_2 es de entre 20 nm y 65 nm, límites incluidos, preferentemente es de entre 25 nm y 60 nm, límites incluidos.
 - El grosor t_2 del primer módulo M_1 es menor que 25 nm, en particular de entre 1 nm y 25 nanómetros, límites incluidos, preferentemente entre 4 nm y 20 nanómetros, límite s incluidos.
 - El grosor t_3 del tercer módulo M_3 es de entre 20 nm y 65 nanómetros, límites incluidos, preferentemente es de entre 25 nm y 60 nanómetros, límites incluidos, y muy preferentemente es de entre 30 nm y 50 nanómetros, límites incluidos.
 - El grosor TN_1 de la primera capa con base de nitruro de titanio es de entre 10 nm y 30 nanómetros, límites incluidos, preferentemente entre 15 nm y 25 nanómetros, límites incluidos.
 - El grosor TN_2 de la segunda capa con base de nitruro de titanio es de entre 10 nm y 30 nanómetros, límites incluidos.
 - El grosor acumulativo $TN_1 + TN_2$ de las primeras capas con base de nitruro de titanio y la segunda capa con base de nitruro de titanio es menor que 60 nm, preferentemente es menor de 55 nm.
 - La relación de los grosores t_1/t_3 es menor que 0,55.
 - El revestimiento no contiene una capa con base de plata u oro.
 - Los módulos M_1 , M_2 y preferentemente M_3 comprenden nitruro de silicio, en la forma de una capa sola o de un conjunto de capas, inclusive al menos una capa que comprenden nitruro de silicio.
 - M_1 comprende una capa que comprende nitruro de silicio.
 - M_2 comprende una capa que comprende nitruro de silicio.
 - M_3 comprende una capa que comprende nitruro de silicio.
 - Los módulos M_1 , M_2 , o M_3 comprenden materiales elegidos de un nitruro de silicio, un nitruro de aluminio, un óxido de estaño, un óxido mixto de zinc estaño, un óxido de silicio, un óxido de titanio o un oxinitruro de silicio.
 - M_1 y M_2 son capas simples.
 - M_1 y M_2 y M_3 son capas simples.
 - M_1 y M_2 tienen base de nitruro de silicio.
 - M_1 , M_2 y M_3 tienen base de nitruro de silicio.
 - M_2 es una sola capa con base de nitruro de silicio o se forma esencialmente con nitruro de silicio y está en contacto directo con las capas TN_1 y TN_2 con base de nitruro de titanio.
 - El sustrato de vidrio sobre el que la pila se deposita está hecho de vidrio transparente.
 - Este revestimiento comprende y preferentemente consiste en la secuencia de las siguientes capas, a partir de la superficie del sustrato:
 - o Una primera capa M_1 con base de nitruro de silicio, con un grosor t_1 , preferentemente de entre 1nm y 25 nm, preferentemente entre 4 nm y 20 nm,
 - o Una primera capa que comprende nitruro de titanio, con un grosor de entre 10 nm y 30 nanómetros,
 - o Una segunda capa M_2 con base de nitruro de silicio, con un grosor t_2 de entre 20 nm y 65 nm, preferentemente de entre 25 nm y 60 nm,
 - o Una segunda capa que comprende nitruro de titanio, con un grosor de entre 10 y 30 nanómetros.
 - o Una tercera capa M_3 con base de nitruro de silicio, con un grosor t_3 que es mayor que 10 nm, en particular de entro 20 nm y 65 nanómetros, preferentemente de entre 25 nm y 60 nm, o un conjunto de capas dieléctricas

M3, inclusive al menos una capa con base de nitruro de silicio con un grosor mayor que 10 nm, en particular de entre 25 nm y 60 nanómetros.

- El cristal comprende dos substratos de vidrio ensamblados con una lámina termoplástica; dicho cristal se provee con la pila de capas; esta pila preferentemente se ubica sobre la cara de un substrato que se enfrenta a una superficie exterior de dicho cristal.
- El cristal previo comprende un primer substrato de vidrio, preferentemente con color en su grueso, unido a un segundo substrato mediante una lámina termoplástica intermedia, en particular hecha de PVB; dicho segundo substrato está hecho de vidrio transparente y se provee con una pila de capas preferentemente ubicada sobre su cara expuesta hacia el exterior de dicho cristal. Se entiende como "con color en su grueso" al hecho de que el substrato comprende, en su composición de vidrio, elementos con el objetivo de conferir una coloración sobre esta (es decir, a diferencia de la de un vidrio "transparente"), en particular, elementos como el cobalto, hierro, selenio, incluso cromo, que también se puede tener como objetivo de reducción de su transmisión de luz.
- Estos substratos de vidrios son templados o plegados.

