

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 524**

51 Int. Cl.:

G02F 1/15 (2006.01)

G02F 1/153 (2006.01)

B32B 17/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2010 PCT/US2010/002332**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2011 WO11028254**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2010 E 10757863 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2470954**

54 Título: **Método para fabricar ventanas electrocrómicas**

30 Prioridad:

27.08.2009 US 237580 P
14.07.2010 US 805145

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.05.2019

73 Titular/es:

GUARDIAN GLASS, LLC (100.0%)
2300 Harmon Road
Auburn Hills, MI 48326, US

72 Inventor/es:

VEERASAMY, VIJAYEN, S.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 712 524 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

Método para fabricar ventanas electrocrómicas

5 Referencia a la solicitud relacionada

Campo de la invención

10 Ciertos ejemplos de la presente divulgación se refieren a dispositivos electrocrómicos (EC), conjuntos que llevan incorporados dispositivos electrocrómicos y/o métodos para fabricarlos. Más particularmente, ciertos ejemplos de la presente divulgación se refieren a materiales EC mejorados, apilamientos de dispositivos EC, planes de integración de procesos compatibles con la fabricación de alto volumen (HVM) y/o fuentes de depósito, equipos y fábricas a bajo coste de alta producción. Los ejemplos de realizaciones de la presente invención se refieren a un método para fabricar unidades electrocrómicas de vidrio aislante.

15

Antecedentes y sumario de realizaciones ilustrativas de la invención

Las ventanas proporcionan luz natural, aire fresco, acceso y conexión al mundo exterior. Sin embargo, también representan una significativa fuente de energía desperdiciada. Dada la creciente tendencia a aumentar el uso de ventanas arquitectónicas, es cada vez más importante resolver el equilibrio entre intereses en conflicto de eficiencia energética y confort humano. Asimismo, la preocupación por el calentamiento global y la huella de carbono se suman al impulso de encontrar nuevos sistemas de acristalamiento energéticamente eficientes.

20

En este sentido, las ventanas son elementos únicos en la mayoría de los edificios, ya que tienen la capacidad de "suministrar" energía al edificio en forma de ganancia solar en invierno y luz solar durante todo el año. En las aplicaciones actuales, son responsables de aproximadamente el 5 % del consumo total de energía en Estados Unidos o aproximadamente el 12 % de toda la energía utilizada en los edificios. La tecnología de ventanas actual a menudo conlleva un excesivo coste de calefacción en invierno, de refrigeración excesiva en verano y no suele aprovechar los beneficios de la luz natural, lo cual permitiría atenuar o apagar las luces en muchos de los establecimientos comerciales del país. Estos factores tienen como resultado un "coste" de energía de más de 5 Quads: 2,7 Quads de consumo de energía al año en los hogares, aproximadamente de 1,5 Quads en el sector comercial y 1 Quad de posible ahorro de energía en iluminación con estrategias de luz natural. Se han conseguido avances en las últimas dos décadas principalmente en la reducción del valor U de las ventanas a través del uso de revestimientos estáticos de baja E y reduciendo el coeficiente de ganancia de calor solar, SHGC, a través del uso de revestimientos de baja E espectralmente selectivos. Sin embargo, cabe la posibilidad de mayores mejoras.

25

30

35

Con la capacidad de controlar dinámicamente la ganancia y pérdida de calor solar y el deslumbramiento, sin bloquear la vista, las ventanas electrocrómicas (ECW por sus siglas en inglés) pueden proporcionar una significativa reducción de consumo de energía. De hecho, las ECW tienen el potencial para ejercer un impacto sobre todos los usos de energía finales de la ventana, p.ej., reduciendo la carga de refrigeración en climas en los que las ventanas contribuyen a una sustancial carga de refrigeración permitiendo al mismo tiempo que la misma ventana admita ganancia solar en invierno para reducir la calefacción y module la luz natural para permitir poder reducir la iluminación eléctrica en los edificios comerciales al mismo tiempo que se controla el deslumbramiento. Por ejemplo, a medida que cambian los niveles de luz exterior y calor, el rendimiento de la ventana se puede ajustar automáticamente para adaptarse a las condiciones a través de un control de retroalimentación automático.

40

45

Se conocen ventanas electrocrómicas (EC). Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses No. 7.547.658; 7.545.551; 7.525.714; 7.511.872; 7.450.294; 7.411.716; 7.375.871; y 7.190.506.

50

Asimismo, la patente alemana DE 10 2006 042 538 A1 se refiere a un vidrio compuesto que comprende un primer vidrio grueso hecho de vidrio sódico cálcico endurecido y un primer vidrio fino que tiene un espesor de no más de 1,5 mm y una superficie funcionalizada.

55

60

65

Algunas ventanas dinámicas EC actuales proporcionan transmisiones que oscilan entre aproximadamente 3 % en el estado tintado y aproximadamente 70 % en el estado transparente. Tal como se ha indicado, el intervalo de control de ganancia de calor solar (SHGC por sus siglas en inglés) es bastante grande. De hecho, algunas ventanas dinámicas EC actuales proporcionan un intervalo de SHGC de aproximadamente 0,09 en el estado tintado a aproximadamente 0,48 en el estado transparente. La tecnología EC inorgánica a base de litio también ofrece las ventajas de durabilidad, funcionamiento a baja tensión (menos de aproximadamente 5 V), claridad (70 %), transparencia cuando se desconecta la alimentación y bajo consumo de energía. A pesar de estos amplios intervalos, lamentablemente, las ECW inorgánicas a base de litio ofrecen una limitada variación de color y la opacidad máxima podría mejorarse (p. ej., en relación con otros tipos de acristalamiento conmutables). Otro inconveniente de las ECW inorgánicas actuales a base de litio tiene que ver con tiempos de conmutación lentos. De hecho, los tiempos de conmutación actuales de las ECW inorgánicas a base de litio oscilan normalmente entre aproximadamente 5 y 10 minutos. Los mecanismos de dispositivos de polímero orgánicos e inorgánicos a base de protones cambian algo más rápido (p.ej., de 15 segundos a 5 minutos) pero, lamentablemente, sufren la

degradación del conductor iónico en el primer caso y la degradación del polímero en el segundo caso. La tensión de servicio para los dispositivos EC de tipo polímero inorgánico a base de litio, así como los inorgánicos y orgánicos a base de protones, funciona normalmente con 1-5 V CC y consumen normalmente 2-3 W/m² al conmutar y 0,5-1 W/m² mientras se mantienen el estado tintado.

5 La Fig. 1(a) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica típica y la Fig. 1(b) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica típica en un estado tintado o coloreado. El apilamiento activo 100 que se presenta en la Fig. 1(a) incluye cuatro componentes, concretamente, los colectores de corriente transparentes primero y segundo 102 y 104; un cátodo 106 (y, a menudo, la capa de coloración); un electrolito 108 (que es iónicamente conductor pero eléctricamente aislante); y un ánodo 110, que es la fuente de los iones activos (p.ej., Li, Na, H, etc.) que cambian las propiedades del acristalamiento tras la transferencia hacia y desde el cátodo. El ánodo 110 puede ser una capa de coloración, si la coloración se produce anódicamente, p. ej., a medida que los iones salen de la capa. Estos componentes se intercalan entre el primer y el segundo sustrato de vidrio 112 y 114. Fundamentalmente, el dispositivo electrocrómico cambia dinámicamente la capacidad de absorción óptica, con el movimiento (intercalación y des-intercalación) del Li hacia dentro y fuera del cátodo 106. Esto, a su vez, modula la interacción con la radiación solar, modulando así el SHGC para el control de la energía, así como la visibilidad y el deslumbramiento (importante para que resulte cómodo al ser humano). Dado que Li está en el cátodo 106, la ventana electrocrómica en un estado de color o tintado y solo se transmiten una porción de la luz incidente y el calor a través de la ECW.

20 Lamentablemente, las películas ECW actuales no satisfacen los requisitos de rendimiento en cuanto al aspecto (incluyendo el color), la velocidad de conmutación, la consistencia de la calidad y la fiabilidad a largo plazo. Otras cuestiones más son el suministro adecuado y unos tamaños de ventana útiles.

25 Una de las razones de que el esquema de altos costes de las ECW actual esté por encima del umbral del mercado es que la fabricación de dispositivos EC es incompatible con el flujo de fabricación de la industria de acristalamientos. Un requisito de seguridad crítico en el código de construcción es que el vidrio más externo en una unidad de vidrio aislado (U IG) esté templado. Asimismo, de acuerdo con la práctica en la industria del vidrio revestido, las láminas grandes de vidrio (normalmente de hasta 3,2 m de ancho) se revisten primero, después se ajustan los tamaños y finalmente se templan. En una situación ideal, se podría templar y cortar al tamaño el vidrio con acabado EC. Sin embargo, el vidrio templado no se puede cortar. Por consiguiente, según la práctica dentro de la industria del vidrio revestido se reviste primero las láminas grandes de vidrio (normalmente de hasta 3,2 m de ancho) y después se venden a los emplazamientos de fabricación de ventanas donde se ajusta el tamaño y se templan. Lamentablemente, el vidrio templado no se puede cortar después y el vidrio EC no se puede templar después de la fabricación de EC ya que las temperaturas de templado destruirían el dispositivo EC. En consecuencia, las técnicas actuales de fabricación de ECW se basan en el vidrio ya cortado y templado para la fabricación EC. Esto es problemático por varias razones. Por ejemplo, el vidrio templado entrante tiene una amplia variación de espesores, lo cual conlleva una variación sustancial de las propiedades del revestimiento. Además, la presencia de múltiples tamaños y tipos de sustrato supone retos en el control del proceso, la producción y el rendimiento, lo cual dificulta la fabricación de alto volumen y alto rendimiento reproducible.

La Fig. 2 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación de ECW actual. El vidrio más exterior está cortado a medida y se temple en 202, lo cual corresponde a un proceso de fabricación de vidrio EC. El dispositivo EC se fabrica, p.ej., de modo que tiene la estructura de capa que se muestra en la Fig. 1(a), en 204. Una vez depositadas las capas EC, el dispositivo EC tiene un patrón en 206, p.ej., para reducir defectos y mejorar el rendimiento y el aspecto. Se añaden barras colectoras para proporcionar "electrificación" (p.ej., cableado) para el dispositivo EC en 208. Se añade un segundo sustrato en relación espaciada con el dispositivo EC, p.ej., tal como se presenta en las Fig. 1(a) y 1(b). Juntos, 204, 206, 208 y 210 representan un proceso de fabricación de unidades de vidrio aislante (IG). Esta unidad IG puede incorporarse en última instancia en una ECW, p.ej., tal como se muestra en el lado izquierdo de la Fig. 1(b).

