

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 758**

51 Int. Cl.:

B32B 17/10 (2006.01)
C03C 27/12 (2006.01)
G02F 1/15 (2006.01)
G02F 1/153 (2006.01)
C03B 33/07 (2006.01)
B32B 38/04 (2006.01)
B60J 3/04 (2006.01)
E06B 3/67 (2006.01)
B26F 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2011 E 13173248 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2641734**

54 Título: **Laminado de un dispositivo electrocrómico a sustratos de vidrio**

30 Prioridad:

05.03.2010 US 311001 P
10.11.2010 US 412153 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2017

73 Titular/es:

SAGE ELECTROCHROMICS, INC. (100.0%)
One Sage Way
Faribault, MN 55021, US

72 Inventor/es:

MCCOY, MICHAEL, A.;
SBAR, NEIL, L. y
VAN DINE, JOHN, E.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 621 758 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

Laminado de un dispositivo electrocrómico a sustratos de vidrio

Antecedentes de la invención

5 El vidrio, especialmente el vidrio que está teñido, se somete a grandes tensiones debido al calentamiento no uniforme ocasionado por la absorción de radiación solar. Esas tensiones pueden ser tan grandes como para provocar que se desarrollen fracturas o grietas en el vidrio, lo que podría finalmente conducir a fallo.

10 El centro del vidrio (COG, por sus siglas en inglés) puede tener una temperatura considerablemente mayor que, por ejemplo, los bordes del vidrio, que típicamente están cubiertos o ensombrecidos por un marco u otra estructura arquitectónica. Por supuesto, cuanto más teñido sea el vidrio, mayor será la absorción solar, y mayor el diferencial de temperatura potencial entre el COG y los bordes del vidrio u otras áreas sombreadas. Esto da como resultado tensión, típicamente a lo largo de los bordes del vidrio, que si es mayor que aproximadamente 14 a aproximadamente 28 MPa, podría dar como resultado agrietamiento. Como tal, la práctica normal dicta que el vidrio debe ser reforzado con calor o templado para reducir la incidencia de fractura. Típicamente, la hoja de vidrio absorbente se trata con calor o se tiempla para soportar por lo menos aproximadamente 35 MPa, o para adecuarse a estándares industriales tales como la norma ASTM E2431 (Práctica para Determinar la Resistencia de Vidrio Arquitectónico Plano Recocido Sencillo a las Cargas Térmicas). Por supuesto, esto aumenta el coste de fabricación.

20 Al igual que los vidrios tintados, los dispositivos electrocrómicos (de aquí en adelante “dispositivos EC”) absorben cantidades significativas de radiación solar, especialmente cuando están en un estado totalmente oscurecido. Para soportar las tensiones o las cargas de servicio asociadas con esos diferenciales de temperatura, es una práctica común usar vidrio reforzado con calor o templado como sustrato para esos dispositivos. Aunque ésta es una solución práctica, el coste de fabricación de dispositivos basados en esos sustratos es costoso. Es deseable reducir costes y aumentar la eficiencia en la fabricación de dispositivos EC, mientras se mantiene su estabilidad estructural (es decir, su capacidad para soportar agrietamientos y fallos tanto durante el proceso de fabricación como cuando se instalan en el campo).

25 Los dispositivos EC tradicionales y las unidades de vidrio aisladas (IGUs, por sus siglas en inglés) que los comprenden tienen la estructura que se muestra en la Fig. 1A. Como se usa en la presente memoria, la expresión “unidad de vidrio aislada” significa dos o más capas de vidrio separadas por un espaciador a lo largo del borde, y selladas para crear un espacio de aire muerto (u otro gas, p. ej. argón, nitrógeno, kriptón) entre las capas. La IGU **18** comprende un panel de vidrio interior **10** y un dispositivo EC **19**. El dispositivo EC **19** está compuesto por una pila EC **11** que comprende una serie de películas aplicadas o depositadas sobre el sustrato EC **12**. El sustrato EC **12** tradicionalmente está compuesto de vidrio que se ha reforzado con calor o templado.

35 Para formar la IGU **18**, un panel de vidrio, que se convertirá en el sustrato EC **12**, se corta primero a un tamaño personalizado de acuerdo con las dimensiones necesarias. El panel de vidrio cortado **12** después se tiempla o se refuerza con calor para proporcionar suficiente resistencia para tolerar tensiones de fabricación y tensiones encontradas durante su vida de servicio (“cargas de servicio”). La pila del dispositivo EC **11** que comprende, por ejemplo, una serie de películas finas, se aplica o se deposita después en el panel de vidrio **12** por métodos conocidos en la técnica (véase, por ejemplo, documentos de patente U.S. Nos. 7.372.610 y 7.593.154, cuyas descripciones se incorporan por referencia en la presente memoria). El corte del panel de vidrio **12** no se realiza después del templado o reforzado con calor. Asimismo, el sustrato de un dispositivo EC **19** generalmente no se tiempla o refuerza con calor después de que se depositan las películas que forman la pila EC **11** (a menos que se use una pila y un proceso de películas EC que se puedan postemplar adecuadamente). La IGU **18** se ensambla después combinando el dispositivo EC **19** con otro panel de vidrio **10**. Los dos paneles se separan con espaciadores **17**. El panel **10** puede contener revestimientos de película fina sobre cualquier lado (p. ej. para control solar).

Breve descripción de los dibujos

45 La Fig. 1a es una vista en corte de una IGU tradicional que comprende un dispositivo EC.

La Fig. 1b es una vista en corte de una IGU que comprende un dispositivo EC, en donde el dispositivo EC es en sí un laminado de dos materiales.

La Fig. 2 es un gráfico de la distribución de tensión de un laminado EC que comprende un vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica laminado a un vidrio sódico-cálcico.

50 La Fig. 3a es un gráfico de laminados EC que compara tensiones de tracción pico en el borde para varios laminados expuestos a irradiación solar.

La Fig. 3b es un gráfico de un laminado EC que compara tensiones de tracción pico en el borde para varios laminados expuestos a irradiación solar.

La Fig. 4 proporciona un resumen del ensayo de impacto como una función del sustrato EC, la hoja de vidrio

laminada externa EC, y espesores intercapa.

La Fig. 5 proporciona un ejemplo de un ensayo de doblado de cuatro puntos que muestra una muestra de vidrio cortada por láser en las condiciones de ensayo.

5 La Fig. 6. proporciona un gráfico de probabilidad de la resistencia para las muestras de vidrio que compara paneles cortados mecánicamente y por láser.

Compendio de la invención

Los Solicitantes han desarrollado una IGU mejorada que comprende un laminado de dispositivo EC. Los solicitantes también han desarrollado un método para fabricar el laminado de dispositivo EC mejorado y la IGU.

10 En un aspecto de la presente invención, los Solicitantes han descubierto un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende: (a) proporcionar un sustrato electrocrómico; (b) cortar el sustrato electrocrómico en una o más hojas derivadas de sustrato; (c) fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico en cada una de las una o más hojas derivadas de sustrato; (d) cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y (e) laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada (un ejemplo del proceso “cortar-después-revestir-después-cortar” descrito más adelante en la presente memoria). Los precursores del dispositivo electrocrómico se cortan por láser.

15 Los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 69 MPa. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales tienen una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 75 MPa. En otra realización, los dispositivos EC individuales tienen una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 100 MPa.

20 En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales son aproximadamente del mismo tamaño que la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales son más pequeños que la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales se penetran de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm con relación a la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión. En otra realización, los dispositivos electrocrómicos individuales se penetran aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm con relación a la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión, preferiblemente en todas las dimensiones.

25 En otra realización, el sustrato electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material. En otra realización, el sustrato electrocrómico es un material diferente al de la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, se selecciona un material para el sustrato electrocrómico del grupo que consiste de vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borofloat, vidrio de boroaluminosilicato, otros vidrios de composición baja en sodio o un polímero. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K para sustratos de vidrio y hasta aproximadamente 80 ppm/K para materiales de sustrato polimérico. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 4 ppm/K a aproximadamente 8 ppm/K. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,7 mm a aproximadamente 6 mm.

30 En otra realización, un material para la hoja de vidrio laminada externa se selecciona del grupo que consiste de vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borofloat, vidrio de boroaluminosilicato, vidrio reforzado con calor, vidrio templado, o un polímero. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. Para sustratos basados en polímero, el coeficiente de expansión térmica puede ser de hasta aproximadamente 80 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un espesor que varía de aproximadamente 2,3 mm a aproximadamente 12 mm. En otra realización, el material intercapa se selecciona del grupo que consiste de polivinilbutiral, polímeros ionoméricos, acetato de etilvinilo, poliuretanos, o mezclas de los mismos.

35 En otro aspecto de la presente invención, los Solicitantes han descubierto un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende: (a) proporcionar un sustrato electrocrómico; (b) fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico sobre el sustrato electrocrómico; (c) cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y (d) laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada (un ejemplo del proceso “revestir-después-cortar” descrito más adelante en la presente memoria). Los precursores del dispositivo EC pueden cortarse mecánicamente por láser o por corte electrotérmico.

40 La resistencia de borde es de por lo menos 69 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de por lo menos 75 MPa. En otra realización, la resistencia de borde es de por lo menos 100 MPa.

45 En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual es de aproximadamente el mismo tamaño que la hoja de

5 vidrio laminada externa. En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual es más pequeño que la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión. En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual se penetra de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm con relación a la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión. En otra realización, el dispositivo electrocrómico individual se penetra de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm con relación a la hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión.

10 En otra realización, el sustrato de vidrio recocido y la hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material. En otra realización, el sustrato electrocrómico es un material diferente al de la hoja de vidrio laminada externa. En otra realización, un material para el sustrato electrocrómico se selecciona del grupo que consiste de vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borofloat, vidrio de boroaluminosilicato, vidrios con composición baja en sodio, o un polímero. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. Para sustratos basados en polímero, el coeficiente de expansión térmica puede ser de hasta aproximadamente 80 ppm/K. En otra realización, el sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 4 ppm/K a aproximadamente 8 ppm/K. En otra realización, el sustrato de vidrio electrocrómico tiene un espesor que varía de aproximadamente 0,7 mm a aproximadamente 6 mm.

20 En otra realización, un material para la hoja de vidrio laminada externa se selecciona del grupo que consiste de vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica, vidrio flotado sódico-cálcico, vidrio de aluminosilicato, vidrio de borofloat, vidrio de boroaluminosilicato, vidrio reforzado con calor, vidrio templado, o un polímero. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de aproximadamente 2 ppm/K a aproximadamente 10 ppm/K. En otra realización, la hoja de vidrio laminada externa tiene un espesor que varía de aproximadamente 2,3 mm a aproximadamente 12 mm. En otra realización, el material intercapa se selecciona del grupo que consiste de polivinilbutiral, materiales ionoméricos, acetato de etilenvinilo, poliuretanos, o mezclas de los mismos.

25 Los solicitantes inesperadamente han encontrado que los laminados del dispositivo electrocrómico (o IGUs que comprenden esos laminados) de la presente invención pueden soportar tensiones similares a aquellas encontradas por dispositivos electrocrómicos tradicionales fabricados sobre sustratos de vidrio templado o tratados con calor (o IGUs que comprende tales dispositivos electrocrómicos tradicionales). Como tal, el laminado de dispositivo EC de la presente invención pueden soportar tensiones similares en el centro del vidrio y borde, y puede soportar tensiones de por lo menos aproximadamente 17 MPa.

