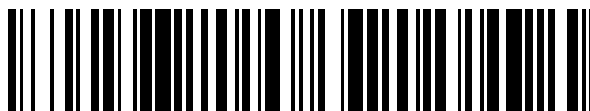


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 652**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/15** (2006.01)

**G02F 1/153** (2006.01)

**B32B 17/10** (2006.01)

**E06B 3/67** (2006.01)

**E06B 9/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2010 PCT/US2010/002331**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2011 WO11028253**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2010 E 10757862 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2470953**

54 Título: **Dispositivo electrocrómico y conjunto que lo incorpora**

30 Prioridad:

**27.08.2009 US 237580 P**

**14.07.2010 US 805144**

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

**11.01.2017**

73 Titular/es:

**GUARDIAN INDUSTRIES CORP. (100.0%)**

**2300 Harmon Road**

**Auburn Hills, MI 48326, US**

72 Inventor/es:

**VEERASAMY, VIJAYEN S.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 596 652 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

Dispositivo electrocrómico y conjunto que lo incorpora

5 **Campo de la invención**

Ciertas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención se refieren a dispositivos electrocrómicos (EC), conjuntos que incorporan dispositivos electrocrómicos, y/o métodos de fabricación de los mismos. Más particularmente, ciertas realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención se refieren a materiales EC mejorados, pilas de dispositivos EC, esquemas de integración de procesos compatibles de fabricación de alto volumen (HVM), y/o fuentes, equipos y fábricas de deposición de bajo coste y alto rendimiento.

**Antecedentes y sumario de las realizaciones a modo de ejemplo de la invención**

15 La invención se expone en las reivindicaciones independientes 1. Solamente la Figura 5 representa realizaciones de la invención actualmente reivindicada. Todas las otras realizaciones se muestran únicamente con fines ilustrativos. En lo que sigue, la palabra "realización" se utiliza para designar realizaciones reales de la invención reivindicada solo con referencia a la figura 5; otras ocurrencias de la palabra "realización" o "realizaciones" se refieren a ejemplos que se muestran únicamente con fines ilustrativos.

20 Las ventanas proporcionan luz natural, aire fresco, el acceso y la conexión con el mundo exterior. Sin embargo, también representan una fuente importante de energía desperdiciada. Con la creciente tendencia en el aumento del uso de ventanas arquitectónicas, el equilibrio de los intereses en conflicto de la eficiencia energética y el confort humano se está volviendo más y más importante. Por otra parte, las preocupaciones del calentamiento global y las huellas de carbono se están añadiendo al impulso de sistemas de acristalamiento energéticamente eficientes novedosos.

En este sentido, las ventanas son elementos únicos en la mayoría de los edificios porque 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 % de todo el consumo energético de Estados Unidos, aproximadamente el 12 % de toda la energía utilizada en los edificios. La tecnología de ventanas actual conduce, a menudo, a excesivos costes de calefacción en invierno, enfriamiento excesivo en verano, y a menudo no logra captar los beneficios de la luz del día, lo que permitiría que luces se atenúen o apaguen en la mayor parte de las existencias comerciales de la nación. Estos factores dan como resultado un "coste" energético de más de 5 Quads: 2,7 Quads de uso energético por año en los hogares, aproximadamente 1,5 Quads en el sector comercial, y otro 1 Quad de potencial de ahorro energético en iluminación con las estrategias de la luz del día. En las últimas dos décadas se han hecho avances, principalmente, en la reducción del valor U de las ventanas a través de la utilización de revestimientos de E bajo estáticos, y reduciendo el coeficiente de ganancia de calor solar, SHGC, a través del uso de revestimientos de E bajo espectralmente selectivos. Sin embargo, otras mejoras son todavía posibles.

40 Con la capacidad de controlar dinámicamente la ganancia, pérdida y deslumbramiento del calor solar, sin bloquear la vista, las ventanas electrocrómicas (ECW) pueden proporcionar una reducción significativa en el consumo energético. De hecho, las ECW tienen el potencial de afectar a todos los usos energéticos finales de la ventana, por ejemplo, mediante la reducción de las cargas de enfriamiento en climas donde las ventanas contribuyen a cargas de enfriamiento sustanciales al tiempo que permiten que la misma ventana admita ganancia solar en invierno para reducir la calefacción, y la modulación de la luz del día para permitir la reducción del alumbrado eléctrico en edificios comerciales y al mismo tiempo controlar el deslumbramiento. Por ejemplo, a medida que cambian los niveles de luz y de calor exteriores, el rendimiento de la ventana puede ajustarse automáticamente para adaptarse a las condiciones a través de un control de retroalimentación automático.

50 Se conocen ventanas electrocrómicas (EC). Véase, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos n.º 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, cuyas descripciones se incorporan aquí por referencia.