Otro impedimento para el avance ha sido la limitación de recursos y capacidades de los fabricantes para desarrollar fuentes, plataformas y automatización de deposición que sean compatibles con las técnicas de fabricación a gran escala de alto rendimiento.

55 El lugar más práctico para tener el revestimiento de EC es sobre la superficie interior de la capa más externa. La colocación de barras colectoras sobre esta superficie para la electrificación (p.ej., el cableado) presenta un reto no solo para los fabricantes de IG actuales, sino también para los cristalersos. Los arquitectos, los propietarios de edificios comerciales y los consumidores finales requieren información sobre la durabilidad de las ventanas EC durante largos períodos de tiempo. La fiabilidad del sello de la unidad IG es por lo tanto un punto de interés. La unidad IG EC se diferencia de las ventanas convencionales en que las interconexiones para alimentar el dispositivo deben pasar a través del sello de barrera contra la humedad. No existen normas para las interconexiones y los alimentadores que preserven la integridad del sello. Lo que existe en el mercado está patentado. También suscita interés la durabilidad del apilamiento de películas EC cuando se exponen a la gama de esfuerzos de energía solar y del ambiente que soporta la ventana a lo largo del tiempo.

Finalmente, debe ser considerado el rendimiento del dispositivo por lo que se refiere al aspecto, el color, la velocidad de conmutación, la consistencia, el intervalo SHGC y la vida útil. Por ejemplo, los arquitectos tienen una fuerte preferencia por las ventanas de color neutro que cambian de gris oscuro a perfectamente transparente. La mayoría de las ventanas EC en el mercado presentan hoy en día un tono azul oscuro cuando están coloreadas y un matiz amarillento en estado transparente. Un color más neutro y una transmisión mejorada en estado transparente ampliarían el mercado arquitectónico accesible.

Por lo tanto, se apreciará que existe una necesidad en la técnica de mejorar las ventanas dinámicas electrocrómicas, y/o los métodos para fabricarlas. Por ejemplo, se apreciará que existe una necesidad en la técnica de (1) técnicas de revestimiento de bajo coste, gran escala y alta producción que sean compatibles con la fabricación de alto volumen (HVM); (2) una formulación EC de mejor rendimiento; (3) una formación de EC robusta, de alta producción y con una baja tasa de defectos para lites de gran tamaño; y/o (4) acoplar estas nuevas técnicas de fabricación con la fabricación posterior al vidrio existente y las tecnologías auxiliares para producir ventanas completas. Estas y/u otras técnicas pueden ayudar a resolver algunos de los problemas mencionados y/u otros problemas, al tiempo que proporcionan una integración del control de edificios más completa.

Ciertos ejemplos se refieren a cambios de arriba abajo y/o de abajo a arriba para (a) materiales, (b) apilamientos de dispositivos electrocrómicos, (c) planes de integración de procesos compatibles de volumen y (d) técnicas y equipos de deposición de bajo coste y alta producción. Para ello, se pueden emplear ciertos ejemplos para proporcionar conjuntos EC de coste reducido, encaminados a "edificios de energía neta cero".

Un aspecto de ciertos ejemplos implica la incorporación de nuevos materiales electrocrómicos. Por ejemplo, ciertos ejemplos implican un cátodo y/o un ánodo dopados ópticamente para una mayor transmisión visible en el estado transparente, un mayor control de ganancia de calor solar (SHGC) delta entre estos estados, mejor aspecto y mejor fiabilidad. Controlando la estequiometría de WO_x (p. ej., de modo que sea subestequiométrico) ventajosamente puede tener como resultado mejoras con respecto a delta SHGC y un mejor aspecto (p. ej., por lo que se refiere a la coloración). Colorear anódicamente el contra electrodo también puede aumentar delta SHGC.

Otro aspecto de ciertos ejemplos implica la incorporación de un nuevo apilamiento de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, la inclusión de un sustrato de lite intermedio de bajo contenido de Fe de bajo coste puede ayudar a reducir la necesidad de capas de barrera entre el dispositivo y el sustrato. Se puede proporcionar un colector de corriente transparente mejorado (TCC) con una conductividad y transmitancia mucho más altas que ITO para aumentar la velocidad de conmutación y reducir el coste. La inclusión de un material electrolito de oxinitruro de fósforo de litio (LiPON) se puede seleccionar con fines de fiabilidad en ciertos ejemplos. Además, el uso de capas transparentes dieléctricas/conductoras puede servir para cambiar el color sobre la base de la interferencia selectiva en ciertos ejemplos.

Otro aspecto más de ciertos ejemplos implica nuevas técnicas para la integración de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, ciertos ejemplos pueden implicar el uso de vidrio laminado/unido para el lite exterior de la unidad IG EC. Esto puede tener como resultado ventajosamente la completa eliminación del uso de vidrio templado en la etapa de fabricación de EC, reducir la necesidad ajustar el tamaño y templar vidrio antes del procesamiento EC, permitir el uso de un solo vidrio de tamaño y tipo normal en la fabricación de EC para una mejor reproducibilidad del proceso y economía de escala, y/o permitir el ajuste del tamaño del vidrio después de la fabricación de EC. Asimismo resulta ventajoso permitir la formación de un patrón del dispositivo después de haber depositado todas las capas EC con lo cual se reduce la probabilidad de defectos y se mejora el rendimiento y el aspecto.

Otro aspecto más de ciertos ejemplos se refiere al desarrollo de una fuente de deposición compatible con HVM. Por ejemplo, una nueva fuente de deposición de LiPON capaz de alcanzar altas tasas de deposición y modular la cinética de crecimiento puede permitir a su vez una alta producción y mejores características de la película en ciertos ejemplos. En ciertos ejemplos, también se puede utilizar un nuevo evaporador de Li con cabezal de ducha lineal con fuentes compatibles de Li del entorno normal o remoto.

En ciertas realizaciones ilustrativas, se proporciona un método para fabricar unidades de vidrio electrocrómicas (es decir, ventanas) de acuerdo con la reivindicación 1 independiente adjunta.

En ciertos ejemplos, se proporciona un método para fabricar un conjunto electrocrómico (EC). Se proporciona un primer sustrato de vidrio. Se proporcionan un primer, segundo y tercer sustrato de vidrio, en donde el segundo sustrato está templado térmicamente y el primer sustrato no está templado térmicamente. Se deposita por pulverización catódica una pluralidad de capas de dispositivos EC, directa o indirectamente, sobre el primer sustrato, con la pluralidad de capas de dispositivos EC que comprenden un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra electrodo (CE), una capa de conductor iónico (IC), una capa EC y un segundo TCC. Los sustratos primero y segundo están laminados o unidos entre sí. Los sustratos segundo y tercero se proporcionan en una relación sustancialmente paralela y están separados entre sí. Las capas CE y EC pueden cambiarse de color cuando está en funcionamiento el conjunto EC.

5 En ciertos ejemplos, se proporciona un método para fabricar un conjunto electrocrómico (EC). Se deposita por pulverización catódica una pluralidad de capas de dispositivo EC, directa o indirectamente, sobre un primer sustrato, comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos, en orden alejándose del primer sustrato, un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de cátodo, una capa de electrolito, una capa de ánodo de coloración anódica y un segundo TCC. El primer sustrato con la pluralidad de capas de dispositivo depositadas por pulverización catódica encima está conectado a un segundo sustrato, de modo que los sustratos primero y segundo están en relación sustancialmente paralela y están separados entre sí.

10 En ciertos ejemplos, se proporciona un conjunto electrocrómico (EC). Se proporciona un primer, segundo y tercer sustrato de vidrio, estando sustancialmente paralelos y separados entre sí el segundo y el tercer sustrato. El primer sustrato soporta una pluralidad de capas de dispositivos EC depositadas por pulverización catódica, comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos EC un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra electrodo (CE), una capa de conductor iónico (IC), una capa EC y un segundo TCC. Los sustratos primero y segundo están laminados o unidos entre sí. El segundo sustrato está templado térmicamente y el primer sustrato no está templado térmicamente.

15 En ciertos ejemplos, se proporciona un conjunto electrocrómico (EC). Se proporcionan al menos un primer y un segundo sustrato de vidrio, estando el primer y el segundo sustrato sustancialmente paralelos y separados entre sí. El primer sustrato soporta una pluralidad de capas de dispositivos depositados por pulverización catódica, comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos EC un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra electrodo de coloración anódica dopado (CE), una capa de conductor iónico (IC), una capa de EC dopada que comprende WO_x , y un segundo TCC.

20 En ciertos ejemplos, se proporciona un dispositivo electrocrómico que incluye una pluralidad de capas de película fina soportadas por un primer sustrato. La pluralidad de capas comprende una capa de ánodo dopada y de coloración anódica; una capa de electrolito que comprende Li; y una capa de cátodo dopada que comprende WO_x .

Breve descripción de los dibujos

30 Estas y otras características y ventajas podrán entenderse mejor y más completamente haciendo referencia a la siguiente descripción detallada de ejemplos ilustrativos a modo de ejemplos útiles para entender la invención y las realizaciones de la invención en conjunto con los dibujos, en los que

35 La FIGURA 1(a) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica típica;
 La FIGURA 1(b) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica típica en un estado tintado o coloreado;
 La FIGURA 2 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación de ECW actual;
 La FIGURA 3 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación de ECW de acuerdo con una realización ilustrativa;
 40 La FIGURA 4 es un sustrato electrocrómico ilustrativo y un apilamiento útil para comprender la invención;
 La FIGURA 5 es un revestimiento conductor transparente (TCC) ilustrativo que se puede usar en conexión con ciertas realizaciones ilustrativas;
 La FIGURA 6(a) es una primera unidad de vidrio aislante electrocrómica (IG) que se puede producir de acuerdo con una realización ilustrativa;
 45 La FIGURA 6(b) es una segunda unidad vidrio aislante electrocrómica (IG) ilustrativa que se puede producir de acuerdo con una realización ilustrativa;
 La FIGURA 7 es una tercera unidad de vidrio aislante electrocrómica (IG) ilustrativa que se puede producir de acuerdo con una realización ilustrativa;
 La FIGURA 8(a) es una imagen MEB de una capa de Al de 600 nm depositada por evaporación convencional; y
 50 La FIGURA 8(b) es una imagen MEB de una capa de Al de 600 nm depositada utilizando una evaporación activada por plasma de acuerdo con ciertas formas de realización ilustrativas.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas de la invención

55 Un aspecto de ciertos ejemplos implica la incorporación de nuevos materiales electrocrómicos. Por ejemplo, ciertos ejemplos implican un cátodo y/o un ánodo dopados ópticamente para una mayor transmisión visible en el estado transparente, mayor delta del control de ganancia de calor solar (SHGC) entre estos estados, mejor aspecto y mejor fiabilidad. El control de la estequiometría de WO_x (p.ej., de modo que sea subestequiométrico) puede resultar ventajosamente en mejoras con respecto al delta SHGC y una mejor aspecto (por ejemplo, en términos de coloración). El coloreado anódico del contra electrodo también puede aumentar el delta SHGC.