35 En algunas realizaciones se entiende por soportar tensiones similares, que los laminados del dispositivo electrocrómico o IGUs de la presente invención pasan aproximadamente por los mismos ensayos estándar de la industria que los dispositivos electrocrómicos tradicionales o las IGUs. En otras realizaciones se entiende por soportar tensiones similares, que los laminados del dispositivo electrocrómico o las IGUs de la presente invención pueden soportar (i) tensiones de forma segura en presencia de exceso de tensiones termomecánicas en servicio máximas que se encuentran en aplicaciones EC tradicionales, y/o (ii) por lo menos aproximadamente 50% de las mismas cargas de servicio o tensiones que dispositivos EC tradicionales o las IGUs. Los Solicitantes sorprendentemente también han encontrado que esos objetivos pueden alcanzarse usando sustratos de vidrio recocido sobre los cuales se aplica o se deposita la pila electrocrómica.

40 Los Solicitantes inesperadamente han encontrado que los métodos de fabricación mejorados proporcionan laminados del dispositivo electrocrómico o IGUs que pueden soportar cargas de servicio o tensiones similares a aquellas encontradas por las IGUs producidas por medios tradicionales, mientras que proporcionan una eficiencia de fabricación mejorada y satisfacen los estándares industriales.

45 Además, los Solicitantes sorprendentemente han encontrado que los sustratos de vidrio recocido pueden ser cortados por láser para producir un borde suficientemente libre de defectos que se cree, tolerará todo el intervalo tensiones térmicas y cargas al que el laminado de dispositivo EC se someterá durante su vida de servicio. Los Solicitantes han ensayado el vidrio cortado por láser y los laminados del dispositivo EC de la Fig. 1B en el extremo alto del espacio de parámetros de tensión térmica y mecánica, y han determinado que el corte por láser, para laminados o sustratos del dispositivo EC son altamente durables y adecuados para su uso en aplicaciones arquitectónicas residenciales y comerciales y otras aplicaciones.

50 Además, los Solicitantes han encontrado que los procesos de “revestir-después-cortar” y “cortar-después-revestir-después-cortar”, ambos descritos más adelante en la presente memoria, permiten el revestimiento de grandes paneles de sustrato y dimensionamiento personalizado después del revestimiento. Los Solicitantes también han encontrado que este proceso proporciona un proceso de control mejorado y una mejor uniformidad en general de los revestimientos de película del dispositivo EC. De hecho, se cree que cuando se usan paneles de vidrio con aproximadamente las mismas dimensiones, las temperaturas de procesamiento subsecuentes y las condiciones de plasma de pulverización para cada panel serán aproximadamente las mismas. Se cree que esto conduce a una operación más eficiente, un revestimiento o pulverización continua sin la necesidad de lentificar o detener la producción o de hacer ajustes de proceso para muchos espesores de vidrio, tintas y tamaños deseados. De esa forma, se maximizan la tasa de producción y tiempo de funcionamiento, dando como resultado costes de producción

más bajos y más competitivos cuando se fabrican dispositivos electrocrómicos o IGUs.

Descripción Detallada

Laminado de dispositivo EC

5 Un aspecto de la presente invención es un laminado de dispositivo EC que comprende un dispositivo electrocrómico, en donde el dispositivo electrocrómico comprende una pila electrocrómica sobre un sustrato EC; una hoja de vidrio laminada externa EC; y un material intercapa intercalado entre el dispositivo electrocrómico y la hoja de vidrio laminada externa.

10 El laminado de dispositivo EC 29 e IGU 30 que lo contiene se muestra en la Fig. 1B. El laminado de dispositivo EC 29 está compuesto de un dispositivo EC 32 laminado a una hoja de vidrio laminada externa EC 22. Entre el dispositivo EC 32 y la hoja de vidrio laminada externa EC 22 hay un material intercapa 28 que une el dispositivo EC 32 y la hoja laminada externa 22. El dispositivo EC 32 es en sí compuesto de una pila EC 21 que se aplica o se deposita sobre un sustrato EC 31. La IGU 30 completada comprende el laminado de dispositivo EC 29 junto con otro panel de vidrio 20, separado por espaciadores 27. La Fig. 1B representa una IGU de dos hojas, sin embargo, la invención también contempla IGUs que contienen tres o más hojas (las hojas adicionales pueden ser de cualquier forma o tamaño y comprende cualquier revestimiento, tinte u otros conocidos en la técnica).

15 Puede usarse cualquier pila EC 21, como lo saben los expertos en la técnica. Se describen pilas EC ejemplares, por ejemplo, en los documentos de patente U.S. Nos. 5.321.544; 5.404.244; 7.372.610; y 7.593.154, cuyas descripciones se incorporan por referencia en su totalidad en la presente memoria.

20 En una realización, por lo menos el sustrato EC 31 del laminado de dispositivo EC 29 comprende vidrio recocido. Como se usa en la presente memoria, la expresión "vidrio recocido" significa vidrio producido que no presenta tensiones internas por el tratamiento de calor y enfriamiento rápido posterior. Esto incluye el vidrio clasificado típicamente como vidrio recocido o vidrio flotado y sólo excluye el vidrio reforzado con calor o vidrio templado.

25 En otras realizaciones, tanto el sustrato EC 31 como la hoja de vidrio laminada externa EC 22 se componen de vidrio recocido. En realizaciones donde tanto el sustrato EC 31 como la hoja de vidrio laminada externa EC 22 se componen de vidrio recocido, el vidrio recocido utilizado puede ser el mismo ("concordante") o diferente ("no concordante"). Los sustratos de vidrio recocido usados también pueden tener el mismo o diferentes coeficientes de expansión térmica o diferentes tipos y/o cantidades de dopantes.

30 Por ejemplo, en una realización "no concordante", el sustrato 31 puede componerse de vidrio flotado sódico-cálcico mientras que la hoja de vidrio laminada externa EC 22 comprende vidrio de bajo coeficiente de expansión térmica (vidrio de bajo CTE), o viceversa. En una realización "concordante", a modo de ejemplo, tanto sustrato 31 como hoja de vidrio laminada externa EC 22 pueden componerse de vidrio flotado sódico-cálcico o alternativamente, ambos pueden componerse de vidrio de bajo CTE.

35 Además de lo definido anteriormente, la expresión "no concordante" también significa el uso de vidrio que tiene diferentes espesores, independientemente de si el tipo de vidrio es el mismo o diferente. Por ejemplo, el sustrato 31 y la hoja de vidrio laminada externa 22 podrían ser del mismo material, pero tener diferentes espesores. O, a modo de ejemplo solamente, sustrato 31 puede ser de un material diferente que el de la hoja de vidrio laminada externa 22 y tener diferentes espesores. Además, a modo de ejemplo solamente, el sustrato 31 puede ser de un material del mismo tipo del de la hoja de vidrio laminada externa 22 pero tener un coeficiente de expansión térmica diferente y/o espesor diferente.

40 El sustrato EC 31 de la presente invención puede seleccionarse a partir de materiales de vidrio tradicionales incluyendo vidrio recocido sódico-cálcico, tales como los de Guardian Industries (Guardian Global Headquarters, Auburn Hills, Mich.), Pilkington, North America (Toledo, Ohio), Cardinal Glass Industries (Eden Prairie, Minn.), y AGC (AGC Flat Glass, Alpharetta, Ga.), quienes producen vidrio fino de gran área.

45 El sustrato EC 31 también puede seleccionarse a partir de materiales que incluyen vidrio de borofloat de bajo CTE, tales como los que están disponibles en Schott (Schott North America Elmsford, N.Y.), o vidrios de boroaluminosilicato tales como el Corning 1737™, y el Corning Eagle XG™ (cada uno disponible en Corning Incorporated, Corning, N.Y.). Además, el sustrato EC 31 puede seleccionarse de materiales que incluyen vidrio de aluminosilicato. Los expertos en la técnica podrán seleccionar otros sustratos de vidrio adecuados para este propósito y satisfacer las limitaciones de la invención reivindicada.

50 El sustrato EC 31 también puede estar compuesto de un polímero, copolímero, o mezclas de uno o más polímeros o copolímeros. Ejemplos no limitativos de polímeros incluyen poliimida, polietileno, naftaleno (PEM), polietilentereftalato (PET), aramida u otros materiales poliméricos similares. Los expertos en la técnica podrán seleccionar otros sustratos poliméricos adecuados para este propósito y satisfacer las limitaciones de la invención reivindicada.

55 En general, el sustrato EC 31 puede tener cualquier espesor dependiendo de la aplicación deseada (p. ej. ventanas

arquitectónicas residenciales, ventanas arquitectónicas comerciales, o incluso ventanas para automóviles) y las propiedades térmicas/estructurales deseadas. Típicamente, el sustrato **31** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 0,7 mm aproximadamente 6 mm. En algunas realizaciones, el sustrato EC **31** tiene un espesor que varía de entre aproximadamente 1,5 mm aproximadamente 2,3 mm.

- 5 En algunas realizaciones, el vidrio recocido o vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de entre aproximadamente 7,0 ppm/K y aproximadamente 10,0 ppm/K. En otras realizaciones, el vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un CTE de entre aproximadamente 8,2 ppm/K y aproximadamente 9,0 ppm/K. En algunas realizaciones que utilizan vidrios de bajo CTE, el coeficiente de expansión térmica varía de aproximadamente 2,0 ppm/K a aproximadamente 6,4 ppm/K. En algunas realizaciones específicas que utilizan vidrios de bajo CTE, los coeficiente de expansión térmica son los siguientes: Corning 1737 (aproximadamente 3,76 ppm/K), Corning EagleXG™ (aproximadamente 3,2 ppm/K) y Schott Borofloat 33™ (aproximadamente 3,3 ppm/K).

- 10 La hoja de vidrio laminada externa EC **22** de la presente invención puede seleccionarse a partir de materiales que incluyen vidrio reforzado con calor, vidrio templado, vidrio parcialmente reforzado con calor o templado, o vidrio recocido. El "vidrio reforzado con calor" y el "vidrio templado", como se conocen esos términos en la técnica, son tipos de vidrio que han sido tratados con calor para inducir compresión superficial y de otra forma reforzar el vidrio. Los vidrios tratados con calor se clasifican como totalmente templados o reforzado con calor. Según la Especificación Federal DD-G-1403B, el vidrio totalmente templado debe tener una compresión superficial de aproximadamente 69 MPa o mayor para una compresión de borde de aproximadamente 67 MPa o mayor. Se cree que el vidrio reforzado con calor debe tener una compresión superficial entre aproximadamente 24 y aproximadamente 69 MPa, o una compresión de borde entre aproximadamente 38 y aproximadamente 67 MPa. Se cree que las características de fractura del vidrio reforzado con calor varían ampliamente y puede ocurrir fractura a tensiones desde aproximadamente 41 a valores por encima de 69 MPa.

- 15 En general, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** puede tener cualquier espesor dependiendo de la aplicación deseada (p. ej. ventanas arquitectónicas residenciales o ventanas arquitectónicas comerciales) y las propiedades térmicas/estructurales deseadas. En algunas realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** puede componerse de plásticos incluyendo policarbonatos. Típicamente, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tiene un espesor que varía entre aproximadamente 2,3 mm y aproximadamente 12 mm. En algunas realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tiene un espesor que varía de entre aproximadamente 2,3 mm y aproximadamente 6 mm. Por supuesto, puede utilizarse vidrio más grueso en caso de que la aplicación lo requiera, p. ej. cuando se usa en aplicaciones arquitectónicas que experimentan altas cargas de viento o para aplicaciones balísticas o de resistencia a la explosión.