55 Algunas ventanas dinámicas EC actuales proporcionan transmisiones que van de aproximadamente un 3 % en el estado tintado a aproximadamente un 70 % en el estado transparente. Como se ha indicado anteriormente, el intervalo de control de ganancia de calor solar (SHGC) es bastante grande. De hecho, algunas ventanas dinámicas EC actuales proporcionan un intervalo de aproximadamente 0,09 SHGC en el estado tintado a aproximadamente 48 en el estado transparente. La tecnología EC inorgánica a base de litio ofrece también las ventajas de durabilidad, operación a baja tensión (menos de aproximadamente 5 V), claridad (70 %), transparencia cuando están apagadas, y bajo consumo energético. A pesar de estos amplios intervalos, las ECW inorgánicas basadas en litio actuales ofrecen desafortunadamente una variación de color limitada, y se podría mejorar la opacidad máxima (por ejemplo, en relación con otros tipos de acristalamiento conmutables). Otro inconveniente de las ECW inorgánicas a base de litio actuales se refiere a sus tiempos de conmutación lentos. De hecho, los tiempos de conmutación actuales para las ECW inorgánicas a base de litio suelen oscilar entre aproximadamente 5-10 minutos. Los mecanismos de dispositivos poliméricos inorgánicos y orgánicos a base de protones conmutan algo más rápido (por ejemplo, de 15

segundos a 5 minutos), pero por desgracia sufren de la degradación del conductor iónico en el primer caso y la degradación del polímero en el último caso. La tensión de operación de los dispositivos EC de tipo polímero inorgánico basados en litio, así como inorgánico y orgánico basados en protones es normalmente de 1-5 V CC y consumen normalmente 2-3 W/m<sup>2</sup> cuando conmutan y de 0,5 a 1 W/m<sup>2</sup> cuando se mantiene el estado tintado.

5 La Figura 1(a) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica convencional, y la Figura 1(b) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica convencional en un estado tintado o coloreado. La pila activa 100 que se muestra en la Figura 1(a) incluye cuatro componentes, en concreto, primer y segundo colectores de corriente transparentes 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 (por ejemplo, Li, Na, H, etc.) que cambian las propiedades de acristalamiento tras la transferencia hacia y desde el cátodo. El ánodo 110 puede ser una capa de coloración, si la coloración se produce anódicamente, por ejemplo, a medida que los iones salen de la capa. Estos componentes se intercalan entre primer y segundo sustratos de vidrio 112 y 114. Fundamentalmente, el dispositivo electrocrómico cambia dinámicamente la capacidad de absorción óptica, con el movimiento (intercalación y de-intercalación) de Li dentro y fuera del cátodo 106. Esto, a su vez, modula la interacción con la radiación solar modulando de esta manera el SHGC para el control energético, así como la visibilidad y el deslumbramiento (importante para el confort humano). Debido a que el Li se encuentra en el cátodo 106, la ventana electrocrómica en un estado tintado o coloreado y solo una porción de la luz y calor incidente se transmiten a través de la ECW.

20 Desafortunadamente, las películas ECW actuales no cumplen con el rendimiento requerido en apariencia (incluyendo el color), velocidad de conmutación, consistencia de la calidad y fiabilidad a largo plazo. Un suministro adecuado y tamaños útiles de ventanas son cuestiones adicionales.

25 Una de las razones de que la alta estructura coste de las ECW actual se encuentre por encima del umbral de mercado es que la fabricación del dispositivo EC es incompatible con el flujo de fabricación de la industria de acristalamientos. Un requisito crítico para la seguridad en el código de construcción es que el cristal más exterior en una unidad de vidrio aislante (IGU) sea templado. También, de acuerdo con la práctica en la industria de acristalamientos revestido, grandes láminas de vidrio (por lo general de hasta 3,2 m de ancho) primero se revisten, después, se dimensionan, y finalmente se templan. En una situación ideal, el vidrio EC acabado se podría templar y cortar a medida. Sin embargo, el vidrio templado no se puede cortar. De acuerdo con la práctica en la industria de acristalamientos revestidos, las grandes láminas de vidrio (por lo general de hasta 3,2 m de ancho) primero se revisten y después se venden a las plantas de fabricación de ventanas donde se dimensionan y templan. Por desgracia, el vidrio templado no se puede cortar después, y el vidrio EC no se puede templar después de la fabricación EC debido a que las temperaturas de templado destruirían el dispositivo EC. En consecuencia, las técnicas de fabricación ECW actuales se basan en vidrio ya cortado y templado para la fabricación EC. Esto es problemático por diversas razones. Por ejemplo, el vidrio templado entrante tiene una amplia variación en el espesor lo que conduce a una variación sustancial en las propiedades del revestimiento. Además, la presencia de múltiples tamaños de sustrato y tipos conduce a desafíos en el control de procesos, producción, y rendimiento, lo que dificulta la fabricación de gran volumen y alto rendimiento reproducible.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación ECW actual. El vidrio más exterior se corta a medida y se templea en 202, lo que corresponde a un proceso de fabricación de vidrio EC. El dispositivo EC se fabrica, por ejemplo, de modo que tenga la estructura a capas que se muestra en la Figura 1(a), en 204. Después de que las capas EC se han depositado, el dispositivo EC se modela en 206, por ejemplo, para reducir los defectos y mejorar el rendimiento y la apariencia. Se añaden barras colectoras para proporcionar "electrificación" (por ejemplo, cableado) para el dispositivo EC en 208. Se añade un segundo sustrato en una relación de separación en el dispositivo EC, por ejemplo, como se muestra en las Figuras 1(a) y 1(b). Juntos, 204, 206, 208, y 210 representan el proceso de fabricación de una unidad de vidrio aislante (IG) unidad. Esta unidad IG se puede incorporar por último en una ECW, por ejemplo, como se muestra en el lado izquierdo de la Figura 1(b).