60 Otro aspecto de ciertos ejemplos implica la incorporación de un nuevo apilamiento de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, la inclusión de un sustrato de lite intermedio de bajo contenido de Fe de bajo coste y puede ayudar a reducir la necesidad de capas de barrera entre el dispositivo y el sustrato. Se puede proporcionar un colector de corriente transparente mejorado (TCC) con una conductividad y transmitancia mucho más altas que ITO para aumentar la velocidad de conmutación y reducir el coste. La inclusión de un material de electrolito de oxinitruro

de fósforo de litio (LiPON) se puede seleccionar con fines de fiabilidad en ciertos ejemplos. Además, se puede recurrir al uso de capas transparentes dieléctricas/conductoras para cambiar el color sobre la base de la interferencia selectiva en ciertos ejemplos.

5 Otro aspecto más de ciertos ejemplos implica técnicas nuevas para la integración de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, ciertos ejemplos pueden implicar el uso de vidrio laminado/unido para el lite exterior de la unidad EC IG. Esto puede tener como resultado ventajosamente la completa eliminación del uso de vidrio templado en la etapa de fabricación de la CE, puede reducir la necesidad de ajustar el tamaño y templar del vidrio antes del procesamiento EC, permitir el uso de un vidrio de tipo y tamaño normal en la fabricación de EC para una mejor reproducibilidad del proceso y economía de escala y/o permitir ajustar el tamaño de vidrio tras la fabricación de EC. También puede permitir ventajosamente formar un patrón del dispositivo después de que se hayan depositado todas las capas de EC, reduciendo así la probabilidad de defectos y mejorando el rendimiento y el aspecto.

10
15 Otro aspecto más en ciertos ejemplos se refiere al desarrollo de una fuente de deposición compatible con HVM. Por ejemplo, una nueva fuente de deposición LiPON capaz de alcanzar altas tasas de deposición y modular la cinética de crecimiento puede, a su vez, permitir una alta producción y mejores características de la película en ciertos ejemplos. Ciertos ejemplos también pueden usar un nuevo evaporador de Li con cabezal de ducha lineal con fuentes de Li del entorno normal y remoto compatibles.

20 Ciertos ejemplos implican cambios en los materiales EC, el apilamiento de dispositivos EC, planes de integración de procesos compatibles con HVM y/o fuentes, equipos y factores de deposición de bajo coste y alta producción. Estos aspectos de ciertos ejemplos se explican a su vez a continuación.

25 Ciertos ejemplos se refieren a ventajas por lo que se refiere a uno o más entre el coste, el rendimiento del dispositivo, la durabilidad, la estética y/o la escalabilidad. Por ejemplo, algunos productos electrocrómicos actuales cuestan más de 50 \$/0,09 m², mientras que las técnicas de ciertos ejemplos pueden proporcionar productos electrocrómicos a un coste que es preferentemente menos de 25 \$/0,09 m², más preferentemente menos de 20\$/0,09 m² y aún más preferentemente menos de 15 \$/0,09 m². Aunque es difícil poner en marcha la infraestructura de cableado y control para los productos actuales, ciertos ejemplos pueden proporcionar productos modulares relativamente simples, con opciones de control y/o alimentación inalámbrica. Aunque muchos productos actuales pueden alcanzar una velocidad de conmutación de 3 a 5 minutos como mucho, ciertos ejemplos pueden proporcionar una velocidad de conmutación de menos de 3 minutos, más preferentemente de menos de 2 minutos y, algunas veces, incluso de menos de 1 minuto, aunque se aumente el tamaño del producto global. Ventajosamente, delta E puede ser menos que aproximadamente 1,5, más preferentemente menos de aproximadamente 1,25 y aún más preferentemente menos de aproximadamente 1. Por lo que respecta al color/tono, ciertos ejemplos pueden reducir el tono amarillento en estado transparente y los múltiples colores que a veces están presentes en el estado tintado, en lugar de proporcionar un color más neutro en el estado transparente con una opción de uno de los múltiples colores en el estado tintado. Además, ciertos ejemplos pueden reducir los problemas de uniformidad de conmutación, p.ej., al hacer que al menos la latitud parezca cambiar "todo a la vez" (al menos en comparación con la variabilidad en las líneas de sombra y los controles individuales en los sistemas actuales). Finalmente, aunque los dispositivos EC actuales en general están limitados a diseños de 1 m de ancho, ciertos ejemplos pueden aumentar a escala hasta diseños de ancho de 3,2 m (o incluso más anchos) para estar en línea con las láminas de vidrio de material disponible generalmente.

45 Ejemplo de proceso de fabricación

La Fig. 3 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación de ECW de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso de la Fig. 3 se diferencia del proceso de la Fig. 2 de varias formas, debido al hecho de que el proceso de la Fig. 3 está diseñado para proporcionar un dispositivo de EC en un sustrato de EC que se puede unir, laminar o conectar de otro modo a un sustrato templable. Por ejemplo, se puede usar un material como PVB, EVA, o similar, como pueda ser "tecnología optibond", que está disponible en el mercado de Litemax. El laminado que se usa puede llevar incorporado un bloqueador UV (p.ej., un bloqueador UVA). Preferentemente, se puede incluir un bloqueador de UVA, con Tuv < 1 %, más preferentemente < 0,75 % y aún más preferentemente < 0,5 %. El bloqueador de rayos UV puede ser un revestimiento de película fina que comprende uno o más entre Bi, BiO, Zn, ZnO, TiO, BiSnO, AgO, Ce, CeO y/o similares. Alternativamente, o además, se puede proporcionar un revestimiento de PET, con un material bloqueador de UV provisto sobre él y/o en él. Por ejemplo, se puede proporcionar una capa de PET recubierta con ITO en ciertas realizaciones ilustrativas. Se apreciará que se pueden usar materiales orgánicos y/o inorgánicos en relación con ciertas realizaciones ilustrativas. En cualquier caso, el laminado puede seleccionarse de modo que su índice de refracción se ajuste a las capas y/o sustratos adyacentes. Esto ayudará ventajosamente a mantener la reflectancia baja. La reflectancia también puede disminuirse, por ejemplo, incorporando una o más capas anti-reflectantes (AR). Dado que se proporciona el dispositivo EC sobre un sustrato por separado que puede unirse, laminarse o conectarse de otro modo posteriormente a un sustrato templable, pueden conseguirse eficiencias, p.ej., ya que pueden recubrirse láminas más grandes por pulverización catódica o similares y luego cortarse al tamaño. A continuación, se proporcionan ejemplos de detalles estructurales.

Por lo que respecta al proceso ilustrativo que se presenta en la Fig. 3, se proporciona vidrio de gran tamaño en 302. Se fabrica un dispositivo EC de acuerdo con las técnicas ilustrativas que se describen más adelante en 304. La formación de un patrón y el ajuste del tamaño del dispositivo se lleva a cabo en 306, formando así una pluralidad de dispositivos EC en una pluralidad de sustratos EC correspondientes. Tal como se ha indicado, esto supone una
 5 ventaja con respecto al proceso convencional que se muestra en la Fig. 2, donde los dispositivos EC individuales se fabrican directamente sobre sustratos previamente cortados individualmente y ya templados individualmente. En cualquier caso, las barras colectoras están conectadas y el dispositivo EC está "electrificado" (p.ej., cableado) en 308. Las barras colectoras pueden formarse eliminado por grabado selectivo con láser de las capas para exponer con cuidado el TCC. Por ejemplo, para graba selectivamente y conectar eléctricamente el dispositivo, pueden
 10 realizarse cortes completos y medios, p.ej., para exponer los TCC superiores e inferiores. La potencia del láser se puede controlar para eliminar de manera selectiva algunas o todas las capas en de esta manera.

En 310, se ajusta el tamaño y se temple el sustrato exterior al que se conectan el dispositivo EC y el sustrato. A continuación, en 310, se laminan, se unen o se conectan de otro modo los dispositivos EC de tamaño apropiado,
 15 con los sustratos externos de tamaño apropiado. A continuación, se construyen los subconjuntos que comprenden los dispositivos EC laminados, unidos o conectados de otro modo a los sustratos externos en unidades de vidrio aislante (IG) correspondientes en 314, p.ej., tal como se describe con mayor detalle a continuación.

Ejemplo de apilamiento electrocrómico y ejemplos de materiales utilizados en la misma

La Figura 4 es un sustrato electrocrómico ilustrativo y un apilamiento útil para entender la presente invención. La figura 4 incorpora un apilamiento electrocrómico 400 que es en cierto modo similar a los apilamientos electrocrómicos conocidos, ya que incorpora capas conductoras (TCC), una capa electrocrómica (EC), una capa de contra-electrodo (CE) y una capa de conductor iónico (IC). Sin embargo, el apilamiento electrocrómico 400 de la Fig.
 25 4 difiere de los apilamientos actuales por lo que respecta a los materiales, el diseño general del apilamiento y las características de rendimiento. Por ejemplo, el rendimiento térmico, la velocidad de EC, la fiabilidad de EC a largo plazo y la estética pueden mejorarse, p. ej., optimizar el rendimiento de materiales conocidos y desarrollarse nuevos sistemas de materiales que mejoren aún más el rendimiento del dispositivo EC general. Los cambios a los materiales y diseños de apilamiento se describen en los párrafos que siguen.