- 20 En algunas realizaciones, el vidrio recocido o vidrio flotado sódico-cálcico utilizado tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de entre aproximadamente 7,0 ppm/K y aproximadamente 10,0 ppm/K. En otras realizaciones, el vidrio flotado sódico-cálcico tiene un CTE de entre aproximadamente 8,2 ppm/K y aproximadamente 9,0 ppm/K. En algunas realizaciones que utilizan vidrios de bajo CTE, el coeficiente de expansión térmica varía de aproximadamente 2,0 ppm/K a aproximadamente 6,4 ppm/K. En algunas realizaciones específicas que utilizan vidrios de bajo CTE, los coeficiente de expansión térmica son los siguientes: Corning 1737™, aproximadamente 3,76 ppm/K; Corning EagleXG™, aproximadamente 3,2 ppm/K; y Schott Borofloat 33™, aproximadamente 3,3 ppm/K.

- 25 En algunas realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen aproximadamente el mismo coeficiente de expansión térmica (CTE). En otras realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen diferente CTEs. En otras realizaciones, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente 50%. En otras realizaciones adicionales, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente 30%. En realizaciones adicionales, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente 20%. En otras realizaciones adicionales, el sustrato EC **31** y la hoja de vidrio laminada externa EC **22** tienen un coeficiente de expansión térmica que difiere en menos de aproximadamente 10%. Como ha sido discutido en la presente memoria, la selección de un material intercapa adecuado **28** puede ayudar a mitigar cualquier tensión ocasionada por una falta de concordancia en el CTE.

- 30 Por ejemplo, la Fig. 2 muestra la distribución de tensión de un laminado cuando el vidrio de bajo CTE se usa como sustrato EC **31**, el vidrio sódico-cálcico se usa como hoja de vidrio laminada externa EC **22**, y el polivinilbutilal se usa como material intercapa **28**. La simulación muestra el efecto de sombra de un marco de 25 mm alrededor del borde del panel. Se cree que el marco provoca un gradiente de temperatura entre el borde y el centro del laminado, por lo que se provoca la formación de tensiones en el borde. En el caso de una estructura laminada, una falta de concordancia en el CTE provoca tensiones adicionales ya que la absorción provoca que el dispositivo se caliente. El efecto de esta falta de concordancia en el CTE se muestra en la Fig. 3a, en la cual el laminado de vidrio sódico-cálcico de bajo CTE de absorción solar sometido a una radiación incidente de 1.000 W/m² tiene un nivel mayor de tensión pico en comparación con una estructura laminada sódico-cálcica/sódico-cálcica en las mismas condiciones de absorción solar, que también se muestra en la Fig. 3a. Como se muestra en esos ejemplos, tensión de borde máxima cambia a lo largo del tiempo conforme el laminado EC absorbe más radiación solar, hasta una tensión

máxima de aproximadamente 20,5 MPa después de aproximadamente 40 minutos. En tiempos más largos, la conducción de calor a través del vidrio desde la región expuesta hasta la región del borde ensombrecida provocará que la temperatura se equilibre y tensiones térmicas correspondientes disminuyan desde su nivel pico. Se cree que esas tensiones pueden reducirse cuando se laminan juntos dos paneles de bajo CTE, tales como los que se muestran en la Fig. 3b, bajo las mismas condiciones de sombra del marco de borde y absorción solar que las que se muestran en la Fig. 3 a.

En realizaciones preferidas, el borde de sustrato EC 31 se protege de la manipulación y daños mecánicos. Sin desear estar limitado por una teoría en particular, se cree que si los bordes de sustrato EC 31 son significativamente entallados o astillados, podría verse comprometida la resistencia general del dispositivo EC. En algunas realizaciones de la presente invención, el sustrato EC 31 se penetra en relación a la hoja de vidrio laminada externa EC 22. En otras realizaciones, el tamaño del sustrato EC 31 es ligeramente menor que el tamaño de la hoja de vidrio laminada externa EC 22, en por lo menos una dimensión, preferiblemente en por lo menos dos dimensiones, y más preferiblemente en todas las dimensiones. En algunas realizaciones, sustrato EC 31 se penetra de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm en por lo menos una dimensión, y preferiblemente de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 3 mm alrededor del perímetro con relación a la hoja de vidrio 22. En otras realizaciones, el sustrato EC 31 se penetra de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm, en por lo menos una dimensión, y preferiblemente aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2,0 mm alrededor del perímetro con relación a la hoja de vidrio 22.

En algunas realizaciones, la profundidad de la indentación se determina por tolerancias de colocación automatizada de las dos piezas de vidrio durante el proceso de moldeo/fabricación del laminado así como cualquier ligero movimiento incurrido durante el proceso de laminado térmico. En algunas realizaciones, durante procesamiento térmico se permite que el material intercapa fluya alrededor del borde de sustrato EC 31 proporcionando un elemento de protección que, se cree, protege además el laminado de dispositivo EC 29 de daños durante el transporte e instalación. En algunas realizaciones, se añade un exceso de material intercapa para alcanzar esto. En otras realizaciones, pueden depositarse materiales protectores adicionales alrededor del perímetro del dispositivo EC, tales como polímeros (incluyendo, pero no limitándose a epoxis, uretanos, siliconas, y acrilatos). Esos materiales pueden ser aplicados en cantidades variables para alcanzar el resultado deseado.

El material intercapa puede seleccionarse de cualquier material que permita que el dispositivo EC 32 sea laminado por aquellos métodos conocidos en la técnica, a la hoja de vidrio laminada externa EC 22. En general, el material intercapa 28 debería poseer una combinación de características que incluyen: (a) alta transparencia óptica; (b) baja opacidad; (c) alta resistencia al impacto; (d) alta resistencia a la penetración; (e) resistencia a la luz ultravioleta; (f) buena estabilidad térmica a largo plazo; (g) suficiente adhesión al vidrio y/u otros materiales/hojas poliméricas; (h) baja absorción de humedad; (i) alta resistencia a la humedad; (j) excelente resistencia a la intemperie; y (k) alta resistencia a cargas de tensión (p. ej. carga de impacto o carga por viento). En algunas realizaciones, el material intercapa 28 al menos proporciona suficiente adhesión tanto al dispositivo EC 32 como a la hoja de vidrio laminada externa EC 22 para evitar el deslaminado durante las cargas de tensión en servicio y también seleccionarse de modo tal que no afecte negativamente las características visuales del laminado de dispositivo EC 29. En otras realizaciones, el material intercapa debería seleccionarse de modo tal que se satisfagan los criterios de desempeño estándares de la industria para ambos modos de carga (véase, por ejemplo, ANSI 297.1 para el ensayo de impacto y ASTM E1300 para el criterio de carga por viento).

En una realización, un material intercapa adecuado 28 es polivinilbutiral (PVB), disponible en Solutia Inc. (St. Louis, Mo.) bajo el nombre comercial Saflex™. El PVB también se encuentra disponible en DuPont (Wilmington, Del.) bajo el nombre comercial Butacite™. Otros materiales adecuados para el material intercapa 28 incluyen materiales ionoméricos tales como SentryGlas Plus™ (SGP) de DuPont, acetato de etilvinilo (EVA) y poliuretanos reticulados (p. ej. resinas moldeadas in situ) o poliuretanos termoplásticos. Por supuesto, pueden usarse mezclas de cualquiera de los materiales identificados anteriormente. Adicionalmente, otros materiales poliméricos pueden usarse como material intercapa 28 siempre que satisfagan por lo menos alguno de los requisitos funcionales termomecánicos, de adhesión, y transparencia óptica mencionados anteriormente. Esto también incluye materiales intercapa compuestos de capas de polímero compuesto diseñados para aplicaciones de atenuación de sonido, resistencia balística y resistencia a la explosión mejoradas. Esos materiales están fácilmente disponibles para los expertos en la técnica.

En otras realizaciones, el material intercapa 28 puede incluir siliconas y epoxis.

Si, por ejemplo, el sustrato EC 31 y la hoja de vidrio laminada externa EC 22 están compuestos del mismo material, se cree que ambos paneles de vidrio podrían tener aproximadamente el mismo coeficiente de expansión térmica. Cuando los materiales difieren, es decir, una situación no concordante como la de la Fig. 2, sin desear estar limitado por una teoría en particular, se cree que la selección de un material intercapa adecuado 28 podría afectar la transferencia o distribución de tensión entre los paneles de vidrio no concordantes, y por lo tanto, se cree que aliviaría por lo menos alguna de las tensiones presentes en diversos puntos en el laminado.

Para estructuras de laminado que involucran un coeficiente de expansión térmica (CTE) no concordante entre las hojas de vidrio, se cree que la intercapa debería seleccionarse de modo tal que sea (1) lo suficientemente compatible para no transmitir tensiones de tracción del panel de vidrio con un CTE mayor al panel de vidrio con un

CTE menor; o (2) lo suficientemente rígido en la temperatura de laminación de modo tal que puedan transmitirse tensiones de compresión del panel de vidrio con alto CTE al panel de vidrio con bajo CTE durante el enfriamiento con relajación mecánica de polímero despreciable a bajas temperaturas.

5 Las Figs. 3a y 3b proporcionan una comparación de resistencia a tracción pico en el borde para un laminado (en donde los paneles componentes en este caso tienen espesores de 0,7 mm y 6 mm, respectivamente) expuesto a irradiación solar, con los bordes ensombrecidos por un marco de ventana/arquitectónico de 2,54 cm (1 pulgada). Los ejemplos concordantes (bajo CTE/bajo CTE; sódico-cálcico/sódico-cálcico) y no concordantes (bajo CTE/sódico-cálcico) se muestran como una función del tiempo. Para un material intercapa rígido (transmisor de tensión), la tensión efectiva para la combinación bajo CTE/sódico-cálcico puede ser mayor que para la combinación sódico-cálcico/sódico-cálcico. Como tal, se cree que la tensión de borde resultante puede depender de las propiedades termomecánicas del material intercapa.

Se cree que los laminados del dispositivo EC **29** (o las IGUs **30** que comprende esos laminados) soportan tensiones similares a aquellas encontradas por dispositivos electrocrómicos tradicionales fabricados sobre sustratos de vidrio templado o tratados con calor (o las IGUs que comprenden tales dispositivos electrocrómicos tradicionales).

15 En algunas realizaciones se entiende por soportar tensiones similares, que los laminados del dispositivo EC **29** o las IGUs **30** de la presente invención pasan aproximadamente los mismos ensayos estándar de la industria que los dispositivos electrocrómicos tradicionales o IGUs. En otras realizaciones se entiende por soportar tensiones similares, que los laminados del dispositivo EC **29** o IGUs **30** de la presente invención pueden soportar (i) tensiones en exceso de forma segura de tensiones termomecánicas máximas en servicio encontradas en aplicaciones EC tradicionales, y/o (ii) por lo menos aproximadamente 50% de las mismas cargas de servicio o tensiones que dispositivos electrocrómicos tradicionales o IGUs. En algunas realizaciones, el laminado de dispositivo EC **29** es capaz de soportar una tensión de borde térmica (o carga de servicio) de por lo menos aproximadamente 17 MPa. En otras realizaciones, el laminado de dispositivo EC es capaz de soportar una tensión de borde térmica de por lo menos aproximadamente 21 MPa. En algunas realizaciones, el dispositivo EC **29** tiene una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 60 MPa. En otras realizaciones, el dispositivo EC o sustrato EC tiene una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 69 MPa. En otras realizaciones adicionales, el dispositivo EC o sustrato EC tiene una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 75 MPa. Aún en realizaciones adicionales, el dispositivo EC o sustrato EC tiene una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 100 MPa.