Otro obstáculo para el progreso ha sido la escasez de recursos y capacidades de los fabricantes en el desarrollo de fuentes de deposición, plataformas y automatización compatibles con las técnicas de fabricación a gran escala y alto rendimiento.

55 El lugar más práctico para tener el revestimiento EC es en la superficie interior de la Lite más exterior. La colocación de las barras colectoras en esta superficie para la electrificación (por ejemplo, cableado) presenta retos no solo para los fabricantes de IG actuales, sino también para los cristaleros. Los arquitectos, propietarios de edificios comerciales, y los usuarios finales solicitan información acerca de la durabilidad de la ventana EC para largas duraciones de tiempo. La fiabilidad de la junta de la unidad IG es, por tanto, una preocupación. La unidad IG EC se diferencia de las ventanas convencionales en que las interconexiones para alimentar el dispositivo deben pasar por la junta de barrera contra la humedad. No existen estándares para las interconexiones ni alimentaciones pasantes I que preserven la integridad de la junta. Lo que existe en el mercado está registrado. También hay preocupaciones sobre la durabilidad de la pila de películas EC cuando se expone al intervalo de tensiones solares y ambientales que una ventana experimenta a lo largo de su vida útil.

Por último, el rendimiento del dispositivo en términos de apariencia, color, velocidad de conmutación, consistencia, intervalo de SHGC, y vida útil tiene que considerarse. Por ejemplo, los arquitectos tienen una fuerte preferencia por una ventana de color neutro que cambie de color gris oscuro a perfectamente claro. La mayoría de las ventanas EC del mercado actual presentan una tonalidad azul oscuro cuando se colorean y un tinte amarillento en el estado transparente. Un color más neutro y transmisión mejorada en el estado transparente ampliaría el mercado arquitectónico accesible.

Por lo tanto, se apreciará que existe la necesidad en la técnica de mejorar las ventanas dinámicas electrocrómicas, y/o los métodos de fabricación de las mismas. Por ejemplo, se apreciará que existe una necesidad en la técnica de (1) técnicas de revestimiento a bajo coste, gran escala y alto rendimiento que sean compatibles con una fabricación a gran volumen (HVM); (2) una formulación EC de mejor rendimiento; (3) una formación EC robusta, de alto rendimiento, pocos defectos para lites de gran tamaño; y/o (4) acoplamiento tales como nuevas técnicas de fabricación con fabricación post-vidrio existente y tecnologías auxiliares para la producción de ventanas completas. Estas y/u otras técnicas pueden ayudar a resolver algunos de los problemas anteriormente señalados y/o de otro tipo, mientras que también proporcionan una integración de control de edificios más completa.

Algunas realizaciones a modo de ejemplo se refieren a cambios de arriba abajo y/o de abajo a arriba en (a) materiales, (b) la pila del dispositivo electrocrómico, (c) esquemas de integración de procesos compatibles de gran volumen, y (d) técnicas y equipos de deposición de alto rendimiento y bajo coste. De este modo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo se pueden utilizar para proporcionar conjuntos EC reducidos en coste, en el camino a "Edificios de consumo energético neto cero".

Un aspecto de algunas realizaciones a modo de ejemplo implica la incorporación de nuevos materiales electrocrómicos. Por ejemplo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo implican un cátodo y/o ánodo ópticamente dopados para una mayor transmisión visible en el estado transparente, mayor diferencial en el control de ganancia de calor solar (SHGC) entre estos estados, un aspecto mejorado y una mejor fiabilidad. El control de la estequiometría de  $WO_x$  (por ejemplo, de modo que sea sub-estequiométrico) puede dar como resultado, ventajosamente, mejoras con respecto al diferencial SHGC y mejor apariencia (por ejemplo, en términos de la coloración). Colorear anódicamente el contra-electrodo puede aumentar también el diferencial SHGC.

Otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo implica la incorporación de una nueva pila de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, la inclusión de un sustrato de Lite intermedia de Fe bajo y bajo coste puede ayudar a reducir la necesidad de capas de barrera del dispositivo de sustrato. De acuerdo con la invención reivindicada, se proporciona un colector de corriente transparente mejorado (TCC) con mucha más alta conductividad y transmitancia en comparación con ITO para aumentar la velocidad de conmutación y a un coste reducido. La inclusión de un material de electrolito de oxinitruro de fósforo de litio (UPON) se puede seleccionar para fines de fiabilidad en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Además, el uso de capas conductoras/dieléctricas transparente se puede utilizar para cambiar el color basándose en la interferencia selectiva en ciertas realizaciones a modo de ejemplo.