Una primera área de innovación implica materiales de electrodo del cátodo/EC y del ánodo/CE. El rendimiento térmico de una ECW está relacionado con el intervalo de SHGC entre los estados transparente y tintado. Para aumentar el intervalo de SHGC, puede reducirse la capacidad de absorción de una o ambas capas de cátodo y ánodo en estado transparente y/o se puede crear un contra electrodo de coloración anódica para disminuir la transmisión (T_v) en el estado coloreado. La selección apropiada del material también puede aumentar la fiabilidad y la velocidad de conmutación.
 35

Estos y/u otros aspectos pueden conseguirse dopando sustitutivamente los materiales de electrodos activos en ciertos ejemplos. Un contra electrodo incluye normalmente NiO, con iones Li^+ o H^+ . Tal como se ha descrito, es ventajoso mejorar el rendimiento térmico, reducir el coeficiente de absorción y mejorar la fiabilidad y estabilidad del electrodo conductor CE. Mediante el uso de aditivos como Mg, Al, Si, Zr, Nb y Ta, se puede lograr una reducción significativa la capacidad de absorción de EC y la película de CE, especialmente en longitudes de onda cortas. Por otra parte, las películas que contienen V y Ag no han presentado las mismas mejoras en las propiedades ópticas en comparación con las del óxido de níquel puro. Siendo así, Mg y/u otro elemento de incorporación, en modo
 45 combinatorio, puede servir para optimizar su efecto beneficioso tanto en NiO como en sistemas LiNiO para ampliar la espacio de banda y mejorar sustancialmente la transmitancia. Alternativamente, o además, la inclusión de W en el LiNiO también es posible en ciertos ejemplos y puede servir para mejorar la estabilidad como capa CE para la radiación UV y la humedad. Éste y/u otro dopaje de sustitución pueden servir para aumentar la conductividad eléctrica (en algunos casos 3 órdenes de magnitud, p.ej., $LiCoO_2$ frente a $LiCo_{0,95}Mg_{0,05}O_2$). Sorprendentemente e inesperadamente, el dopaje del CE (y/o el IC) con Mg también lo convierte en un conductor "más rápido".
 50

Ciertos ejemplos pueden implicar también colorear anódicamente el contra electrodo, p.ej., para mejorar el rendimiento térmico. Tal como se sabe, el CE se utiliza para almacenar la carga, que a su vez se utiliza para colorear la capa electrocrómica. Para hacer esto de manera eficaz, la capa CE puede permitir que se intercalen las cargas fácilmente; ser estable para que los ciclos sean estables y duraderos; y que sean muy transparentes en el estado transparente; y, si es posible, presentar electrocromismo cuando esté completamente descargado de iones intercalados (p. ej., anódicamente). Por tanto, en ciertos ejemplos, el CE puede hacerse electrocrómico. Sin embargo, en dichos ejemplos, el CE puede ser el "reverso" de la capa EC, por ejemplo, de tal manera que se vuelva transparente con los iones y proporcione un cambio de color con la pérdida de iones. Para conseguir estas y/u otras características, ciertos ejemplos pueden incorporar una CE basada en sistemas de NiO que han demostrado ser estables en ciclos repetidos de inserción/extracción de carga. Estos sistemas presentan en ocasiones una pequeña cantidad de absorción residual cuando el dispositivo está completamente intercalado, p.ej., en estado $Li_xNiO_{(i+y)}$ en la reacción que se muestra más adelante. El reto consiste en eliminar esta absorción sin sacrificar el amplio intervalo dinámico y la buena cinética de conmutación del dispositivo. El dopaje de sustitución, de forma análoga a la explicación de la sección anterior, utilizando Li puede inducir a una mejor T_v y remediar la reducida absorbancia que es contraproducente para el aumento de delta SHGC.
 55
 60
 65

El IC ayuda a mantener el aislamiento eléctrico interno entre EC y los electrodos CE mientras proporciona conductancia iónica para el comportamiento electrocrómico. La estabilidad y fiabilidad del electrocromismo dependen de las propiedades del electrolito. El oxinitruro de fósforo de litio (LiPON) se puede usar como material de capa de electrolito en ciertos ejemplos. La selección se basa en su fiabilidad y estabilidad superiores, tal como se demuestra en las aplicaciones de baterías de película fina. LiPON es un material eléctricamente aislante ($> 1E14 \Omega \cdot \text{cm}$), por lo que tradicionalmente se utiliza la pulverización catódica de RF y presenta una baja tasa de deposición ($< 1 \mu\text{m/h}$). Esta baja tasa de deposición puede mejorarse tal como se explica a continuación y/o se pueden emplear otros materiales y métodos que son más susceptibles de producción de alto rendimiento en conexión con ciertos ejemplos.

Se podrá apreciar que sería ventajoso reducir la corriente de fuga electrónica que tiene lugar a través de IC. La corriente de fuga se puede dividir en contribuciones que están asociadas con el apilamiento de película fina (difusión limitada) y que están asociadas con defectos puntuales localizados (tanto en el volumen como en la interfaz). Se pueden modelar las interfaces EC/IC/CE como uniones heterogéneas. Es ventajoso estabilizar la unión para el procesamiento térmico posterior. Las alturas de barrera directa e inversa para la unión CE/CE pueden optimizarse alterando la composición, la estructura y la química de la interfaz del CI. La evidencia indica que la corriente de fuga puede reducirse a niveles insignificantes a través de la selección del proceso y los materiales apropiados para la capa de CI. En consecuencia, ciertos ejemplos proporcionan una capa IC en la que se mantiene la integridad de la estructura de la barrera de electrones con una conductividad iónica adecuada. En la práctica, una conductividad iónica más alta requiere normalmente una estructura amorfa más porosa y una posible incorporación de litio, los cuales pueden degradar la funcionalidad de la barrera de electrones. El apilamiento de materiales descrito en el presente documento y los correspondientes procesos de deposición descritos a continuación, ayudan a mitigar estos puntos de interés. Asimismo, en ciertos ejemplos, los índices ópticos de los materiales pueden ajustarse a las capas circundantes.

Tal como se muestra en la Fig. 4, el apilamiento de dispositivos EC 400 puede incluir un primer revestimiento conductor transparente (TCC) 404, un contra electrodo de capa 406, una capa conductora de iones 408, una capa electrocrómica 410 y un segundo TCC 412. Cada uno de los TCC primero y segundo 404 y 412 puede tener un grosor de aproximadamente 200 nm en ciertos ejemplos. A continuación se proporciona un ejemplo de sistema de capas para uno o ambos TCC, p.ej., en relación con la Fig. 5. La capa CE anódica 406 puede tener un espesor de aproximadamente 100-400 nm y puede incluir NiO y contener iones Li^+ o H^+ . Una capa de IC/electrolito 408 basada en LiPON puede ser de aproximadamente 1-3 micrómetros. Similar a la capa CE 406, la capa EC 410 puede tener un espesor de 100-400 nm. Se puede dopar cualquiera o ambas capas CE 406 y EC 410, por ejemplo, para proporcionar una coloración mejor y/o más profunda. Opcionalmente, se puede proporcionar una capa de barrera (no se muestra en el ejemplo de la Fig. 4) sobre el TCC 412 más externo y dicha capa de barrera puede permitir el cambio de color. En ciertos ejemplos, el TCC 412 más externo en sí puede dar cabida al cambio de color. El apilamiento 400 de dispositivos EC se proporciona en un sustrato 402 de EC que, en ciertos ejemplos, puede proporcionarse como un sustrato grande de tamaño/grosor normal. De hecho, en ciertos ejemplos, el sustrato EC 402 puede ser un sustrato no templado con bajo contenido de hierro que se corta después de haberse fabricado el dispositivo de EC sobre él. En la solicitud estadounidense serie No. 12/385.318, así como en las publicaciones estadounidenses No. 2006/0169316; 2006/0249199; 2007/0215205; 2009/0223252; 2010/0122728; y 2009/0217978 se divulgan ejemplos de sustratos de vidrio con bajo contenido de hierro.

El diseño del apilamiento de dispositivos EC que se presenta en la Fig. 4 y descrito en el presente documento difiere de los diseños actuales en una serie de aspectos que incluyen, por ejemplo, el uso del nuevo conductor transparente descrito a continuación, múltiples capas dieléctricas para el cambio de color interferométrico, bajo contenido de Fe y sustratos de bajo coste sobre los que se forman las capas de EC, LiPON como electrolito y la optimización del espesor del apilamiento. Estos factores afectan a la transmitancia, el color, la velocidad de transición y el coste, tal como se describe en otra parte.

La velocidad de conmutación de un dispositivo de EC está limitada por la resistencia de la lámina de las capas de TCO, aunque la caída de tensión en la capa de EC también contribuye a los retardos. Esto se debe a que la tensión que se puede aplicar al dispositivo es fija y la cantidad de carga que debe transferirse para colorear completamente el dispositivo aumenta a escala según el área. Dada una serie de dispositivos de longitud fija, pero con anchos progresivamente mayores, a medida que aumenta la separación entre las barras colectoras, la impedancia del propio apilamiento EC (la parte del dispositivo en la que la corriente se desplaza perpendicular a la superficie del vidrio) se hace más pequeño. En contraste, la impedancia de las capas de TCO en las que la corriente fluye paralela a la superficie del vidrio aumenta. En general, este cambio en el área conduce a una mayor caída potencial en las capas de TCO. Esto da como resultado un menor potencial aplicado directamente al apilamiento, lo cual lleva a una conmutación más lenta. Por lo tanto, se podrá apreciar que para aumentar la velocidad de conmutación de dispositivos de tamaño razonable, p.ej., adecuados para aplicaciones arquitectónicas, se puede aumentar la conductividad de las capas de TCO.

Es posible aumentar la conductividad del TCO superior simplemente haciéndolo más grueso. Sin embargo, este enfoque tiene ciertas desventajas. Por ejemplo, este enfoque introduce absorción y reflexión adicionales, reduciendo así la transmisión del estado blanqueo y disminuyendo el intervalo dinámico. También hará que el dispositivo cambie

de color de forma asimétrica, donde el color aparecerá desde una de las barras colectoras y se desplazará hacia el otro lado del dispositivo, lo cual provocará una "cortina" o un efecto de acordeón. Por añadidura, este enfoque agrega materiales y costes de procesamiento, ya que normalmente se usa para ITO (que es caro) el TCO.

5 Para superar estos retos, ciertos ejemplos utilizan apilamientos de revestimiento que incluyen plata. Dichos apilamientos pueden tener resistencias de lámina al menos un orden de magnitud por debajo al de los TCO disponibles actualmente. Las ventajas adicionales de este revestimiento incluyen su funcionalidad de "baja-E", que ayuda a mejorar SHGC y la protección de UV de las capas activas.