30 En algunas realizaciones, el laminado EC **29** o sustrato EC **31** es parte de una IGU. El panel de vidrio **20**, que se usa para formar la IGU, puede seleccionarse de cualquier material, incluyendo vidrios o plásticos usados tradicionalmente en estructuras de IGU. Por ejemplo, puede usarse cualquier tipo de vidrio (vidrio sódico-cálcico, vidrio de bajo CTE, vidrio templado, y/o vidrio recocido) o plástico. Además, el panel de vidrio **20** puede ser por sí mismo un laminado multihoja de uno o más materiales (múltiples hojas de vidrio, múltiples hojas de plástico, hojas alternas de vidrio o plástico en cualquier orden). El panel de vidrio **20** también puede teñirse con cualquier color o revestirse por uno o ambos lados en cualquier forma tradicional, tal como revestimiento por deposición química o física de vapor. El panel de vidrio **20** puede ser un dispositivo electrocrómico o termocrómico. El panel de vidrio **20** puede ser cortado por láser o ser rayado mecánicamente. Además, la IGU **30** de la Fig. 1B puede ser una IGU de triple hoja, es decir, una IGU que contiene una hoja de vidrio adicional (o polímero, p. ej. acrílico) **20** adyacente a uno de los paneles de vidrio **20** o laminado de dispositivo EC **29**, pero separado por espaciadores. El panel de vidrio **20** puede tener cualquier espesor o tener cualquier propiedad, con la condición de que satisfaga los mínimos de códigos de construcción comercial o residencial y/o estándares de ventanas.

Métodos de fabricación

“Revestir-después-cortar”

45 En una realización de la invención propuesta, los Solicitantes han descubierto una metodología de fabricación que implica el concepto de ‘revestir-después-cortar’. En un aspecto es un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico sobre el sustrato; cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales, y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales a una hoja de vidrio laminada externa separada. Como se usa en la presente memoria, un “dispositivo electrocrómico precursor” es un dispositivo EC, típicamente una pila de películas finas como se describió anteriormente, aplicada o depositada sobre un sustrato antes de cortar ese sustrato en dispositivos EC individuales. Como tal, se fabrican múltiples precursores del dispositivo EC sobre cualquier sustrato individual, o como se describe en la presente memoria, una hoja derivada del sustrato. Típicamente, la disposición de los precursores EC se diseña para incorporar suficiente espacio entre los precursores para permitir el corte, preferiblemente sin dañar cualquier película o la pila en general.

En algunas realizaciones, el dispositivo EC (o precursor) **32** se produce, en general, revistiendo o aplicando la pila EC **21** sobre un gran panel de sustrato **31**, tal como vidrio recocido. La pila puede ser aplicada o depositada según aquellos métodos conocidos en la técnica y como se incorporan en la presente memoria. El dispositivo EC (o precursor) **32** se corta después posteriormente (por medios mecánicos tradicionales como se detallan en la presente

memoria, corte por láser, métodos de corte electrotérmico) a una dimensión deseada dependiendo de la aplicación final. Por supuesto, el panel puede cortarse en cualquier tamaño o forma. El sustrato también puede haber sido precortado de un panel más grande. El dispositivo **32** se lamina después en una hoja de vidrio laminada externa EC **22**, preferiblemente para proporcionar resistencia mecánica adicional. El laminado EC **29** puede construirse con el sustrato de dispositivo EC **32** como se muestra en la Fig. 1B (es decir, con la pila de película EC **21** sobre el exterior del laminado EC **29**) o alternativamente, el laminado EC **29** puede construirse con el sustrato de dispositivo EC **32** orientado con la pila de película EC **21** en contacto con el material intercapa **28** (es decir, la pila de película EC sobre el interior del laminado).

Una vez que el laminado de dispositivo EC **29** se procesa, opcionalmente se combina con vidrio **20** para formar una IGU **30**.

En algunas realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC es de aproximadamente el mismo tamaño que el dispositivo EC. En otras realizaciones, la hoja de vidrio laminada externa EC es de un tamaño diferente que el dispositivo EC. En algunas realizaciones, el sustrato EC se penetra con relación a la hoja de vidrio exterior, como se describió anteriormente. Como se detalla adicionalmente en la presente memoria, el vidrio laminado externo EC puede tener aproximadamente el mismo o diferentes espesores y/o coeficientes de expansión térmica que el dispositivo EC (o el sustrato sobre el que se deposita el dispositivo EC). La hoja de vidrio laminada externa puede ser cortada mecánicamente o cortada por láser. "Cortar-después-revestir-después-cortar"

En otra realización de la invención propuesta, los Solicitantes han descubierto una metodología de fabricación que implica primero cortar un gran panel de un sustrato EC en uno o más paneles derivados del sustrato, seguido por la aplicación del concepto 'revestir-después-cortar' descrito anteriormente a cada uno de los uno o más paneles derivados del sustrato (este proceso de aquí en adelante se refiere como proceso "cortar-después-revestir-después-cortar").

Como tal, otro aspecto de la presente invención es un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; cortar el sustrato electrocrómico en uno o más paneles derivados del sustrato; fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico en cada uno de los uno o más paneles derivados del sustrato; cortar cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada.

En algunas realizaciones, un gran panel de sustrato de vidrio recocido se corta en uno o más paneles derivados del sustrato. En otras realizaciones, un gran panel de sustrato de vidrio recocido se corta en una pluralidad de paneles derivados del sustrato. Cada uno de los paneles derivados del sustrato puede ser aproximadamente del mismo tamaño y/o forma, o pueden tener diferentes tamaños y/o formas. Por ejemplo, el sustrato EC grande inicial puede cortarse en tres paneles derivados del sustrato de igual tamaño o puede cortarse en tres paneles derivados del sustrato en donde cada uno tiene un tamaño diferente. Por lo menos alguno de los bordes de los paneles derivados del sustrato pueden pasar después por un proceso de pulido del borde opcional, seguido preferiblemente, de lavado. En otras realizaciones, el gran panel de sustrato se corta en un único panel derivado del sustrato más pequeño (en por lo menos una dimensión).

En algunas realizaciones, los paneles derivados del sustrato se cargan en soportes para un procesamiento adicional, es decir, la fabricación de los precursores del dispositivo EC por revestimiento de cada uno de los paneles derivados del sustrato con una pila EC como se describe en la presente memoria. Cualquier número de paneles derivados del sustrato puede cargarse en cualquier soporte individual, pero se prefiere optimizar el área de superficie del soporte con tantos paneles derivados del sustrato como encajen. Cada uno de los precursores del dispositivo EC en cada uno de los paneles derivados del sustrato se corta después adicionalmente, tal como por corte por láser.

Se cree que el proceso cortar-después-revestir-después-cortar proporciona diversas ventajas. Primero, es típico que el sustrato de vidrio se mantenga a un ángulo leve durante un proceso de pulverización (suele ser entre aproximadamente 5 grados y 9 grados en relación con la vertical). Este ángulo podría conducir a una desviación, lo que podría finalmente conducir a revestimientos no uniformes debido al arqueamiento del vidrio. Se cree que este arqueamiento del vidrio aumenta cuando el tamaño del vidrio aumenta. En tal caso, la aplicación de revestimientos (p. ej., pilas EC) mediante pulverización en piezas de vidrio más pequeñas, primero cortadas de un panel de sustrato más grande, podría ayudar a aliviar cualquier no uniformidad potencial. En algunas realizaciones, el sustrato de vidrio se mantiene verticalmente durante el revestimiento. Sin desear estar limitado por una teoría en particular, se cree también que el arqueamiento podría ser ocasionado por tensiones térmicas. Se cree que cualquier tensión térmica podría, del mismo modo, reducirse por el uso de paneles derivados del sustrato, preferiblemente paneles derivados del sustrato más pequeños.

Segundo, ciertos tamaños (o formas) deseados del sustrato de vidrio no siempre están disponibles en un fabricante. Por ejemplo, el vidrio de un fabricante puede ser muy grande para encajar en un soporte o en una cámara de pulverización reactiva. Además, puede ser más rentable comprar piezas de vidrio más grandes y primero cortarlas para que encajen en un soporte.

Tercero, se cree que los bordes del vidrio tal como se recibe puede que no siempre estén en una condición adecuada para un procesamiento inmediato. En esos casos, es deseable cortar primero el vidrio en paneles derivados más pequeños que tienen un borde libre de defectos o un borde que satisface los requisitos de fabricación aguas abajo y de procesamiento.

- 5 Cuarto, cualquier pieza de vidrio grande puede contener un defecto. Un panel de vidrio(s) sin el defecto puede cortarse a partir del panel de vidrio grande, sin perder grandes cantidades de vidrio o tiempo de procesamiento.

La etapa de laminado en los procesos “revestir-después-cortar” y “cortar-después-revestir-después-cortar” se lleva a cabo usando métodos conocidos por los expertos en la técnica. Por ejemplo, los procesos de laminado típicos incluyen el calentamiento del laminado a presiones moderadas para crear una unión parcial entre los paneles de vidrio, p. ej. un proceso de rodillo compresor, seguido por un proceso de unión extendida, p. ej. utilizando un autoclave, a temperaturas y presiones elevadas para completar la unión al vidrio y eliminar cualquier aire residual o disolver el aire en la estructura de polímero para crear una intercapa ópticamente clara. Otras metodologías utilizan: (i) un proceso al vacío combinado con calentamiento para eliminar aire de la región de la intercapa y unir los paneles de vidrio, o (ii) un polímero que se vierte en el hueco entre los paneles de vidrio que llena el espacio capilar entre ellos para crear una intercapa transparente.

Corte por láser

En algunas realizaciones de la presente invención, se usa un láser para cortar el laminado de dispositivo EC 29 o el sustrato EC 31. Como se usa en la presente memoria, la expresión “corte por láser” significa (i) usar un láser para crear una grieta delgada perpendicular a la superficie del sustrato que se propaga posteriormente a través del vidrio por un momento de torsión aplicado para producir una separación completa, o (ii) un corte completo a través del vidrio por una grieta inducida por láser que se propaga a lo largo de la longitud del sustrato para una separación completa. El proceso de corte por láser es igualmente aplicable a los procesos de “revestir-después-cortar” y “cortar-después-revestir-después-cortar”.

De ese modo, un aspecto de la presente invención es un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende proporcionar un sustrato electrocrómico; fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico sobre el sustrato; cortar por láser cada uno de los precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y laminar cada uno de los dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada. En algunas realizaciones, el proceso de corte por láser implica inducir una grieta superficial fina propagada para una separación por la aplicación de un momento de torsión, o un “corte pasante” completo por la iniciación y propagación de una grieta a lo largo del sustrato para una separación completa sin que se requiera un doblado o una “rotura” posterior.

Más específicamente, se fabrica un vidriado externo laminado innovador y térmicamente tenaz usando un rayo láser enfocado para facilitar el corte de los sustratos de vidrio revestidos en hojas derivadas individuales. Sin desear estar limitado por una teoría en particular, se cree que la energía láser calienta localmente el vidrio seguido por un rápido enfriamiento a lo largo de las líneas de separación. Esto da como resultado la formación de grietas perpendiculares al vidrio, dando como resultado un borde libre de virutas y microgrietas adicionales que pueden provocar la contaminación y debilitamiento del borde, respectivamente. El borde procesado con láser resultante no requiere ningún acabado de borde adicional.