Todavía otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo implica nuevas técnicas para la integración del dispositivo electrocrómico. Por ejemplo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden implicar el uso de vidrio laminado/unido en la Lite exterior de la Unidad IG EC. Esto puede resultar ventajoso en la eliminación completa de la utilización de vidrio templado en la etapa de fabricación EC, reducir la necesidad de dimensionar y templar el vidrio antes del procesamiento EC, permitir el uso de un vidrio de un solo tipo y tamaño estándar en la fabricación EC para una mejor reproducibilidad del proceso y economía de escala, y/o permitir el dimensionamiento post-fabricación EC del vidrio. También puede permitir ventajosamente el modelado del patrón después de que todas las capas EC se hayan depositado, reduciendo de este modo la probabilidad de defectos y mejorando el rendimiento y la apariencia.

Sin embargo, otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo se relaciona con el desarrollo de la fuente de deposición compatible con HVM. Por ejemplo, una fuente de deposición LiPON novedosa capaz alcanzar altas tasas de deposición y de modular la cinética de crecimiento puede, a su vez, permitir un alto rendimiento y mejores características de la película en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden también utilizar un evaporador Li basado en un cabezal de ducha lineal novedoso con fuentes de Li remotas, compatibles con el entorno normal.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, se proporciona un método de fabricación de ventanas electrocrómicas. Se proporciona un primer sustrato de vidrio. Capas dispositivo electrocrómico se disponen en el primer sustrato, comprendiendo las capas al menos un contra-electrodo (CE), un conductor de iones (IC), y las capas electrocrómicas (EC). Las capas de dispositivos electrocrómicas se modelan, y el primer sustrato de vidrio con las capas de dispositivos electrocrómicas dispuestas al respecto se cortan a fin de formar una pluralidad de sustratos de dispositivos EC. Se proporciona una pluralidad de segundos sustratos de vidrio. La pluralidad de sustratos de dispositivos EC se une o lamina a la pluralidad de segundos sustratos de vidrio, respectivamente. Se proporciona una pluralidad de terceros sustratos de vidrio. Se forma una pluralidad de unidades de vidrio aislante (IG), que comprende respectivamente los primeros y segundos sustratos en una relación sustancialmente paralela, separada con los terceros sustratos de vidrio.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, se proporciona un método de fabricación de un conjunto electrocrómico (EC). El primero, segundo y tercer sustratos de vidrio se proporcionan, en los que el segundo sustrato se temple térmicamente y el primer sustrato no se temple térmicamente. Una pluralidad de capas de dispositivos EC se depositan por bombardeo iónico, directa o indirectamente, sobre el primer sustrato, con la pluralidad de capas de dispositivos EC comprendiendo un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra-electrodo (CE), una capa conductora de iones (IC), una capa EC, y un segundo TCC. El primer y segundo sustratos se laminan o unen entre sí. El segundo y tercer sustratos se proporcionan sustancialmente en paralelo y separados entre sí uno respecto al otro. Las capas CE y EC son ambas de color cambiante cuando el conjunto EC está en funcionamiento.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, se proporciona un método de fabricación de un conjunto electrocrómico (EC). Una pluralidad de capas de dispositivos EC se deposita por bombardeo iónico, directa o indirectamente, en un primer sustrato, con la pluralidad de capas de dispositivos comprendiendo, para alejarse del primer sustrato, un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de cátodo, una capa de electrolito, una capa de ánodo anódicamente colorante, y un segundo TCC. El primer sustrato con la pluralidad de capas de dispositivos bombardeadas catódicamente sobre el mismo se conecta a un segundo sustrato de tal manera que el primero y segundo sustratos están sustancialmente en paralelo y separados entre sí uno respecto al otro.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, se proporciona un conjunto electrocrómico (EC). El primer, segundo, y tercer sustratos de vidrio se proporcionan, con el segundo y tercer sustratos siendo sustancialmente paralelos a y separados entre sí. Una pluralidad de capas de dispositivos EC depositadas por bombardeo iónico son compatibles con el primer sustrato, comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos EC un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra-electrodo (CE), una capa conductora de iones (IC), una capa EC y un segundo TCC. El primer y segundo sustratos se laminan o unen entre sí. El segundo sustrato se temple térmicamente y el primer sustrato no se temple térmicamente.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, se proporciona un conjunto electrocrómico (EC). Al menos se proporcionan primer y segundo sustratos de vidrio, siendo el primer y segundo sustratos sustancialmente paralelos a y separados entre sí. Una pluralidad de capas de dispositivos depositadas por bombardeo iónico son compatibles con el primer sustrato, comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos EC un primer revestimiento conductor transparente (TCC), una capa de contra-electrodo anódicamente colorante y dopada (EC), una capa conductora de iones (IC), una capa EC dopada que comprende WO<sub>x</sub>, y un segundo TCC.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, 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 anódicamente colorante y dopada; una capa de electrolito que comprende Li; y una capa de cátodo dopada que comprende WO<sub>x</sub>.