10 La Fig. 5 es un revestimiento conductor transparente (TCC) ilustrativo que se puede utilizar en conexión con ciertos ejemplos. El ejemplo de TCC de la Fig. 5 incluye una capa a base de plata 506, intercalada con la primera y la segunda capa de ITO 502 y 510. Las capas intermedias primera y segunda 504 y 508 pueden proporcionarse entre la capa a base de plata 506 y la primera y la segunda capas de ITO 502 y 510. Dichas capas intermedias pueden comprender NiCr (p.ej., NiCrOx) y/o Cu. La capa a base de plata 506 tiene preferentemente un espesor de 100-200
15 angstroms, más preferentemente de 120-180 angstroms de espesor y, a veces, de 140 angstroms de espesor. Cada capa de ITO tiene preferentemente un espesor de 1000-2000 angstroms, más preferentemente de 1200-1600 angstroms de espesor y en ocasiones de aproximadamente 1400 angstroms. Las capas intermedias son preferentemente de 1 a 20 angstroms de espesor, más preferentemente de 5 a 15 angstroms de espesor y, a veces, de 10 angstroms de espesor. Cuando está así diseñado, es posible proporcionar un TCC que tiene una resistencia de lámina, preferentemente inferior a 20 ohmios/cuadrado, más preferentemente inferior a 10 ohmios/cuadrado y algunas veces de hasta 5 ohmios/cuadrado o incluso inferior. La transmisión visible de dichas capas puede optimizarse para proporcionar una transmisión visible preferentemente del 65 %, más preferentemente el 75 %, aún más preferentemente el 80 % y algunas veces de hasta 85 % o más. Opcionalmente, en ciertos ejemplos pueden proporcionarse revestimientos de baja E entre un sustrato de vidrio y la capa de ITO más baja. Dichos
20 revestimientos de baja E pueden incluir capas con índices de refracción altos y bajos alternos, p. ej., en una disposición alta-baja-alta-baja-alta. Aunque la Fig. 5 presenta un apilamiento de capas TCC simple, también son posibles otros apilamientos de capas. En ciertos ejemplos, un apilamiento de capas de TCC adecuado puede incluir 2, 3, 4 o más del apilamiento de capas que se muestra en la Fig. 5.

30 En ciertos ejemplos, los TCC pueden ser de grafeno y/o a base de CNT. Véase, por ejemplo, la serie de solicitudes estadounidenses 12/461, 349 y 12/659.352.

Tal como se ha indicado, un problema de los dispositivos electrocrómicos actuales es el tono amarillento en el estado transparente y el tono neutro deseado en el estado tintado. Para superar este reto, ciertos ejemplos utilizan
35 múltiples capas de "potenciación del color", que inducen el cambio de color a través de la interferencia de Fabry-Perot. En ciertos ejemplos, se puede depositar un apilamiento de capas de cambio de color adyacente al apilamiento de revestimiento EC, y puede comprender capas aislantes y metálicas en las que se puede aplicar pulverización catódica. Las propiedades ópticas, así como el espesor de las capas individuales, pueden diseñarse por ingeniería para proporcionar una funcionalidad que incluya, por ejemplo, un rendimiento solar mejorado, los cambios de
40 coordenada de color visible a un tono neutro más deseable, tanto en los estados tintado como sin tinter y el filtro UV para el apilamiento EC subyacente, prolongando así su vida. Además, estas capas pueden aumentar la fiabilidad de la ventana EC, p.ej., al funcionar como una barrera para los oxidantes del ambiente cuando se rompe el sello en la unidad IG. También es factible utilizar el TCC, descrito anteriormente para lograr esta funcionalidad.

45 Para reducir la probabilidad de difusión de hierro desde el sustrato de vidrio al apilamiento del dispositivo EC y reducir de este modo la probabilidad de degradación, en ciertos ejemplos es posible utilizar una capa barrera fina como una capa que incluya nitruro de silicio (p.ej., Si_3N_4 u otra estequiometría adecuada). Sin embargo, ciertos ejemplos pueden utilizar en cambio un producto de vidrio de bajo coste y bajo contenido de Fe. El uso de un sustrato de vidrio de menor coste y de bajo contenido de Fe adecuado puede reducir y a veces incluso eliminar la necesidad
50 de una capa de barrera, lo cual conlleva una reducción de la complejidad del proceso, una mejora de la transparencia y una reducción los costes de fabricación de EC.

El uso de LiPON como capa IC aumenta ventajosamente la fiabilidad del dispositivo. Por ejemplo, aumenta la fiabilidad al menos por lo que respecta al ciclo de vida al utilizar el electrolito más robusto y electroquímicamente estable, (LiPON), que es estable hasta 5,5 V y contra el metal de Li y cuyo ciclo de vida en la aplicación de batería de película fina es según se ha demostrado más de 100.000 ciclos con mínimas pérdidas de capacidad. La pérdida de capacidad mínima de la batería puede traducirse en un reducido cambio de las propiedades ópticas de los electrocromos.

60 El grosor del apilamiento se puede optimizar en ciertos ejemplos para mejorar la velocidad de conmutación del dispositivo EC. Por ejemplo, una forma de mejorar la velocidad del dispositivo EC es reducir el espesor de las capas CE e IC. Se ha observado que la velocidad de conmutación aumenta al aumentar los niveles de litio. Sin embargo, también se ha observado que si aumenta demasiado el nivel de litio, los dispositivos se vuelven electrónicamente "propensos a las fugas", por lo que no se colorean completamente ni tampoco se reduce la velocidad de
65 conmutación. Se ha observado que son ventajosos los materiales del apilamiento y los intervalos de espesor especificados anteriormente por lo que respecta a mejorar la velocidad de conmutación, aunque también es posible

ajustar los espesores y materiales de otras formas en diferentes formas de realización.

Ejemplo de técnicas de integración de procesos

5 Un inconveniente asociado con los flujos de los procesos EC tradicionales es la necesidad de ajustar el tamaño y templar el sustrato antes de la formación del dispositivo EC, lo cual tiene que ver con el hecho de que el templado posterior a la fabricación daña el dispositivo EC y el ajuste del tamaño no se puede realizar después del templado. Este flujo de proceso convencional se ilustra en la Fig. 2. En este proceso, cualquier variación de los requisitos del producto acabado, como por ejemplo, el tamaño del sustrato, el espesor o el tipo, etc., suele conllevar un entorno complejo de fabricación de dispositivos/capas. Por ejemplo, el proceso de revestimiento EC se adaptará a cada producto por separado para obtener resultados óptimos dependiendo por ejemplo del tamaño y espesor del sustrato. Para aplicaciones como ECW, con un contraste diferenciado, especialmente en el estado tintado, dicha falta de uniformidad sería perjudicial para el producto.

15 Sin embargo, tal como se ha indicado (p.ej., en relación con la Fig. 3), ciertas realizaciones ilustrativas implican en cambio laminación, un tipo de vidrio simple no templado para fabricación de EC, ajuste del tamaño de vidrio tras la fabricación de EC y la formación de un patrón de dispositivos después de deposición de capas EC. A partir del esquema y la descripción de la Fig. 3 proporcionados anteriormente, se apreciará que hay una ausencia de templado, junto con la inclusión de etapas de laminación.

20 En este concepto de vidrio EC laminado/unido, el vidrio de la ventana exterior (Lite exterior) incluye una unidad de vidrio de dos láminas. Se proporciona una primera lámina para su uso como lámina EC y la otra lámina se proporciona para satisfacer los requisitos de templado/seguridad y otros requisitos del producto. Esta disposición se muestra en las Fig. 6(a) y 6(b), en las que se presentan vistas en sección transversal de unidades IG que se pueden producir de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas. Se podrá apreciar a partir de las Figs. 6(a) y 6(b) que hay al menos dos opciones para unir el vidrio EC. En el ejemplo ilustrado en la Fig. 6(a), el apilamiento EC está enfrentado hacia el espacio interior abierto, mientras que el apilamiento EC está unido directamente al lite exterior en el ejemplo ilustrado en la Fig. 6(b). El ejemplo ilustrado en la Fig. 6(b) es particularmente ventajoso ya que quizás esté mejor protegido contra la rotura del sello de la unidad IG. Una consecuencia ventajosa de este concepto de laminación/unión es que a veces es posible eliminar completamente el requisito de templado del vidrio utilizado para la fabricación del dispositivo EC. Esto, a su vez, abre la puerta al uso de sustratos de un solo tipo y el ajuste del tamaño del vidrio posterior a la fabricación con vidrio no templado, en consonancia y compatibilidad con los flujos actuales de fabricación de vidrio revestido y ventanas. En consecuencia, esto ayuda a llegar a un entorno de producción robusto y estable para un control óptimo del proceso, la producción y el rendimiento y para reducir los costes.

35 Tal como se ha indicado anteriormente, las unidades IG 600a y 600b que se presentan en las Figs. 6(a) y 6(b) son similares entre sí. Ambas incluyen sustratos de vidrio externos 602 que pueden ser templados, junto con sustratos de vidrio interiores 604. Estos sustratos 602 y 604 son sustancialmente paralelos entre sí y están espaciados, p.ej., utilizando separadores 606, formando así un espacio de aislamiento 608. Un laminado 610 (p.ej., una hoja de laminación de PVB, un laminado de EVA, un laminado de optibond, etc.) ayuda a conectar el sustrato de vidrio exterior 602 al vidrio EC 402. En la Fig. 6(a), el laminado 610 conecta el sustrato de vidrio exterior 602 con el sustrato de vidrio EC 402, de modo que el apilamiento de capas EC 44 queda enfrentado al espacio de aislamiento 608. En cambio, en la Fig. 6(b), el laminado 610 conecta el sustrato de vidrio exterior 602 con el sustrato de vidrio EC 42, de modo que se proporciona el apilamiento de capas EC 400 entre estos dos sustratos 602 y 402. Algunos o todos los sustratos pueden ser sustratos de vidrio UltraWhite, que están disponibles en el mercado por el cesionario de la presente invención.

50 La modificación de integración para la formación de un patrón del dispositivo después de haber depositado todas las capas de EC es otra ventaja de ciertos ejemplos, p.ej., en comparación con el proceso convencional que se presenta en la Fig. 2, en el que se necesitó un patrón de dispositivo múltiple, p.ej., tal como lo indica la flecha bidireccional. Sin embargo, al formar patrones después de completar todas las capas, se reduce la probabilidad de defectos, lo cual conduce a un mejor rendimiento y una mejor calidad de ECW. Esto guarda una relación en parte con el proceso simplificado y la menor probabilidad de problemas de contaminación cruzada, tanto en el proceso de formación de patrones como en la exposición adicional al aire ambiente (potencialmente impuro).