En algunas realizaciones, se cree que los bordes cortados por láser pueden soportar tensiones aproximadamente 2 a aproximadamente 3 veces mayores que bordes patrón cortados mecánicamente y, se cree, que tienen una resistencia de borde comparable con el vidrio reforzado con calor. Consecuentemente, se cree que el corte por láser, los sustratos de dispositivos EC no templados pueden soportar variaciones de temperatura, y por lo tanto, las tensiones asociadas con tales variaciones de temperatura, que se generan típicamente en el campo cuando el vidrio se tiñe profundamente.

En algunas realizaciones, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de por lo menos aproximadamente 69 MPa. Aun en otra realización, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de por lo menos aproximadamente 75 MPa. Aún en otra realización, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensiones de por lo menos aproximadamente 100 MPa. Aún en realizaciones adicionales, los paneles de corte por láser son capaces de soportar tensión de entre aproximadamente 70 MPa y aproximadamente 310 MPa.

Datos experimentales y ejemplos

Resultados del ensayo de impacto del laminado

Se llevó a cabo un ensayo de impacto sobre laminados “no concordante” que comprende: (1) un sustrato EC 31, compuesto de vidrio flotado sódico-cálcico recocido o vidrio de bajo CTE; y (2) una hoja de vidrio laminada externa EC 22, compuesta de un vidrio reforzado con calor, vidrio templado, o vidrio recocido, como se muestra en la Fig. 4. Los datos de impacto sugieren una ventana de diseño útil con relación a los espesores del sustrato EC 31 y la hoja de vidrio laminada externa EC 22. Se ensayaron el polivinilbutiral (PVB) y polímeros de ionómero (SGP de DuPont)

como materiales intercapa **28**. El SGP mostró un diseño de ventana más estrecho con relación al sustrato EC/sustrato de soporte y al espesor de intercapa en comparación con PVB que, sin desear estar limitado por una teoría en particular, se cree un mejor desempeño del PVB está relacionado con la compatibilidad/estiramiento mejorados del material PVB.

5 La Fig. 4 resume los datos del ensayo de impacto como una función del sustrato EC **31**, hoja de vidrio laminada externa EC **22**, y espesor intercapa **28**. La Fig. 4 demuestra diferentes combinaciones de espesor de sustrato EC **31**, espesor de la hoja de vidrio laminada externa EC **22** y espesor del material intercapa **28**. Para la geometría de ensayo 86,4 x 193,04 cm (34x76 pulgadas) requerida por la norma ANSI Z97.1-2004, los datos sugieren la aplicación de un amplio intervalo de espesores de vidrio y de intercapa. Se cree que el PVB es más robusto con
10 relación a los espesores de vidrio y de intercapa.

El estándar de ensayo más ampliamente referenciado para el vidrio laminado es emitido por la norma del Instituto Nacional Americano de Normalización, ANSI Z97.1-2004 (Norma Nacional Americana para Materiales de Acristalamiento de Seguridad usada en Edificios—Método de Ensayo de Especificaciones de Desempeño de Seguridad). Esta norma establece tanto las especificaciones como los métodos de ensayo para materiales de acristalamiento como los que se usan para propósitos de construcción y arquitectónicos. El ensayo implica el impacto de una bolsa de plomo de 45,35 kg (100 lb) disparada mantenida en el extremo de una soga y que oscila en la línea central de un panel de vidrio laminado. Hay una norma adicional emitida por el Consejo de Seguridad de Productos de Consumo (CPSC, por sus siglas en inglés), 16CFR1201, que usa la misma metodología de ensayo pero tiene criterios de pasa/fallo levemente diferentes.
15

20 El criterio de pasa/fallo para los ensayos 297.1 y 16CFR1201 son levemente diferentes. El ensayo 297.1 permite la ruptura y formación de un desgarre/hueco más pequeño que permitiría que una bola de 7,62 cm (3 pulgadas) de diámetro lo atravesara. El ensayo 16CFR1201 adicionalmente requiere que una bola de 7,62 cm (3 pulgadas) que pesa 1,8 kg (4 lb) no caiga a través de la abertura después de 1 segundo de duración cuando el panel está en una posición horizontal. Los datos de pasa/fallo reportados están basados en los criterios Z97.1, pero creemos que la rigidez del laminado podría permitir una pasada del ensayo 16CFR1201.
25

Ambos ensayos tienen diferentes categorías, dependiendo de la altura de la caída de la bolsa. Presentamos los resultados del ensayo más extremo que implica la caída desde una altura de 121,9 cm (542,3 N.m) (48 pulgadas (400 pie-lb)). Los tamaños del panel de ensayo típico son 86,4 x 193 cm (34x76 pulgadas) aunque también se ensayó otro tamaño (101,6 x 101,6 cm (40 x 40 pulgadas)). La geometría 101,6 x 101,6 cm (40 x 40 pulgadas) representa un ensayo más desafiante. Todos los sustratos de vidrio para el ensayo de impacto en los ejemplos 1 a 8 a continuación, se cortaron por rayado mecánico. El ensayo fue realizado en SAGE de Faribault, Minn. y en CardinalLG en Amery, Wis.
30

Ejemplos

Ejemplo 1- Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

35

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del ejemplo 1 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

40 Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto.

Ejemplo 2- Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

5 La estructura EC laminada del ejemplo 2 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto.

10 Se ensayaron los paneles de laminado externo que tenían diferentes espesores en los ejemplos 1 y 2, con el resultado de que ambos pasaron el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 3 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	SentryGlas Plus (Dupont)	Espesor: 0,89 mm

Método de fabricación:

15 La estructura EC laminada del ejemplo 3 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

20

Ejemplo 4 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	SentryGlas Plus (Dupont)	Espesor: 0,89 mm

Método de fabricación:

5 La estructura EC laminada del ejemplo 4 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto.

10 Se ensayaron los paneles de laminado externo que tenían diferentes espesores en los ejemplos 3 y 4, con el resultado de que ambos pasaron el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 5 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 4 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 3,3 ppm/K
Material intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

15 La estructura EC laminada del ejemplo 5 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

20

Ejemplo 6 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio reforzado con calor flotado sódico-cálcico	Espesor: 2,3 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	SentryGlas Plus (Du Pont)	Espesor: 1,5 mm

Método de fabricación:

5 La estructura EC laminada del ejemplo 6 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 7 - Laminado EC

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio reforzado con calor flotado sódico-cálcico	Espesor: 2,3 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	SentryGlas Plus (Du Pont)	Espesor: 1,5 mm

10

Método de fabricación:

La estructura EC laminada del ejemplo 7 fue fabricada según un proceso "cortar-después-revestir". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave.

Resultados:

15 La estructura EC laminada que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto. Podrían obtenerse resultados equivalentes usando un proceso de laminado al vacío.

Ejemplo 8 Dispositivo EC de SageGlass®

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Vidrio interior de IGU	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 6 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 6 mm CTE: 8,5 ppm/K

Método de fabricación:

La IGU del ejemplo 8 fue fabricada según los procesos de fabricación patrones descritos en la presente memoria.

Resultados:

La IGU que tiene los componentes detallados anteriormente pasó la norma ANSI 297.1 para el ensayo de impacto.

- 5 Se ha observado que tanto las IGUs laminadas de los ejemplos 1 a 7 como la IGU tradicional del ejemplo 8 pasaron la norma ANSI Z97.1 para el ensayo de impacto. Por lo tanto, se cree que los laminados del dispositivo EC (y las IGUs que los comprenden) de la presente invención son capaces de satisfacer/exceder todos los requisitos de desempeño mecánico industriales para aplicaciones arquitectónicas.

- 10 Comparación de la resistencia de borde de vidrio flotado sódico-cálcico recocido rayado mecánicamente, recocido cortado por láser y reforzado con calor.

- 15 Hemos evaluado la resistencia de borde cortado por láser para una variedad de composiciones de vidrio, espesores de sustrato y orientaciones mecánicas de la muestra de ensayo. La mejor medición cuantitativa de la resistencia de borde para el vidrio cortado por láser se ha realizado usando un montaje de ensayo de doblado de cuatro puntos. En el doblado de cuatro puntos, un ejemplo que utiliza una orientación de muestra 'recostada' en la Fig. 5, toda la región bajo el tramo interno se somete al mismo momento de torsión, y por lo tanto, se cree, permite que se interroge una área efectiva mayor. Hemos ensayado la resistencia de borde en ambas orientaciones 'sobre el borde' y 'recostada'. La orientación 'sobre el borde' se usó inicialmente debido a que permite el ensayo tanto del borde superior como del borde inferior al mismo tiempo, en condiciones de tensión similares a las que se vería durante el servicio. Sin embargo, hemos encontrado una concordancia excelente con los datos en ambas orientaciones de ensayo, y ya que la orientación 'recostada' es más fácil de evaluar usando una instalación de ensayo de doblado de cuatro puntos convencional, hemos ensayado la mayoría de muestras de ensayo en la orientación 'recostada'. Las dimensiones típicas de las muestras fueron 25 mm de ancho y 330 mm de largo con una región de ensayo efectiva de aproximadamente 100 mm. Hemos examinado una variedad de diferentes espesores de vidrio (que varía de aproximadamente 1 mm a 2,3 mm) y composiciones de vidrio que incluyen vidrio flotado sódico-cálcico estándar de varias fuentes de fabricación, y vidrios de bajo CTE que incluyen Eagle2000™ y EagleXG™ (fabricados por Corning) y Borofloat33™ (fabricado por Schott Glass).
- 20
- 25

- Hemos comparado nuestros datos de la resistencia de borde cortado por láser en vidrio sódico-cálcico con valores encontrados en la literatura de resistencia de borde para vidrios sódico-cálcicos recocidos, reforzados con calor y totalmente templados. Veer et al. han publicado recientemente un amplio estudio experimental que compara el vidrio recocido, reforzado con calor y templado. Veer, F A, P C Louter y F P Bos, "The strength of annealed, heat-strengthened and fully tempered float glass," Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, 32 pp. 18-25 (2009). Debido a las restricciones de tamaño mínimo implicadas con refuerzo con calor o templado, sus dimensiones de muestra (10×100×1.000 mm con una longitud de ensayo efectivo de aproximadamente 500 mm) eran significativamente mayores que las de nuestro estudio y una comparación directa requiere una escala apropiada ya que, estadísticamente hablando, un área mayor podría tener una mayor probabilidad de incluir una fisura de tamaño crítico a una tensión dada. Usamos un tratamiento basados en el trabajo de Vuolio (2003) y Beason y Lignell (2002) Beason, W L y A W Lignell, "A Thermal Stress Evaluation Procedure for Monolithic Annealed Glass", Symp. on the Use of Glass in Buildings, ASTM STP1434, ed. V L Block (2002), en el que las resistencias para diferentes tamaños de muestra son proporcionales a la relación de las respectivas áreas de borde:
- 30
- 35

$$40 \quad \sigma_1/\sigma_2=(\text{Área}_2/\text{Área}_1)^{1/m}$$

El módulo de Weibull, m, es una medida de la variación en la respectiva distribución de la resistencia. Se usó un valor de m=5,8 para hacer los cálculos, determinado a partir de los datos experimentales. Esto correspondió a una relación de 1,7.

- 45 Los datos ajustados al área que comparan los resultados de los ensayos in situ y de la literatura son los que se muestran en la Fig. 6. La comparación de los datos in situ y de la literatura sugieren que los datos de ensayo de corte por láser se encuentran entre las distribuciones para los datos de literatura para el reforzado con calor ("HS") y totalmente templado ("FT").