Las características, aspectos, ventajas y realizaciones a modo de ejemplo descritas en la presente memoria se pueden combinar para realizar otras realizaciones.

**Breve descripción de los dibujos**

Estas y otras características y ventajas pueden entenderse mejor y más completamente por referencia a la siguiente descripción detallada de las realizaciones ilustrativas a modo de ejemplo junto con los dibujos, de los que:

- la FIGURA 1(a) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica convencional;
- la FIGURA 1(b) es un diagrama esquemático de una ventana electrocrómica convencional en un estado tintado o coloreado;
- la FIGURA 2 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación ECW actual;
- la FIGURA 3 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación ECW de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
- la FIGURA 4 es pila y sustrato electrocrómico ilustrativo de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
- la FIGURA 5 es un revestimiento conductor transparente (TCC) de acuerdo con la invención reivindicada;
- la FIGURA 6(a) es una primera unidad de vidrio aislante (IG) electrocrómica ilustrativa de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
- la FIGURA 6(b) es una segunda unidad de vidrio aislante (IG) electrocrómica ilustrativa de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
- la FIGURA 7 es una tercera unidad de vidrio aislante (IG) electrocrómica ilustrativa de acuerdo con una realización a modo de ejemplo;
- la FIGURA 8(a) es una imagen SEM de una capa de Al de 600 nm depositada por evaporación convencional; y
- Figura 8(b) es una imagen SEM de un capa de Al de 600 nm depositada mediante evaporación por plasma activado de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo.

**Descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo de la invención**

Un aspecto de algunas realizaciones a modo de ejemplo implica la incorporación de nuevos materiales electrocrómicos. Por ejemplo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo implican un cátodo y/o ánodo ópticamente dopados para una mayor transmisión visible en el estado transparente, mayor diferencial de control de ganancia de calor solar (SHGC) entre estos estados, un aspecto mejorado y una mejor fiabilidad. El control de la estequiometría de  $WO_x$  (por ejemplo, de manera que sea sub-estequiométrica) puede ventajosamente dar como resultado mejoras con respecto al diferencial SHGC y mejor apariencia (por ejemplo, en términos de la coloración). Colorear anódicamente el contra-electrodo puede aumentar también el diferencial SHGC.

Otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo implica la incorporación de una nueva pila de dispositivos electrocrómicos. Por ejemplo, la inclusión de un sustrato medio-ligero de Fe bajo y bajo coste puede ayudar a reducir la necesidad de capas de barrera del dispositivo de sustrato. Un colector de corriente transparente mejorado (TCC) con mucha más alta conductividad y transmitancia en comparación con ITO se puede proporcionar para aumentar la velocidad de conmutación y a un coste reducido. La inclusión de un material de electrolito de oxinitruro de fósforo de litio (LiPON) se puede seleccionar para fines de fiabilidad en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Además, el uso de capas conductoras/dieléctricas transparente se puede utilizar para cambiar el color basándose en la interferencia selectiva en ciertas realizaciones a modo de ejemplo.

Todavía otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo implica nuevas técnicas para la integración del dispositivo electrocrómico. Por ejemplo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden implicar el uso de vidrio laminado/unido en la Lite exterior de la Unidad IG EC. Esto puede resultar ventajoso en la eliminación completa de la utilización de vidrio templado en la etapa de fabricación EC, reducir la necesidad de dimensionar y templar el vidrio antes del procesamiento EC, permitir el uso de un vidrio de un solo tipo y tamaño estándar en la fabricación EC para una mejor reproducibilidad del proceso y economía de escala, y/o permitir el dimensionamiento post-fabricación EC del vidrio. También puede permitir ventajosamente el modelado del patrón después de que todas las capas EC se hayan depositado, reduciendo de este modo la probabilidad de defectos y mejorando el rendimiento y la apariencia.

Sin embargo, otro aspecto de ciertas realizaciones a modo de ejemplo se relaciona con el desarrollo de la fuente de deposición compatible con HVM. Por ejemplo, una fuente de deposición LiPON novedosa capaz alcanzar altas tasas de deposición y de modular la cinética de crecimiento puede, a su vez, permitir un alto rendimiento y mejores características de la película en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden también utilizar un evaporador Li basado en un cabezal de ducha lineal novedoso con fuentes de Li remotas, compatibles con el entorno normal.

Ciertas realizaciones implican cambios en los materiales EC, la pila de dispositivos EC, esquemas de integración de procesos compatibles HVM, y/o fuentes, equipos y fábricas de deposición de alto rendimiento y bajo coste. Estos aspectos de ciertas realizaciones a modo de ejemplo se describen, a su vez, a continuación.