60 El flujo de integración EC que incluye laminación, unión u otra conexión de dos láminas de vidrio para formar un solo lite externo de una unidad IG, tal como se ilustra en las Figs. 6(a) y 6(b), por ejemplo, pueden llevar a beneficios adicionales. Por ejemplo, dichos diseños tienen el potencial de ampliar las aplicaciones del producto, p.ej., combinando de manera flexible el vidrio EC normal con cualquier otro producto de vidrio cuyas propiedades puedan seleccionarse para cumplir con los requisitos de ventana deseados, incluyendo seguridad, color, barrera de sonido y otros. Este flujo de proceso está en consonancia con la cadena de valor actual de la industria del vidrio y ayudaría a ampliar las áreas de aplicación aplicables para amortizar aún más el desarrollo y el coste.

65 La laminación, unión y/u otra conexión de unidades de vidrio en ciertos ejemplos pueden ser similares a las técnicas utilizadas tanto en la industria del vidrio (productos de seguridad, etc.) como en la de pantallas fotovoltaicas solares

de película fina. Es posible mitigar los retos relacionados con los ciclos térmicos y la temperatura real a los que se puede someter el dispositivo EC "absorbente", p.ej., seleccionando los materiales de modo que coincidan entre sí (p.ej., por lo que respecta al coeficiente de expansión térmica, etc.) para ayudar a asegurar la compatibilidad en entornos potencialmente duros.

5 La Fig. 7 es una tercera unidad de vidrio aislante electrocrómica (IG) ilustrativa que se puede producir de acuerdo con una realización ilustrativa. La realización ilustrativa de la Fig. 7 es similar a la Fig. 6(b), en el sentido de que las capas EC 400 depositadas por pulverización catódica están dispuestas entre el sustrato de vidrio exterior 602 y el lite intermedio 402. Sin embargo, la realización ilustrativa de la Fig. 7 difiere del ejemplo ilustrado en la Fig. 6(b) en que incluye una serie de revestimientos opcionales de baja E. En particular, el ejemplo ilustrado en la Fig. 7 incluye un primer revestimiento de baja E 702 situado en una superficie interna del sustrato de vidrio exterior 602, revestimientos segundo y tercero de baja E 704 y 706 situados en superficies opuestas del lite intermedio 402, y un cuarto revestimiento de baja E 708 en la superficie del sustrato interno 604 enfrentado al espacio de aire 608. Uno o más de los revestimientos opcionales de baja E puede ser el revestimiento de baja E SunGuard SuperNeutral 70 (SN70) disponible en el mercado por el cesionario, aunque también es posible utilizar otros revestimientos de baja E. Por ejemplo, véase las patentes de EE.UU. No. 7.537.677; 7.455.910; 7.419.725; 7.344.782; 7.314.668; 7.311.975; 7.300.701; 7.229.533; 7.217.461; 7.217.460; y 7.198.851.

20 Ejemplo de fuentes y equipos de alta producción

Ciertas realizaciones ilustrativas hacen que la tecnología EC sea más rentable al proporcionar fuentes de deposición de alta tasa de deposición que dan cabida a fábricas de EC de alta producción y reducida inversión de capital. Con respecto a las opciones de desarrollo de la fuente, en la tabla a continuación se identifica los posibles métodos de deposición para las capas de EC que se pueden utilizar en conexión con ciertos ejemplos. Hay dos enfoques básicos para las capas litiadas, concretamente, deposición en una sola etapa desde un objetivo compuesto o deposición secuencial de óxido y litio. El uso de Li altamente reactivo en un entorno de fabricación puede ser problemático. Sin embargo, el uso de un objetivo litiado puede llevar a una inconsistencia en la estequiometría a lo largo de la vida útil del objetivo, cuando se utiliza un método de pulverización catódica. En cualquier caso, para técnicas de pulverización catódica, ciertas realizaciones ilustrativas pueden implementar un método de dos etapas. También se pueden utilizar métodos de evaporación por haz de electrones para óxidos metálicos litiados para abordar las posibles limitaciones que implica el uso de técnicas de pulverización catódica.

	Etapa 1		Etapa 2	
	Objetivo	Tipo de pulverización catódica	Objetivo	Tipo de pulverización catódica
$Li_xM_yO_z$	$Li_xM_yO_z$	pDC o RF en Ar	N/A	N/A
$Li_xM_yO_z$	M_yO_z	pDC o RF en Ar/ O_2	Li	Evap. o pulverización catódica en Ar
$Li_xM_yO_z$	M	DC o pDC en Ar/ O_2	Li	Evap. o pulverización catódica en Ar
LiPON	Li_3PO_4	RF (en nitrógeno ambiente)	N/A	N/A
TaO_x	Ta_2O_5	pDC o RF en Ar después O_2	N/A	N/A
TaO_x	Ta	CD o pDC en O_2	N/A	N/A

35 Tal como se ha indicado, el electrolito LiPON se puede utilizar en ciertos ejemplos, debido a su fiabilidad y estabilidad superiores, tal como se demuestra en las aplicaciones de la batería de película fina. LiPON es un material eléctricamente aislante (más de $1 E14 \Omega\text{-cm}$), por lo que la pulverización catódica de RF convencional normalmente presenta una baja tasa de deposición (menos de $1 \mu\text{m/h}$). La deposición convencional de Li por evaporación también es lenta. Por consiguiente, es posible acelerar ciertas realizaciones ilustrativas para que sean compatibles con un sistema de revestimiento de alta producción y que cubra una gran área.

40 Para superar al menos algunos de estos problemas convencionales, ciertas realizaciones ilustrativas pueden implementar una fuente de deposición de plasma basada en multifrecuencia, en la que el plasma de mayor frecuencia se superpone con la potencia de RF común. Esto puede mejorar el control de la densidad del plasma y la tensión de la vaina. También puede aumentar la velocidad de deposición, así como impartir energía a la película en crecimiento, por ejemplo, para modular la cinética de crecimiento. Esto también puede afectar la conformidad, la morfología, la cristalinidad y la baja densidad de poros para producir películas con mejores características de revestimiento. Esto, a su vez, permitirá el uso de electrolitos más finos, lo cual conlleva una mayor producción de fabricación, y dispositivos EC de menor impedancia con velocidades de conmutación de dispositivo más rápidas. La Fig. 8(a) es una imagen MEB de una capa de Al de 600 nm depositada por evaporación convencional. La imagen en la Fig. 8(a) revela una estructura de columna que tiene una superficie rugosa. La Fig. 8(b) es una imagen MEB de una capa de Al de 600 nm depositada usando una evaporación activada por plasma de acuerdo con ciertas realizaciones ilustrativas. Es decir, la Fig. 8(b) presenta un concepto de pulverización catódica multi-plasma para la fuente de combinación de RF-HF. La fotografía MEB de la Fig. 8(b) presenta un ejemplo de los efectos de impartir energía a una película en crecimiento, que incluye una estructura más densa que tiene una superficie lisa.

55 Las tecnologías actuales de evaporación de Li generalmente no son compatibles con HVM, en la medida en que requieren normalmente el uso de múltiples fuentes puntuales y un tiempo de inactividad considerable para recargar

Li altamente reactivo o unas elaboradas condiciones ambientales inertes para soportar la auto-alimentación desde una fuente *ex situ*. Sin embargo, ciertas realizaciones ilustrativas pueden incorporar una fuente basada en un cabezal de ducha lineal con un depósito de Li remoto que se puede reponer sin alterar el proceso o el sistema de vacío. Los resultados del modelado de los evaporadores propuestos se muestran en la tabla a continuación. A partir de estos resultados, una única fuente lineal parece ser suficiente para un sistema HVM (mayor que 1 µm/min).

5

T(C)	Velocidad de evaporación (kg/(m ² *s))	Velocidad de evaporación (kg/s)	Tasa de dep. estática (nm/h)
300	5.12E-08	1.1E-10	0
400	6.10E-06	1.20E-08	55
500	2.05E-04	4.03E-07	1855
600	3.02E-03	5.93E-06	27330

Los problemas asociados a la pulverización catódica de Li incluyen el "agrupamiento" y la baja tasa de deposición, que afectan negativamente a la uniformidad. La agrupación se produce cuando la especie de pulverización catódica es mucho más pesada (por ejemplo, Ar) y la tensión de la vaina es demasiado alta, lo cual conlleva un alto impulso. El uso de He y Ne de un peso atómico más bajo reducirá la tasa de deposición e incurrirá en un alto coste. En consecuencia, se puede utilizar una fuente de plasma de frecuencia múltiple, análoga a la propuesta para el depósito de LiPON, en ciertas realizaciones ilustrativas. Sin embargo, la RF puede superponerse a la pulverización catódica de CC para aumentar la densidad del plasma y reducir la tensión de la vaina. Esto permitirá el uso de Ar de menor coste al tiempo que reduce la agrupación.

10

15

Por lo que respecta al desarrollo de HVM, es posible economizar el tiempo en ciertas realizaciones ilustrativas, ya que las capas activas se pueden procesar en un solo sistema de deposición integrado donde los sustratos ven solo las cámaras de deposición limpias, reduciendo así los defectos/desechos que afectan al rendimiento y a la estética causados, por ejemplo, por formación de patrones, ajuste de tamaño del sustrato, exposición al aire, etc. La exposición limitada al aire también reduce el requisito de sala limpia y, una vez más, conduce a la reducción general del coste.

20

En ciertas realizaciones ilustrativas, el proceso de apilamiento de capas EC puede acelerarse al menos 2 veces más en comparación con las prácticas actuales, más preferentemente al menos 3 veces más, y aún más preferentemente al menos 5 veces más. Se pueden utilizar múltiples objetivos (p.ej., 2, 3, 4 o incluso 5 o más objetivos) en el proceso de deposición para aumentar la velocidad de la línea.

25

Ejemplo de unidad IG electrocrómica

30

Un ejemplo de unidad IG EC incluye un sustrato externo templado, un lite intermedio y un sustrato interno. El sustrato externo es un sustrato UltraWhite de 6 mm de espesor y el lite intermedio es un sustrato UltraWhite de 1 mm de espesor. El sustrato exterior y el lite intermedio se unen entre sí utilizando un laminado optibond. Las capas electrocrómicas están dispuestas sobre la superficie del lite intermedio enfrentado al sustrato exterior. Los TCC utilizados en relación con las capas electrocrómicas corresponden al ejemplo de apilamiento de capas del ejemplo de la Fig. 5. Se forma un revestimiento SunGuard SuperNeutral 70 baja-E disponible en el mercado por el cesionario en ambos lados de las capas electrocrómicas. El sustrato interior es una lámina de vidrio transparente de 6 mm de espesor, disponible en el mercado por el cesionario. Un espacio de aire de 12 mm está presente entre la luz intermedia el sustrato interno. Esta disposición puede tener las siguientes propiedades ilustrativas.