- 50 La Fig. 6 además muestra un gráfico de probabilidad comparativo de la resistencia de borde para el rayado mecánico y con láser. Se cree que los paneles rayados con láser muestran una resistencia de por lo menos 69 MPa, preferiblemente aproximadamente 75 MPa, más preferiblemente aproximadamente 100 MPa.

- 55 La Fig. 6 también proporciona una comparación del ensayo experimental (mecánico ("Rayado Mecánico") y ("Corte por Láser") y datos bibliográficos (ajustados para las diferencias en la geometría de la muestra de ensayo). Nuestros datos de ensayo para muestras de recocido hechas usando procesos de rayado mecánico y corte por láser convencionales, se muestran como triángulos y cuadrados, respectivamente en la Fig. 6. En general, la distribución de resistencia del vidrio cortado por láser (que representan los datos totales a partir de cinco campañas de corte por láser diferentes usando diferentes máquinas de corte por láser) puede describirse como que tiene un desempeño

entre el desempeño de HS y FT.

Ejemplo 9 Laminado cortado por láser

<u>Componente</u>	<u>Material</u>	<u>Propiedades</u>
Hoja de vidrio laminada externa EC	Vidrio flotado sódico-cálcico totalmente templado	Espesor: 3,2 mm CTE: 8,5 ppm/K
Sustrato EC	Vidrio flotado sódico-cálcico recocido	Espesor: 1,7 mm CTE: 8,5 ppm/K
Material intercapa	PVB	Espesor: 0,76 mm

Método de fabricación:

5 El laminado cortado por láser del ejemplo 9 fue fabricado según un proceso "revestir-después-cortar". El laminado fue realizado usando un proceso convencional de rodillo compresor/autoclave. El sustrato EC (dispositivo EC o precursor del dispositivo) se cortó por láser, como se describe en la presente memoria, después de que se depositó la pila EC. La resistencia de borde del laminado cortado por láser se midió por la inducción de tensiones de borde por la creación de un gradiente de temperatura en la muestra. El gradiente de temperatura se creó usando un relleno de calentamiento de silicona que era más pequeño en sus dimensiones laterales en comparación con el laminado. El relleno se colocó sobre la superficie del laminado con un perímetro no calentado de aproximadamente 25 mm de ancho. La magnitud del gradiente se controló mediante el ajuste de la potencia aplicada al relleno de calentamiento (controlado por una fuente de suministro variable variac) mientras se mantenían los bordes del laminado cerca de temperatura ambiente. Las tensiones de borde creadas por el gradiente de temperatura inducido medido directamente usando técnicas fotoelásticas (Stress Photonics, Inc., Madison, Wis.).

Resultados:

Las estructuras EC laminadas por corte láser que tienen los componentes detallados anteriormente, tenían una resistencia de borde de por lo menos aproximadamente 60 MPa después del laminado.

20 También se realizó un estudio de capacidad de cómo se fabrica el procesamiento de rayado por láser térmico (TLS). El estudio usó el ensayo de doblado de cuatro puntos mecánico descrito anteriormente. Se recogieron datos de más de 80 muestras a partir de cinco sesiones de ensayo. Los datos, que representaban cinco campañas TLS diferentes durante un periodo de seis meses, se usaron para desarrollar una capacidad del proceso basado en diferentes tensiones de borde máximo en servicio. La capacidad de proceso Cpk sugirió que la resistencia como se fabricó, fue suficiente para proporcionar una baja probabilidad de fallo en el ambiente de tensión operativa para aplicaciones de ventana de laminado de dispositivo EC.

30 Para calcular la capacidad de proceso usando métodos estadísticos convencionales, se requirió que los datos tuvieran una distribución normal. Los datos de ensayo mecánico TLS siguieron una distribución logarítmica normal y requirieron una transformación logarítmica para alcanzar la normalidad. Se calcularon los valores de capacidad de proceso y las tasas de fallo previstas correspondientes para un número de límites de especificación bajos (es decir, tensiones de borde máximas) para determinar la sensibilidad para gradientes térmicos del dispositivo. La tensión de borde máxima depende de la interacción con el ambiente, así como del diseño de la ventana o marcos arquitectónicos (p. ej. diseño de marcos totalmente aislados contra diseño de disipadores de calor). Los análisis de capacidad se calcularon usando el paquete de software estadístico Minitab5.

La probabilidad de ruptura calculada v tensión de borde máxima	
Tensión máxima (MPa)	Probabilidad de ruptura
117	0,171
103	0,0910000
90	0,0380000

La probabilidad de ruptura calculada v tensión de borde máxima	
Tensión máxima (MPa)	Probabilidad de ruptura
83	0,0220000
69	0,0048000
55	0,0005300
41	0,0000160
34	0,0000010
28	0,0000001

5 Aunque la invención de la presente memoria ha sido descrita con referencia a realizaciones particulares, debe entenderse que esas realizaciones son meramente ilustraciones de los principios y aplicaciones de la presente invención. Por lo tanto debe entenderse que pueden hacerse numerosas modificaciones a las realizaciones ilustrativas y que otras disposiciones pueden concebirse sin alejarse del espíritu y alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende:
 - (a) proporcionar un sustrato electrocrómico;
 - (b) cortar dicho sustrato electrocrómico en una o más hojas derivadas de sustrato;
- 5 (c) Fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico en cada una de dichas una o más hojas derivadas de sustrato, en donde una disposición para dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico tiene un espacio entre los precursores del dispositivo electrocrómico dentro de dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico;
- 10 (d) cortar por láser cada una de dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y
- (e) laminar cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada,
en donde cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de por lo menos 69 MPa.
- 15 2. El proceso de la reivindicación 1, en donde cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de por lo menos 75 MPa.
3. Un proceso para fabricar un laminado de dispositivo electrocrómico que comprende:
 - (a) proporcionar un sustrato electrocrómico;
 - (b) fabricar una pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico sobre dicho sustrato electrocrómico, en donde una disposición
20 para dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico tiene un espacio entre los precursores del dispositivo electrocrómico dentro de dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico;
 - (c) cortar por láser cada una de dicha pluralidad de precursores del dispositivo electrocrómico en dispositivos electrocrómicos individuales; y
 - 25 (d) laminar cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales en una hoja de vidrio laminada externa separada,
en donde cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de por lo menos 69 MPa.
- 30 4. El proceso de la reivindicación 3, en donde cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de por lo menos 75 MPa.
5. El proceso de la reivindicación 3, en donde cada uno de dichos dispositivos electrocrómicos individuales tiene una resistencia de borde de por lo menos 100 MPa.
6. El proceso de la reivindicación 3, en donde dicho dispositivo electrocrómico individual tiene el mismo tamaño que dicha hoja de vidrio laminada externa.
- 35 7. El proceso de la reivindicación 3, en donde dicho dispositivo electrocrómico individual es más pequeño que dicha hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión.
8. El proceso de la reivindicación 7, en donde dicho dispositivo electrocrómico individual se penetra de 0,5 mm a 3 mm con relación a dicha hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión.
- 40 9. El proceso de la reivindicación 7, en donde dicho dispositivo electrocrómico individual se penetra de 1 mm a 2 mm con relación a dicha hoja de vidrio laminada externa en por lo menos una dimensión.
10. El proceso de la reivindicación 3, en donde dicho sustrato electrocrómico y dicha hoja de vidrio laminada externa comprenden el mismo material.
11. El proceso de la reivindicación 10, en donde dicho sustrato electrocrómico tiene un coeficiente de expansión térmica que varía de 4 ppm/K a 8 ppm/K.