Preferentemente, las capas de nitruro de titanio tienen como base nitruro de titanio o más preferentemente se forman esencialmente de nitruro de titanio.

Las capas con base de titanio de acuerdo con la invención comprenden, por ejemplo, más del 50% en peso de nitruro de titanio, preferentemente más del 80% o incluso más del 90% en peso de nitruro de titanio.

El nitruro de titanio de acuerdo con la invención no es necesariamente estequiométrico (relación atómica Ti/N de 1) pero puede ser super o sub-estequiométrico. De acuerdo con una forma beneficiosa, la relación N/Ti es de entre 1 y 1,2. Además, el nitruro de titanio de acuerdo con la invención puede comprender una cantidad menor de oxígeno, por ejemplo, entre 1 mol% y 10 mol% de oxígeno, en particular, entre 1 mol% y 5 mol% de oxígeno.

De acuerdo con una forma preferida particularmente, las capas de nitruro de titanio de acuerdo con la invención corresponden a la fórmula general TiN_xO_y , en donde $1,00 < x < 1,20$ y en la que $0,01 < y < 0,10$.

Los materiales dieléctricos, una vez depositados en capas delgadas, no obstante, pueden comprender elementos adicionales que sustancialmente aumentan su conductividad eléctrica, de uso, por ejemplo, para mejorar el rendimiento de pulverización catódica del material precursor que constituye el objetivo del magnetron. Las capas dieléctricas de los módulos M_1 , M_2 y M_3 de acuerdo con la invención pueden ser capas con base de un material elegido a partir de un nitruro de silicio, un nitruro de aluminio, un óxido de estaño, un óxido mixto de estaño zinc, un óxido de silicio, un óxido de titanio, o un oxinitruro de silicio. Preferentemente, los módulos M_1 , M_2 y M_3 consisten en una sola capa y esta capa tiene como base nitruro de silicio o se forma esencialmente con nitruro de silicio. Un material con base de nitruro de silicio, óxido de estaño, óxido mixto de zinc estaño, óxido de silicio, óxido de titanio u oxinitruro de silicio es, por ejemplo, un material formado principalmente, por ejemplo, para más del 50% en peso, preferentemente para más del 80% o incluso más del 90% en peso, de dicho compuesto pero que también contiene, sin embargo, otros elementos minoritarios, en particular como reemplazo para los cationes, en particular para promover su deposición en la forma de capas delgadas mediante las técnicas usuales de pulverización con magnetron como se describiera previamente. A modo de ejemplo, las capas de acuerdo con la presente invención hechas de nitruro de silicio o de oxinitruro de silicio, incluso de óxido de silicio, en particular aquellas depositadas por magnetron, generalmente comprenden elementos del tipo Al, Zr, B, y similares, en proporciones que pueden variar, por ejemplo, hasta 10 átomo%, en función del contenido de silicio de la capa. Asimismo, las capas de óxido de titanio pueden comprender, como reemplazo del titanio, otros cationes de metal como el zirconio, sin que esto signifique un alejamiento del alcance de la invención.

El cristal de acuerdo con la invención puede ser un solo cristal en el que la pila de capas delgadas se deposita en la cara 2 del cristal simple; las caras del substrato se enumeran desde el exterior hacia el interior del edificio o del compartimiento de pasajeros que equipan.

De acuerdo con otra realización, en particular para el uso en el campo de los vehículos a motor, el cristal de acuerdo con la invención puede ser un cristal laminado que comprende dos substratos de vidrio ensamblados mediante una lámina termoplástica; dicho cristal se provee con una pila de capas como se describiera previamente. Preferentemente, la pila se deposita sobre la cara del substrato que se enfrenta al interior del edificio o del compartimiento de pasajeros que equipa.

Los substratos y cristales descriptos previamente pueden, de manera muy obvia, templarse de ser necesario térmicamente y/o plegarse.

Un proceso para la fabricación de un cristal de acuerdo con la invención comprende, por ejemplo, al menos las siguientes etapas:

- Un substrato de vidrio se introduce a un dispositivo de pulverización catódica,
- En un primer compartimiento, al menos una capa inferior de un material dieléctrico se deposita,
- En un compartimiento subsecuente, un objetivo de titanio se pulveriza mediante plasma generado a partir de un gas que comprende nitrógeno,
- En un compartimiento subsecuente, al menos una capa intermedia de un material dieléctrico se deposita,
- En un compartimiento subsecuente, un objetivo de titanio se pulveriza mediante plasma generado a partir de un gas que comprende nitrógeno,
- En un compartimiento subsecuente, al menos una capa superior de material dieléctrico se deposita.