Ciertas realizaciones a modo de ejemplo se refieren a ventajas en términos de uno o más del coste, rendimiento del dispositivo, durabilidad, apariencia estética, y/o escalabilidad. Por ejemplo, algunos productos electrocrómicos actuales cuestan más de \$ 50/pie cuadrado., mientras que las técnicas de ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden proporcionar productos electrocrómicos a un coste que es preferentemente menos de \$ 25/pie cuadrado, más preferentemente menos de \$ 20/pie cuadrado, y aún más preferentemente menos de \$ 15/pie cuadrado.

Aunque es difícil disponer el cableado y la infraestructura de control para los productos actuales, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden proporcionar productos modulares relativamente simples, con alimentación y/u opciones de control inalámbricas. Aunque muchos productos actuales pueden alcanzar una velocidad de conmutación de 3-5 minutos en el mejor caso, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden proporcionar una velocidad de conmutación de menos de 3 minutos, más preferentemente menos de 2 minutos, y a veces incluso menos de 1 minuto, a pesar de que el general tamaño del producto se puede ver aumentado. Ventajosamente, el diferencial E puede ser menos de aproximadamente 1,5, más preferentemente menos de aproximadamente 1,25, y aún más preferentemente menos de aproximadamente 1. En términos de color/tono, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden reducir el tono amarillento en el estado transparente y los múltiples colores que a veces están presentes en el estado tintado, en lugar proporcionar un color más neutro en el estado transparente con una elección de uno de los múltiples colores en el estado tintado. Además, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden reducir los problemas de uniformidad de conmutación, por ejemplo, haciendo que la latitud al menos aparezca para cambiar "de una sola vez" (al menos en comparación con la variabilidad en las líneas de sombra y controles individuales de los sistemas actuales). Por último, aunque los dispositivos EC actuales se limitan por lo general a diseños de 1 m de ancho, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden escalar hasta diseños de 3,2 m de ancho (o incluso más anchos) con el fin de estar en línea con láminas de vidrio en bruto comúnmente disponibles.

Procesos fabricación a modo de ejemplo

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de fabricación ECW de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. El proceso de la Figura 3 difiere del proceso de la Figura 2 de varias maneras, debido al hecho de que el proceso de la Figura 3 se diseña para proporcionar un dispositivo EC sobre un sustrato EC que puede estar

unido, laminado, o de otro modo conectado a un sustrato templable. Por ejemplo, un material tal como PVB, EVA, o similares se puede utilizar, al igual que la "tecnología OptiBond", que está comercialmente disponible por Litemax. El laminado que se utiliza puede incorporar un bloqueador de UV (por ejemplo, un bloqueador de UVA). Preferentemente, un bloqueador de UVA se puede incluir, con Tuv < 1 %, más preferentemente < 0,75 %, y aún más preferentemente < 0,5 %. El bloqueador de UV puede ser un revestimiento de película fina que comprende uno o más de Bi, Bio, Zn, ZnO, TiO, BiSnO, AgO, Ce, CeO, y/o similares. Como alternativa, o además, un revestimiento de PET se puede proporcionar, con un material de bloqueo de UV provisto al respecto y/o en su interior. Por ejemplo, una capa de PET revestida con ITO se puede proporcionar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Se apreciará que materiales orgánicos e/o inorgánicos se pueden utilizar en conexión con ciertas realizaciones a modo de ejemplo. En cualquier caso, el laminado se puede seleccionar de manera que su índice de refracción coincida con las capas y/o sustratos adyacentes. Esto ayudará a mantener ventajosamente baja reflectancia. La reflectancia se puede reducir también, por ejemplo, mediante la incorporación de una o más capas anti-reflectantes (AR). Debido a que el dispositivo EC se proporciona sobre un sustrato separado que puede unirse, laminado, o conectarse, de otro modo, posteriormente a un sustrato templable, se pueden alcanzar rendimientos, por ejemplo, en que las láminas más grandes se pueden revestir por bombardeo iónico o similar, y más tarde cortar a medida. Ejemplo de detalles estructurales se proporcionan a continuación.

En términos del proceso a modo de ejemplo que se muestra en la Figura 3, se proporciona un vidrio de gran tamaño en 302. Un dispositivo EC se fabrica de acuerdo con las técnicas a modo de ejemplo que se describen a continuación en 304. El modelado y dimensionamiento de dispositivos se realiza en 306, formando de ese modo una pluralidad de dispositivos EC sobre una pluralidad de sustratos EC correspondientes. Como se ha indicado anteriormente, esto es una ventaja sobre el proceso convencional mostrado en la Figura 2, donde los dispositivos EC individuales se fabrican directamente sobre sustratos individualmente pre-cortados y ya templados individualmente. En cualquier caso, las barras colectoras se conectan y el dispositivo EC se "electrifica" (por ejemplo, con cables) en 308. Las barras colectoras se pueden formar grabando con láser selectivamente las capas para exponer cuidadosamente el TCC. Por ejemplo, para grabar de forma selectiva y conectar eléctricamente el dispositivo, tanto cortes "completos" como "medios" se pueden realizar, por ejemplo, para exponer los TCC inferior y superior. La potencia del láser se puede controlar para eliminar selectivamente algunas o todas de las capas de esta manera.