FIG. 1A

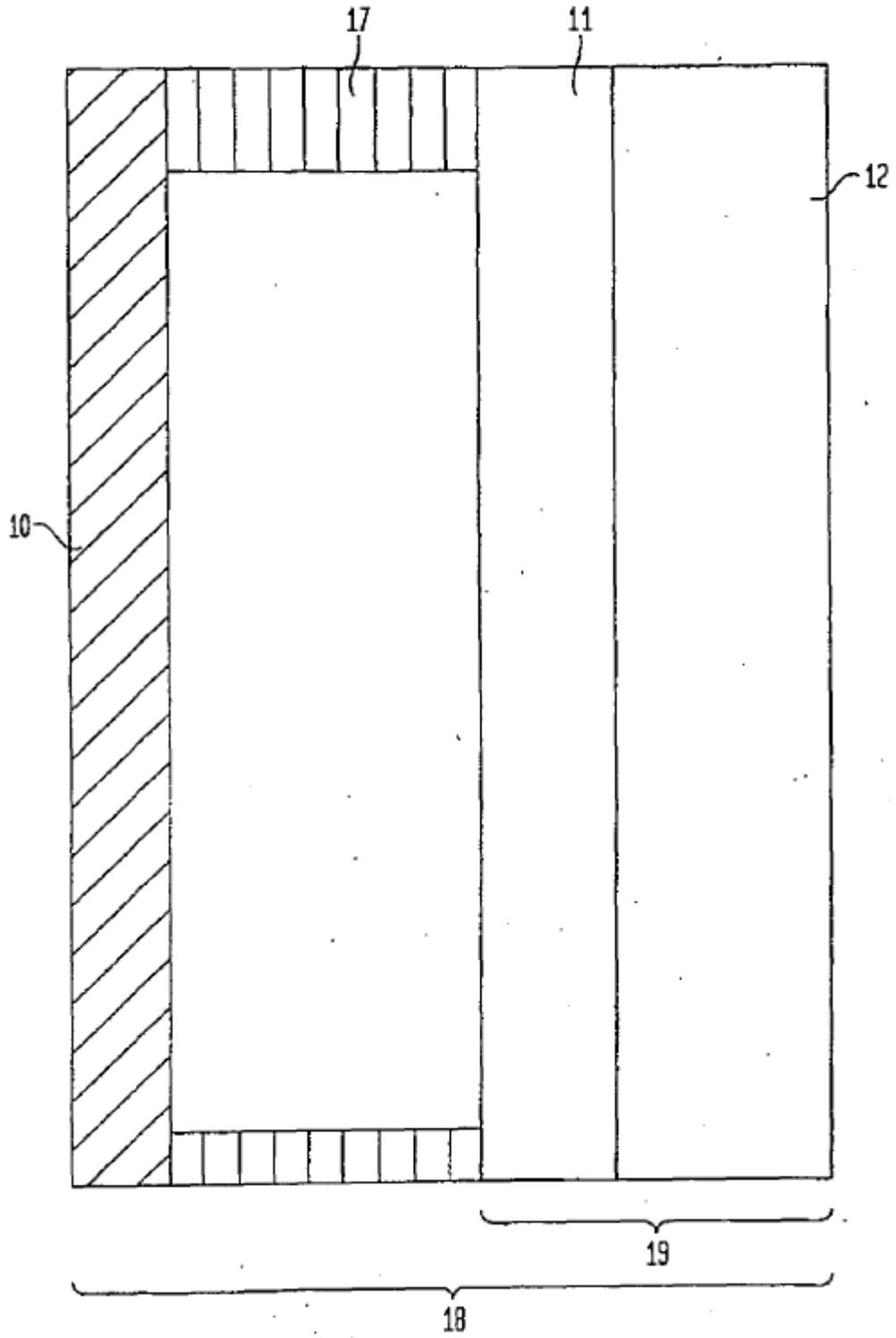


FIG. 1B

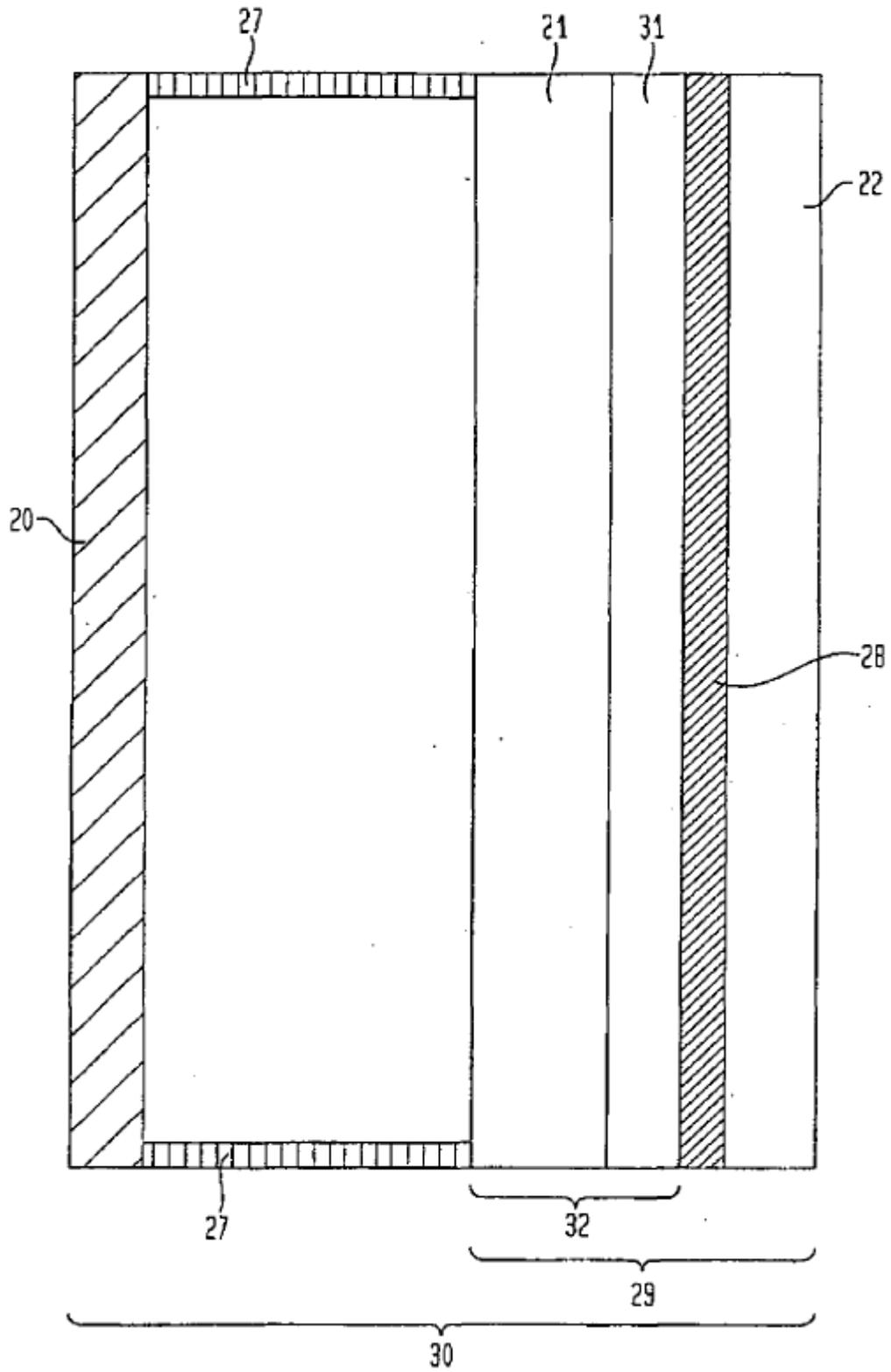


FIG. 2

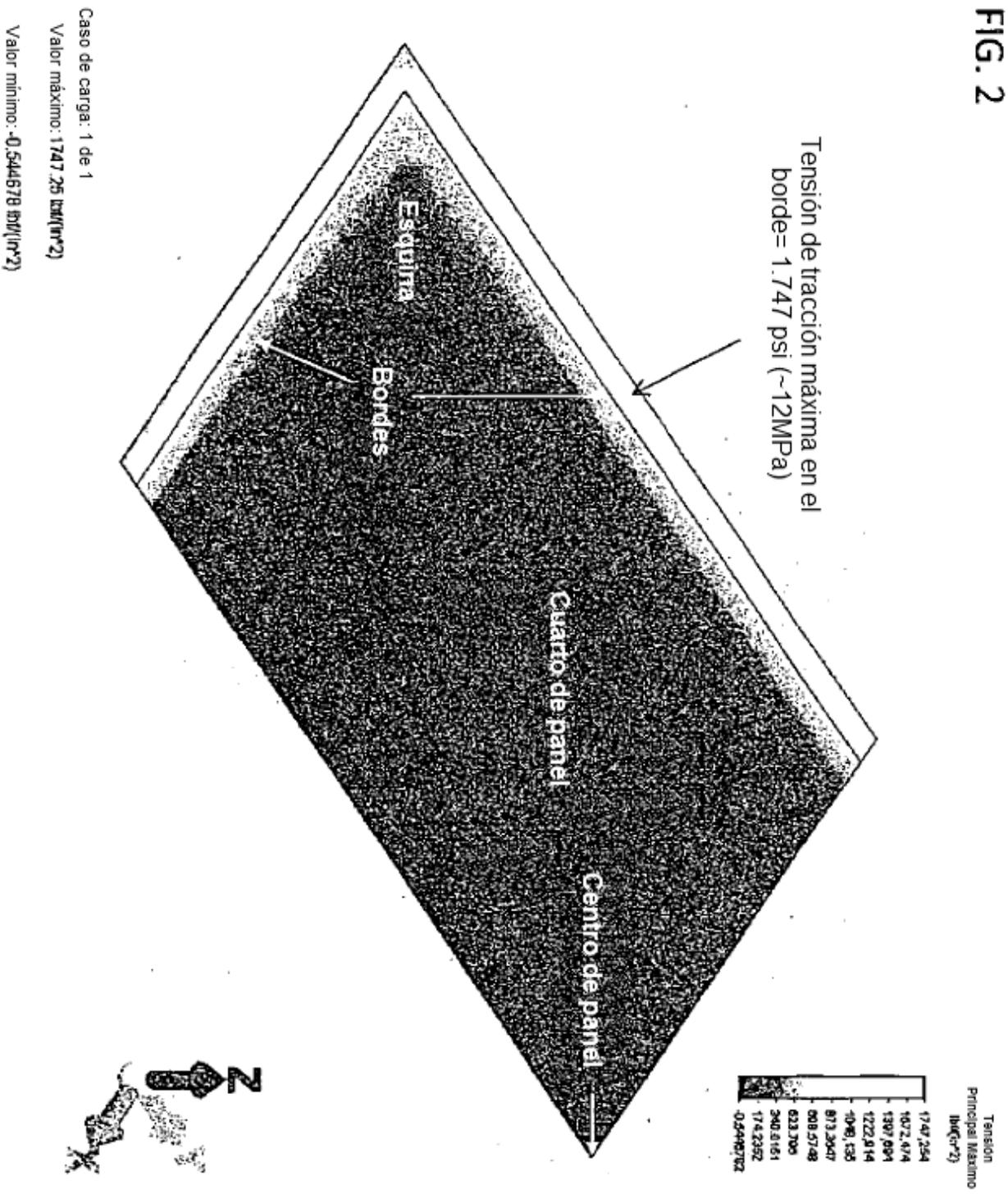


Fig. 3a