Los términos “capa inferior” y “capa superior” se refieren, en la presente descripción, a las respectivas posiciones de dichas capas con respecto a las capas funcionales en la pila; esta pila tiene el soporte del substrato de vidrio. En particular, cuando la pila contiene una sola capa inferior y una sola capa superior, la capa inferior es la capa que está en contacto con el substrato de vidrio y la capa superior es la capa más externa de la pila, que está de espaldas al substrato.

El término “capa intermedia” denota las capas ubicadas entre dos capas funcionales.

El grosor de una capa se entiende dentro del significado de la presente invención como el grosor real geométrico de la capa, como se puede medir en particular mediante técnicas convencionales de microscopia de electrones u otra técnica.

La invención y sus beneficios se describen más adelante en detalle, mediante los ejemplos no limitantes más abajo, que están de conformidad con la invención y son comparativos. En todos los ejemplos y la descripción, a menos que se especifique lo contrario, los grosores dados son grosores geométricos.

Todos los substratos están hechos de vidrio transparente con un grosor de 2 nm del tipo Planiclear comercializado por Saint-Gobain Glass France. Todas las capas se depositan en una forma ya conocida mediante pulverización catódica asistida con campo magnético (a menudo denominada pulverización catódica de magnetrón).

En una manera muy reconocida, las diferentes capas sucesivas se depositan en los sucesivos compartimientos del dispositivo de pulverización catódica; cada compartimiento se provee con un objetivo metálico específico hecho de Si o Ti, elegido para la deposición de una capa específica de la pila.

Más específicamente, las capas de nitruro de silicio se depositan en compartimientos del dispositivo a partir de un objetivo de silicio metálico (dopado con 8% en peso de aluminio), en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno. Las capas de nitruro de silicio de esta manera también contienen aluminio.

Las capas de nitruro de titanio se depositan en otros compartimientos del dispositivo a partir de un objetivo de titanio metálico puro en una atmósfera reactiva que contiene nitrógeno y argón.

Las condiciones para la deposición de magnetrón de dichas capas son muy reconocidas técnicamente en el campo.

En los ejemplos siguientes, el sustrato de vidrio se cubrió entonces de forma exitosa con una pila de capas que comprenden dos capas funcionales hechas de nitrato de titanio (denominado TiN subsecuente para mayor conveniencia, incluso si la estequiometría real de la capa no sea necesariamente eso) y una capa inferior (primera capa M_1), capa superior (tercera capa M_3) y capa intermedia (segunda capa M_2) hecha de nitrato de silicio (denominado Si_3N_4 subsecuentemente para mayor conveniencia, incluso si la estequiometría real de la capa no necesariamente sea eso).

Las condiciones de deposición se ajustaron de acuerdo con las técnicas convencionales para una deposición de magnetron para obtener diferentes pilas; la secuencia de capas de esta y sus grosores (en nanómetros, nm) se dan en la siguiente tabla 1:

[Tabla 1]

Ejemplo	Si_3N_4 (M_1)	TiN (TN_1)	Si_3N_4 (M_2)	TiN (TN_2)	Si_3N_4 (M_3)	t_1/t_3
Ejemplo 1 (invención)	15	21	49	29	40	0,37
Ejemplo 2 (invención)	5	21	30	13	26	0,19
Ejemplo 3 (invención)	20	23	54	27	37	0,54
Ejemplo 4 (comparativo)	39	16	53	35	65	0,60
Ejemplo 5 (comparativo)	14	20	59	24	8	1,75
Ejemplo 6 (comparativo)	4	18	35	12	8	0,50
Ejemplo 7 (comparativo)	38	8	70	21	45	0,85

A – Medición de las características de los cristales

Las características térmicas y ópticas de los cristales se midieron de acuerdo con los siguientes principios y normas:

1°) Propiedades ópticas:

Las mediciones se llevaron a cabo de acuerdo con la norma Europea ISO 9050 (2003). Más específicamente, la transmisión de luz T_L y el reflejo de luz en el lado de la pila R_{LC} se midieron entre 380 y 780 nm de acuerdo con el iluminante D_{65} .