35

40

Condiciones	Luz visible			Energía solar (directa)		Invierno		Verano			LSG
	% T	% Reflectancia		% T	% T R exterior	Valor U	Valor U	Coef. sombr.	SHGC	RHG	
		Interior	Exterior			Noche	Día				
LiPON no tintado	48	15	18	15	43	0,291	0,28	0,22	0,25	49	2,03
LiPON tintado	2	11	9	1	40	0,291	0,28	0,07	0,62	17	0,36

Tal como es sabido, LSG significa ganancia de luz a solar. En la tabla anterior, "% R exterior" se refiere al porcentaje de energía solar directa reflejada al exterior.

45

En ciertos ejemplos, la transmisión en el estado tintado es preferentemente inferior a 5 %, más preferentemente inferior a 4 %, aún más preferentemente inferior a 3 % y algunas veces incluso aproximadamente 2 %. En ciertos ejemplos, la transmisión en el estado no tintado es preferentemente al menos aproximadamente 40 %, más preferentemente al menos aproximadamente 45 % y, algunas veces, 48 % o incluso más. SHGC varía preferentemente entre 0,03 y 0,5.

50

Tal como se emplean en el presente documento, no debe interpretarse que los términos y expresiones "sobre",

"soportado por" y similares significan que dos elementos están directamente adyacentes entre sí a menos que se indique explícitamente. Dicho de otro modo, se puede decir que una primera capa está "sobre" o "soportada por" una segunda capa, incluso si hay una o más capas entre ellas.

- 5 Si bien la invención se ha descrito en relación con lo que actualmente se considera la realización más práctica y preferente, debe entenderse que la invención no queda limitada a la realización descrita, sino que, por el contrario, se pretende que cubra diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar unidades de vidrio aislante electrocrómicas, comprendiendo el método:
 - 5 proporcionar (302) un primer sustrato de vidrio (402);
 disponer (304) capas de dispositivo electrocrómico sobre el primer sustrato que comprende al menos capas de
 contra electrodo – CE (406), un conductor de iones –IC (408) y electrocrómica EC – (410) y
 revestimientos conductores transparentes primero y segundo TCC (404, 412) que forman las capas más
 exteriores opuestas de las capas del dispositivo electrocrómico;
 - 10 formación de patrones (306) de las capas de dispositivo electrocrómico y cortado del primer sustrato de vidrio
 (402) con las capas del dispositivo electrocrómico dispuestas encima para formar una pluralidad de sustratos de
 dispositivo electrocrómico (402);
 proporcionar una pluralidad de segundos sustratos de vidrio templados térmicamente (602);
 laminar o unir (312) la pluralidad de sustratos de dispositivo electrocrómico (402) a la pluralidad de segundos
 sustratos de vidrio (602), respectivamente;
 - 15 proporcionar una pluralidad de terceros sustratos de vidrio (604);
 formar una pluralidad de unidades IG de vidrio aislante electrocrómicas (600a, 600b), comprendiendo cada una
 un sustrato de dispositivo electrocrómico (402) y un segundos sustrato (602) en relación sustancialmente
 paralela y separados de un tercer sustrato de vidrio (604).
 - 20
2. El método de la reivindicación 1, en el que las capas del dispositivo electrocrómico (406, 408, 410) se disponen
 por pulverización catódica, preferentemente, en donde la pulverización catódica es asistida por haz de iones.
3. El método de la reivindicación 1, en donde las capas del dispositivo electrocrómico (406, 408, 410) están
 25 enfrentadas a los sustratos segundo o tercero (602, 604) cuando se ensamblan en las unidades IG (600a, 600b).
4. El método de la reivindicación 1, en donde cada TCC mencionado (404, 412) incluye una capa de plata (506)
 intercalada por capas de ITO (502, 510) y, además, en donde se proporcionan capas de Cu o que incluyen NiCr
 (504, 508) entre la capa de plata (506) y las capas de ITO (502, 510), preferentemente en donde la resistencia de
 30 lámina de cada TCC mencionado (404, 412) es de aproximadamente 5 ohms/cuadrado.
5. El método de la reivindicación 1, en donde la capa de conductor iónico (408) incluye LiPON.
6. El método de la reivindicación 1, en donde la capa electrocrómica (410) comprende óxido de tungsteno.
- 35 7. El método de la reivindicación 6, en donde el óxido de tungsteno es sub-estequiométrico.
8. El método de la reivindicación 7, en donde el óxido de tungsteno sub-estequiométrico WO_x tiene el valor X sub-
 estequiométrico en el intervalo de $2,6 < x < 3$.
- 40 9. El método de la reivindicación 6, en donde la capa de contra electrodo (406), la capa de conductor de iones (408)
 y/o la capa electrocrómica (410) está(n) dopadas con Mg, comprendiendo el método preferentemente además
 proporcionar uno o más revestimientos de baja E (702, 704, 706, 708), proporcionándose los revestimientos de baja
 E sobre las superficies interiores de los segundos sustratos (602), sobre una o ambas superficies del primer sustrato
 45 (402) y/o sobre las superficies interiores de los terceros sustratos de vidrio (604), comprendiendo más
 preferentemente además proporcionar revestimientos de bloqueo de UV (702) en las superficies interiores de los
 segundos sustratos (602).
10. El método de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de sustratos de dispositivo electrocrómico (402) están
 50 laminados o unidos a la pluralidad de segundos sustratos de vidrio (602) a través de las correspondientes capas a
 base de polímero (610).

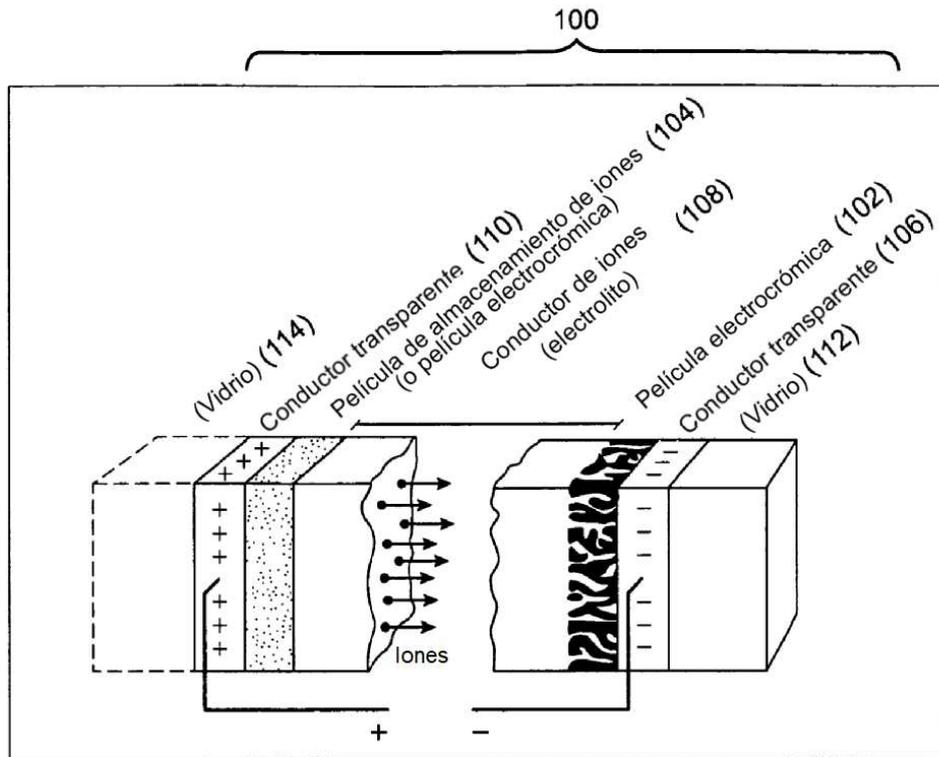


Fig. 1(a)

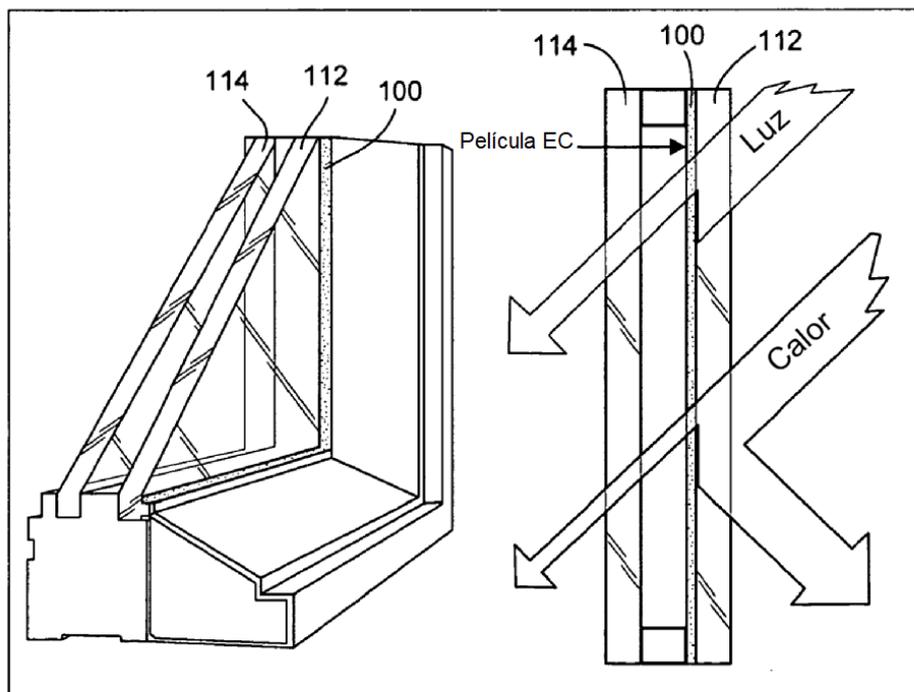


Fig. 1(b)