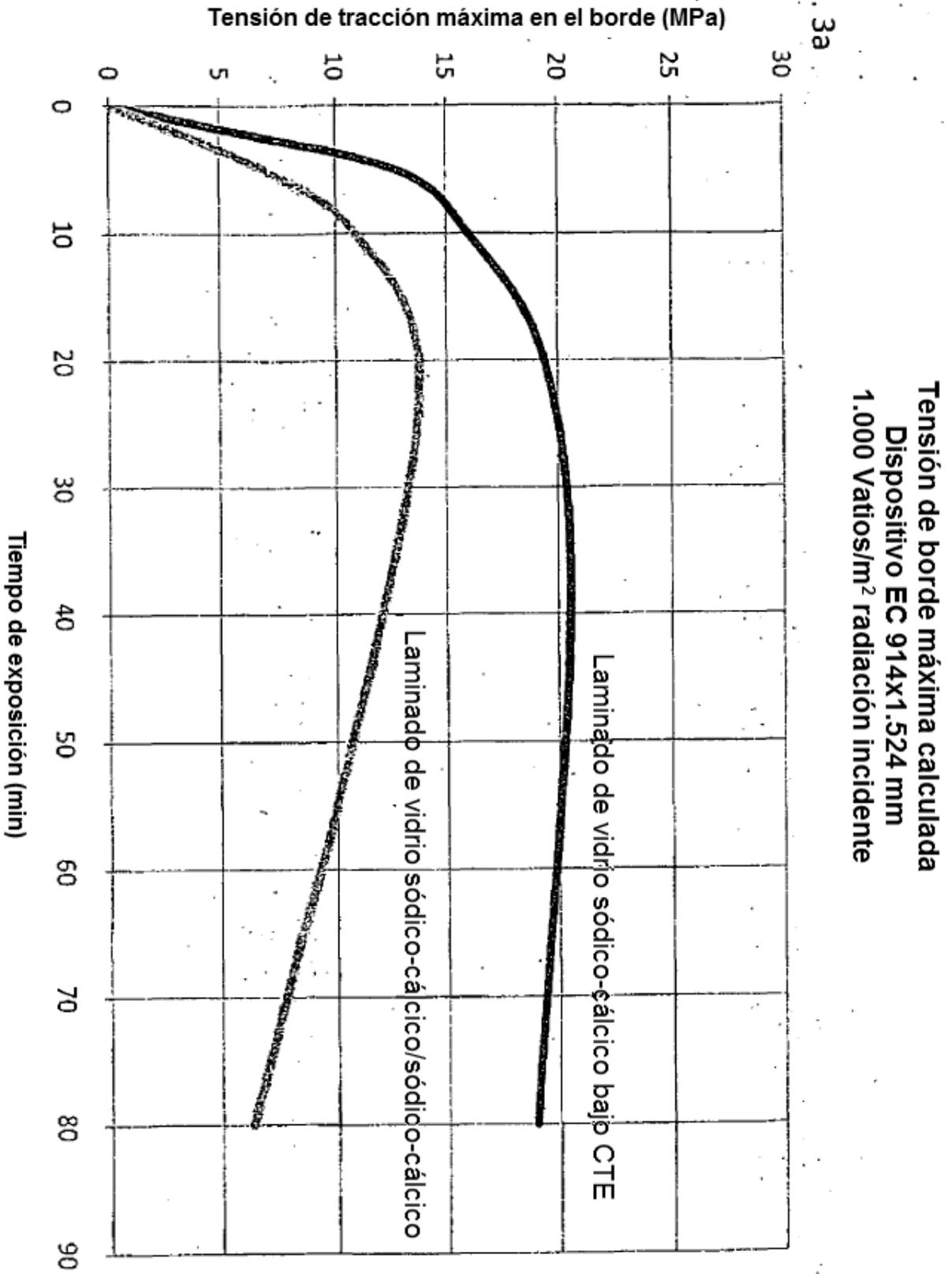


Fig. 3b

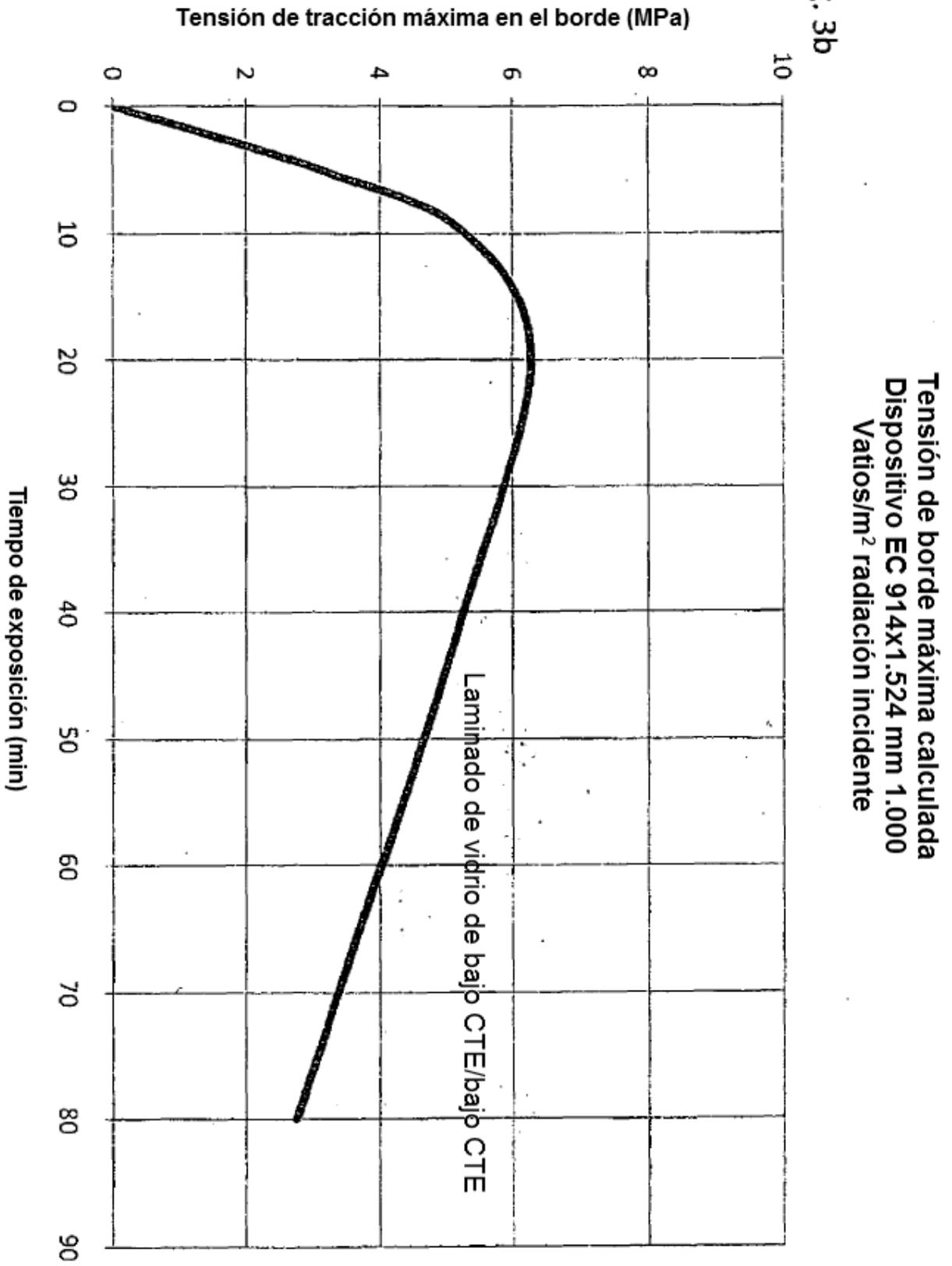


Fig. 4

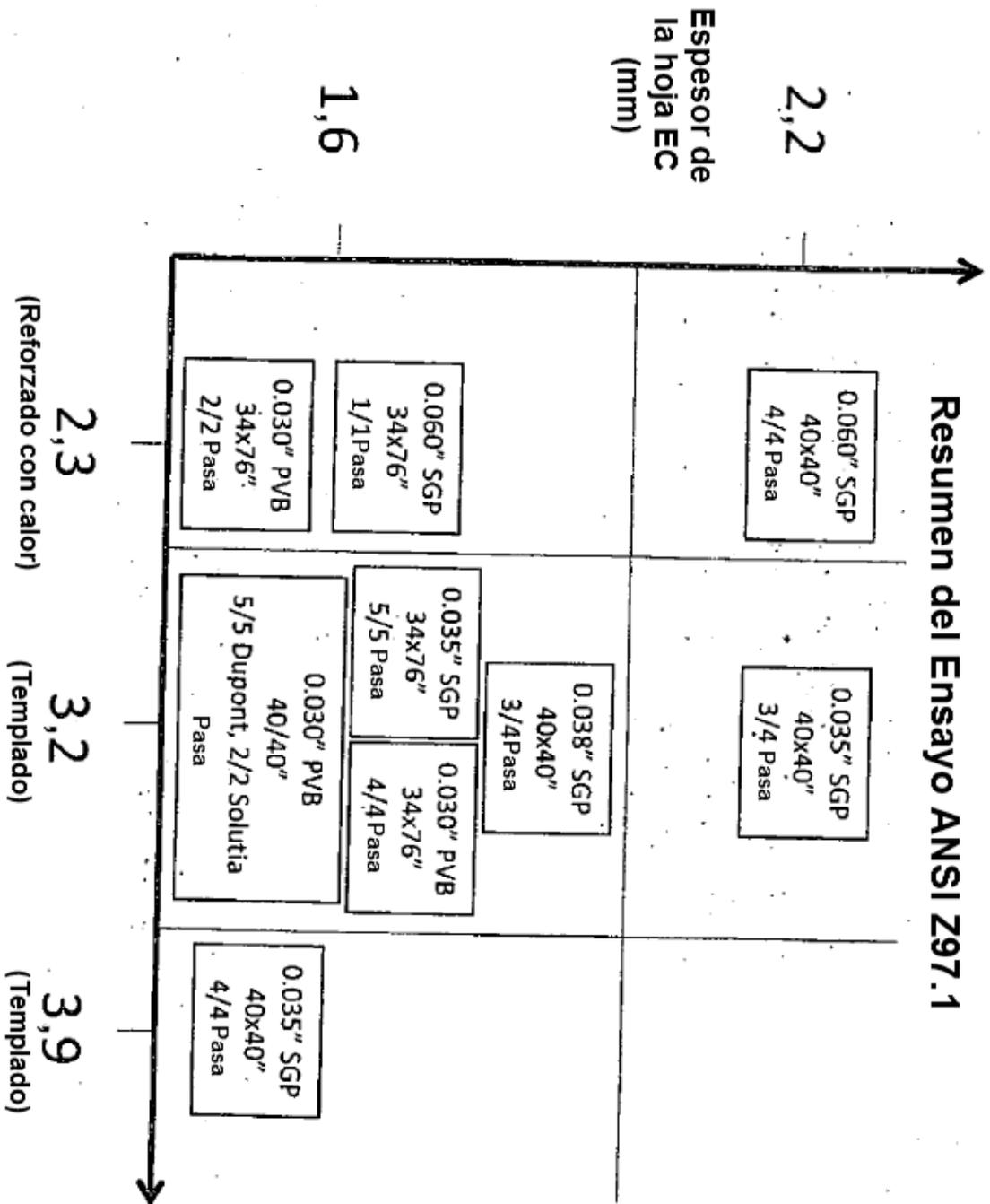


Fig. 5

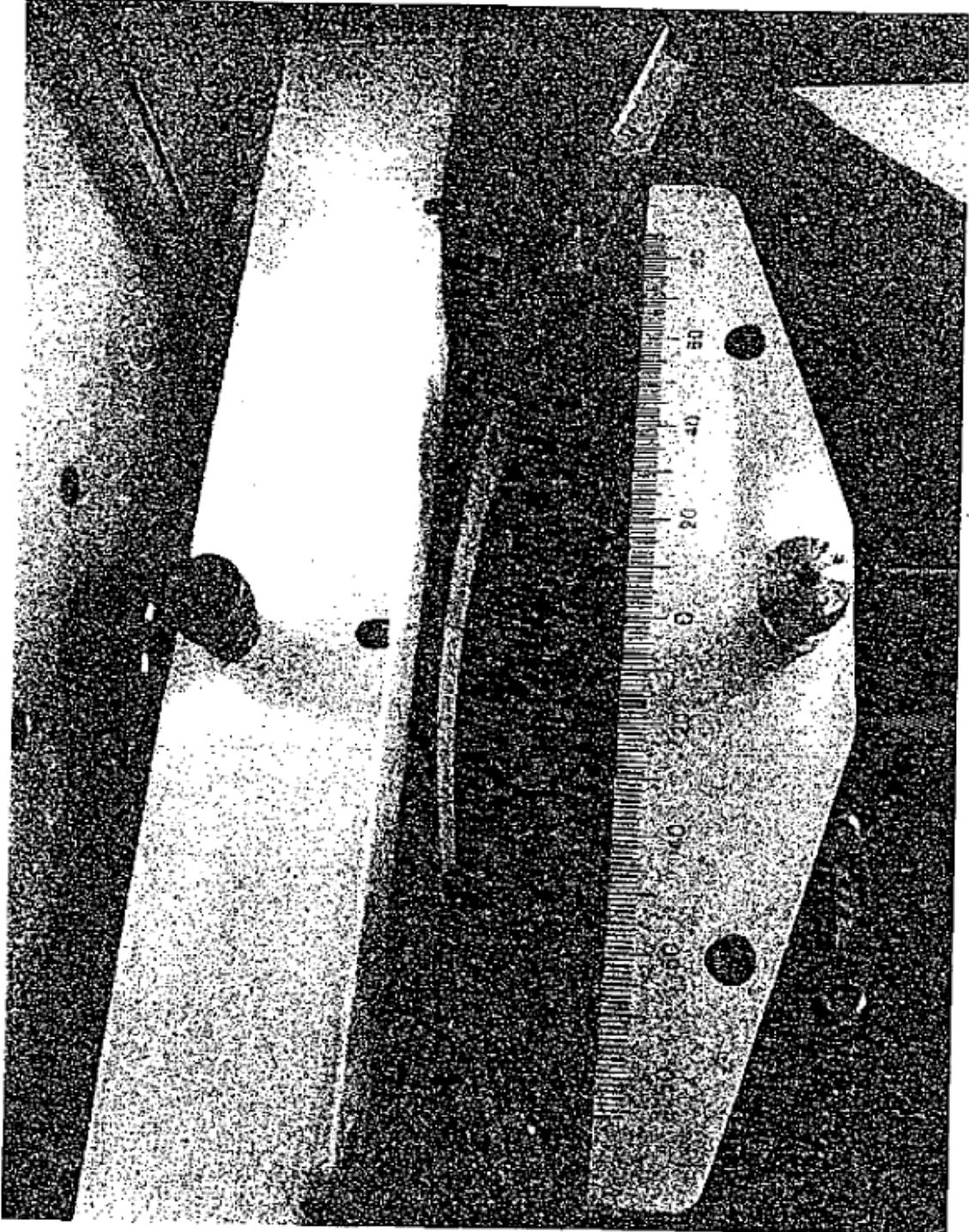


Fig. 6