El parámetro a^*_c (lado de pila en reflejo interno) se mide de acuerdo con el modelo de colorimetría (L , a^* , b^*)

2°) propiedades térmicas:

Las propiedades de aislamiento térmico del cristal se evalúan mediante la determinación de la emisividad en la incidencia normal ϵ_n medida en la cara interna del sustrato cubierto con la pila de capas, de acuerdo con las condiciones descritas en la norma ISO 10292 (1994), Anexo A.

- 5 Los valores de transmisión de luz T_L , a^*_c , reflejo R_{LC} y emisividad normal ϵ_n (en porcentajes) se miden para el cristal provisto con la pila.

B – Resultados

Los resultados obtenidos para los cristales monolíticos de acuerdo con los ejemplos descriptos previamente se agrupan entre sí en la siguiente tabla 2:

10 [Tabla 2]

Ejemplo	R_{LC}	a^*_c	T_L	$T_L - R_{LC}$	ϵ_n
1 (inv.)	2	1.5	21	19	< 0,35
2 (inv.)	5	3	31	26	< 0,35
3 (inv.)	3	-2,1	21	18	< 0,35
4 (comp.)	12	0	19	7	< 0,35
5 (comp.)	20	4	21	11	< 0,35
6 (comp.)	12	2	32	20	< 0,35
7 (comp.)	3	-14	41	38	< 0,35

- 15 Se observa que los cristales simples obtenidos de acuerdo con la invención (ejemplos 1 a 3) presentan un reflejo de luz muy bajo (menor al 5%), sin embargo, sin que la transmisión de luz sea excesivamente alta, como se ilustra en la relativamente pequeña diferencia entre T_L y R_{LC} . Estas características hacen que estos cristales sean apropiados para un uso que posibilita una vista sin obstrucciones del exterior del vehículo para los ocupantes del vehículo o del edificio equipado con estos cristales.

Los ejemplos 4 a 6 presentan un reflejo excesivamente grande que confiere un efecto de espejo no deseable sobre el cristal en la aplicación deseada.

- 20 El ejemplo 7 presenta una diferencia entre T_L y R_{LC} que es muy alta, lo cual no garantiza una comodidad visual óptima, en el sentido descripto previamente, en particular, en un uso de vehículo a motor, como se describe subsecuentemente. Además, este T_L alto necesariamente va acompañado de un aumento notable en la transmisión de energía T_E , que puede originar un sobrecalentamiento muy rápido del compartimiento de pasajeros en condiciones de iluminación fuerte.

- 30 El ejemplo 7 adicionalmente presenta un valor extremadamente alto para su parámetro a^*_c , que expresa una intensa coloración del cristal visible para los ocupantes que no se desea en ciertas aplicaciones, en particular, en el campo de los vehículos a motor. De acuerdo con los siguientes ejemplos adicionales en los que se buscó obtener techos solares para vehículos a motor, los cristales simples de los ejemplos 1 a 7 se ensamblan con un cristal con color en su grueso y comercializado por la compañía del solicitante según la referencia Venus VG10® (con T_L de aproximadamente 10%), con un grosor de 2 mm. El ensamblado se obtiene mediante una lámina de butiral de polivinilo (PVB) sin tinte con un grosor de 0,38 mm, en una manera tal que la pila de capas se ubica en el exterior del cristal laminado que se obtiene de esta manera.

- 35 Los parámetros R_{LC} y T_L se miden en el cristal laminado final como se describiera previamente. Los resultados se dan en la siguiente tabla 3.

[Tabla 3]

Ejemplo	R_{LC}	a^*_c	T_L	ϵ_n
1 (inv.)	1	2	6	$< 0,35$
2 (inv.)	4	3,5	9	$< 0,35$
3 (inv.)	3	-2	6	$< 0,35$
4 (comp.)	13	0	5	$< 0,35$
5 (comp.)	20	0	6	$< 0,35$
6 (comp.)	12	2	9	$< 0,35$
7 (comp.)	2	-18	12	$< 0,35$

Las características ópticas y de energía de los cristales de acuerdo con la invención dada en la tabla 3 son ideales para su uso como techo solar para un vehículo a motor y combinan valores muy bajos de T_L y R_{LC} . El uso de un cristal de acuerdo con los ejemplos 4 a 6 se expresa mediante un reflejo de luz excesivamente alto. El valor T_L del cristal del ejemplo 7, para dicha aplicación, parece un poco alto.

Así como para el cristal monolítico, el cristal laminado de acuerdo con el ejemplo 7 adicionalmente presenta un valor excesivamente alto para su parámetro a^*_c , que expresa una coloración fuerte que no se desea en ciertas aplicaciones, tales como las del campo de vehículos a motor.