En 310, el sustrato exterior al que se conecta el dispositivo y el sustrato EC se dimensiona y temple. A continuación, en 310, los dispositivos EC de tamaño apropiado se laminan, unen, o de otro modo conectan a los sustratos exteriores de tamaño apropiado. Los subconjuntos que comprenden los dispositivos EC laminados, unidos, o conectados de otro modo a los sustratos exteriores se construyen después en las unidades de vidrio aislante (IG) correspondientes en 314, por ejemplo, como se describe en mayor detalle a continuación.

#### Ejemplo de Pila Electrocrómica y Ejemplo de Materiales Utilizados en la misma

La Figura 4 es una pila y sustrato electrocrómico ilustrativo de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. La Figura 4 incorpora una pila electrocrómica 400 que es algo similar a las pilas electrocrómicas conocidas en que incorpora capas conductoras (TCC), una capa electrocrómica (EC), una capa de contra-electrodo (CE), y una capa conductora de iones (IC). Sin embargo, en la Figura 4 la pila electrocrómica 400 difiere de las pilas actuales en términos de materiales, diseño general de la pila, y características de rendimiento. Por ejemplo, el rendimiento térmico, la velocidad EC, fiabilidad EC a largo plazo, y la apariencia estética se pueden mejorar, por ejemplo, optimizar el rendimiento de los materiales conocidos y desarrollar nuevos sistemas de materiales que mejoren aún más el rendimiento del dispositivo EC global. Los cambios en los materiales y diseños de la pila se describen en los siguientes párrafos.

Una primera área de innovación implica materiales de cátodo/EC y ánodo/CE electrodo. El rendimiento térmico de una ECW se relaciona con el intervalo de SHGC entre los estados transparente y tintado. Para aumentar el intervalo SHGC, la capacidad de absorción de una o ambas de las capas de cátodo y ánodo se puede reducir en el estado transparente, y/o un contra-electrodo anódicamente colorante se puede crear para reducir la transmisión ( $T_v$ ) en el estado coloreado. La selección del material apropiado puede aumentar también la fiabilidad y la velocidad de conmutación.

Estos y/u otros aspectos se pueden realizar por el dopaje de sustitución de materiales de electrodo activos en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Un contra-electrodo incluye normalmente NiO, con iones H<sup>+</sup> o Li<sup>+</sup>. Como se ha descrito anteriormente, mejorar el rendimiento térmico, disminución de absorbancia, y mejora de la fiabilidad y la estabilidad de electrodo conductor EC son ventajosos. Mediante el uso de aditivos tales como Mg, Al, Si, Zr, Nb y Ta, una reducción significativa de la absorbancia de película EC y CE se puede lograr, especialmente a longitudes de onda cortas. Por otro lado, las películas que contienen V y Ag no han mostrado las mismas mejoras en las propiedades ópticas en comparación con las de óxido de níquel puro. Como tal, Mg y/u otra incorporación de elemento, de forma combinatoria, se pueden utilizar para optimizar su efecto beneficioso en ambos sistemas NiO y LiNiO para ampliar el intervalo de banda y mejorar sustancialmente la transmitancia. Como alternativa, o además, la inclusión de W en LiNiO también es posible en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, y se puede utilizar para mejorar la estabilidad como una capa CE a la radiación UV y a la humedad. Este y/u otro dopaje de sustitución se

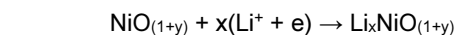
pueden utilizar para aumentar la conductividad eléctrica (en algunos casos en 3 órdenes de magnitud, por ejemplo, LiCoO<sub>2</sub> frente a LiCo<sub>0,95</sub>Mg<sub>0,05</sub>O<sub>2</sub>). Sorprende e inesperadamente, el dopaje del CE (y/o la IC) con Mg hace también que sea un conductor "más rápido".

- 5 Ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden implicar también colorear anódicamente el contra-electrodo, por ejemplo, para mejorar el rendimiento térmico. Como se sabe, el CE se utiliza para almacenar la carga, que a su vez se utiliza para dar color a la capa electrocrómica. Para hacerlo con eficacia, la capa CE puede permitir que las cargas se intercalen con facilidad; sea estable y duradera a ciclos repetidos; y sea muy transparente en el estado transparente; y si es posible, muestre electrocromismo cuando está completamente descargada de iones
- 10 intercalados (por ejemplo, anódicamente). Por tanto, en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, el CE se puede hacer electrocrómico. Sin embargo, en tales realizaciones a modo de ejemplo, el CE puede ser el "inverso" de la capa EC, por ejemplo, de tal manera que se vuelve transparente con iones, y prevé un cambio de color tras la pérdida de iones. Para darse cuenta de estas y/u otras características, determinadas realizaciones a modo de
- 15 ejemplo pueden incorporar un CE basado en sistemas NiO que han demostrado ser estables tras un ciclo de inserción/extracción de cargas repetido. Estos sistemas a veces muestran una pequeña cantidad de absorción residual cuando el dispositivo está totalmente intercalado, por ejemplo, en el estado Li<sub>x</sub>NiO<sub>(1+y)</sub> en la reacción que se muestra a continuación. El reto es eliminar esta absorción sin sacrificar el amplio intervalo dinámico y una buena cinética de conmutación del dispositivo. El dopaje de sustitución, de forma análoga a lo expuesto en la sección anterior, utilizando Li puede inducir un mejor T<sub>v</sub> y remediar la absorbancia pequeña que va en contra de aumentar el
- 20 diferencial SHGC.