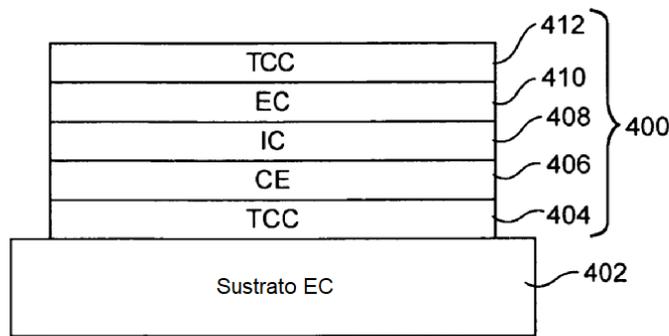
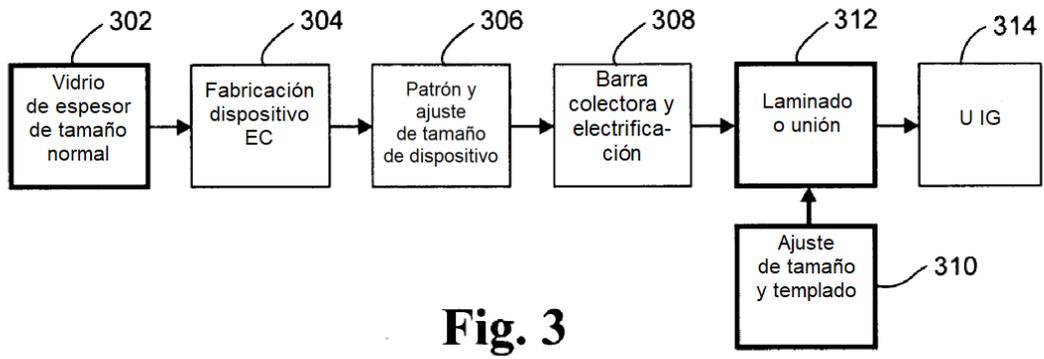
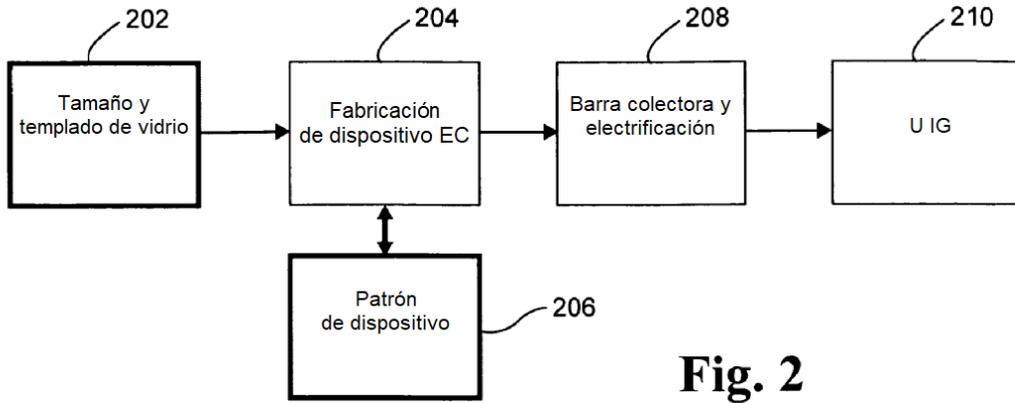


Fig. 4

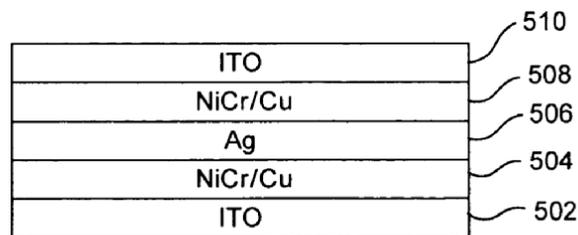


Fig. 5

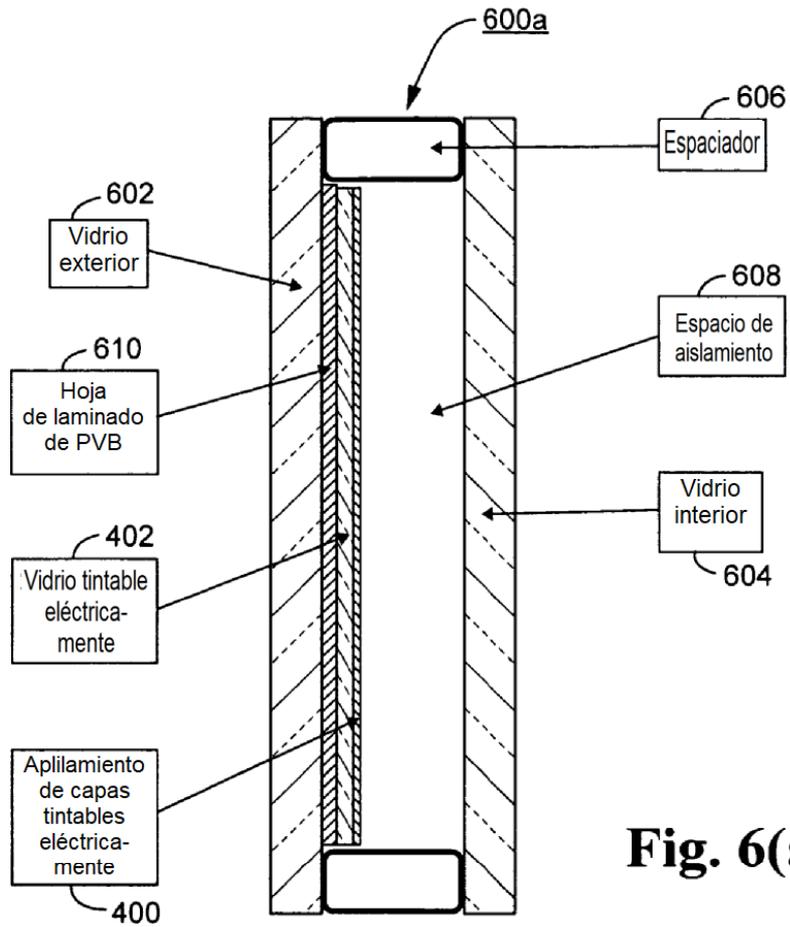


Fig. 6(a)

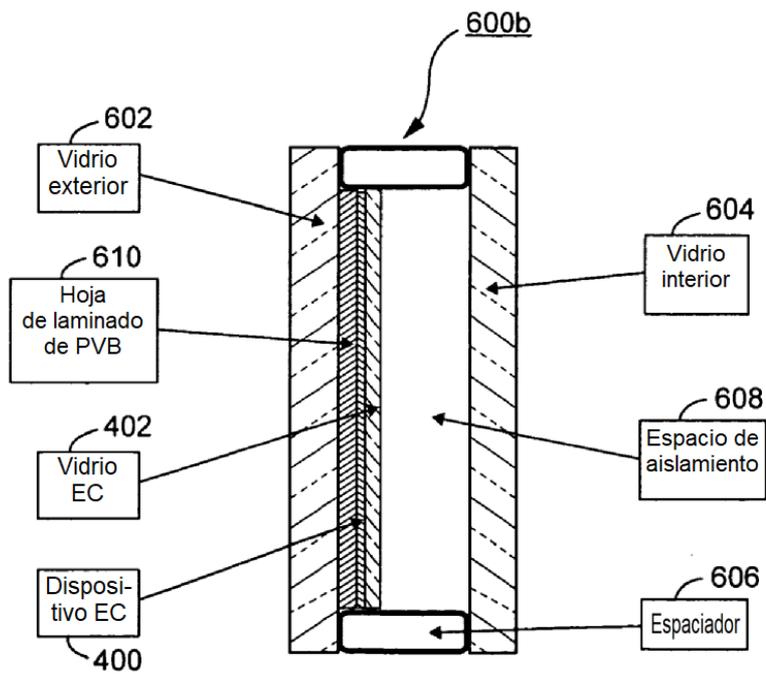


Fig. 6(b)

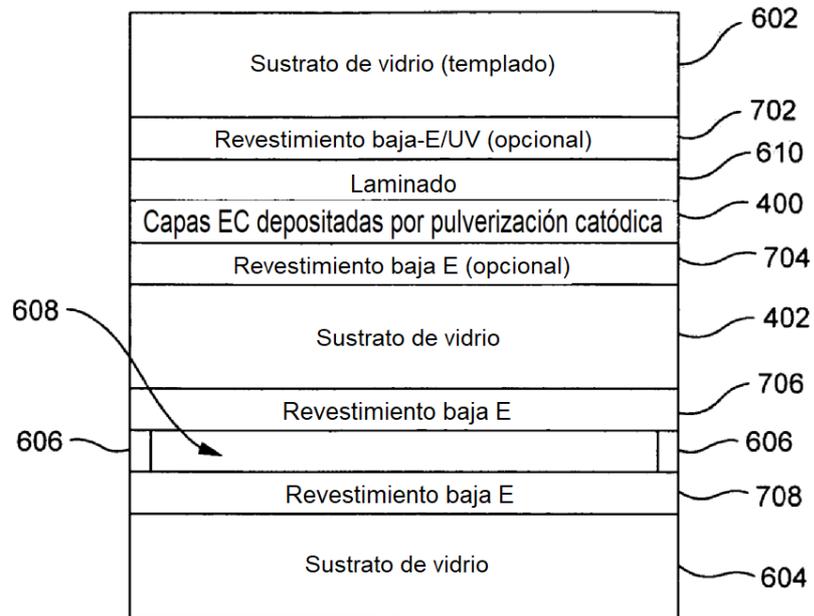


Fig. 7

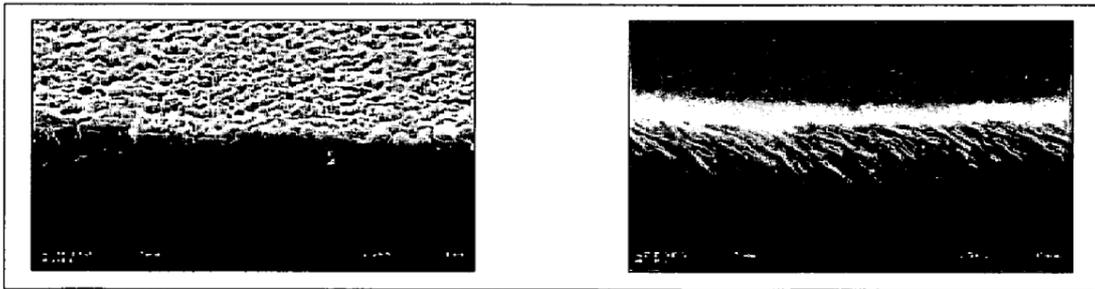


Fig. 8(a)

Fig. 8(b)