La tendencia del agua a causar deterioro en sistemas hidratados NiO<sub>(1+y)</sub> se ha confirmado ahora. En consecuencia, los electrolitos de base no acuosa y la forma cúbica de óxido de níquel de litio puede ser un sistema electrocrómico prometedor en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Por ejemplo, Li<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub>O nanocrystalino puede tener un amplio

25 intervalo dinámico óptico y más color neutro que el óxido de tungsteno, así como una mejor estabilidad. Además, Li<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub>O se puede colorear anódicamente, proporcionando de este modo la ventaja de ser complementario al óxido de tungsteno catódico. Una combinación de estos materiales puede ser favorable con respecto a los potenciales electroquímicos, y también a la consecución de un color neutro más profundo en el estado oscuro. La eficiencia de la coloración fotópica de este material anódicamente colorante normalmente es alta. El rendimiento de conmutación de un dispositivo que utiliza un electrolito de estado sólido, así como una película de óxido de níquel de litio como

30 contra-electrodo y una electrocrómica de óxido de tungsteno tiene ciertas ventajas sobre los sistemas disponibles en la actualidad. Se observa que la reacción principal basada en esta actividad electrocrómica es:



Sin color oscuro

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, la capacidad de absorción y/o modulación del color del óxido de tungsteno EC (WO<sub>x</sub>) se puede alterar para el rendimiento térmico y la apariencia. Las películas WO<sub>3</sub> estequiométrica

40 son transparentes para energías por debajo la brecha de banda fundamental a <3 eV. La intercalación de iones Li conduce al electrocromismo manifestado por una banda de absorción ancha centrada en ~ 1,2 eV, que produce un color claramente azul. Este fenómeno puede ser descrito en términos de transferencia de carga de intervalencia con los electrones transferidos de un sitio W<sup>5+</sup> a un sitio W<sup>6+</sup> adyacente. Los efectos de polarones se pueden incorporar en un nuevo modelo utilizando aproximación de enlace fuerte. De acuerdo con este modelo auto-consistente, el

45 valor de x en WO<sub>x</sub> ligeramente sub-estequiométrico se puede optimizar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo para que el material EC sea todavía más transparente y, tras el aumento de la litiación, aumente la capacidad de absorción. El valor sub-estequiométrico de x es preferentemente 2,4 < x < 3; más preferentemente 2,6 < x < 3. Un valor de aproximadamente 2,88 se ha encontrado que es particularmente ventajoso. Tales valores ayudan a reducir la "amarillez" y mejorar la profundidad de color del CE, lo que ayuda a mejorar los estados transparentes y

50 coloreado.

El fuerte acoplamiento electrón-fonón tiende a favorecer la formación de complejos (WW)<sup>10+</sup>, que no conducen a la absorción óptica. Sin embargo, las vacantes de oxígeno producen una sola carga de absorción debido a la transferencia de carga inter-valencia. Se espera la analogía con los datos de la película intercalada de iones, puesto

55 que los sitios W<sup>5+</sup> están presentes en ambos casos. Por tanto, parece que las películas de óxido de tungsteno amorfas muestran un entrecruzamiento de defectos con electrones pareados, de acuerdo con el mecanismo de Anderson, y vacantes de oxígeno individualmente cargados puesto que aumenta la densidad de las vacantes.

Por otra parte, la irreversibilidad en la inserción de carga se encuentra comúnmente en los primeros ciclos de color/blanqueo, y las películas siguen siendo transparentes hasta un umbral de carga insertada (denominado carga ciega de color) con lo que los conjuntos de coloración en y los ciclos subsiguientes son reversibles de manera que prevalece el electrocromismo. El litio se incorpora irreversiblemente y no se recupera de la película EC durante la conmutación. No parece que la carga ciega interfiera con la cinética electroquímica del proceso de inserción. Sin embargo, la cantidad variable de incorporación Li irreversible hace que sea difícil determinar con precisión la

60 cantidad de Li lábil necesario para un intervalo dinámico óptimo del dispositivo EC durante la conmutación. Además, la pérdida de Li no es uniforme en grandes áreas de la película depositada. Por lo tanto, se apreciará que la cantidad

65



de carga ciega residente en las películas CE según se ha depositado se puede controlar. Una solución consiste en reducir (o minimizar) la cantidad de carga ciega presente en la película mediante la comprensión de la causa raíz del "pérdida" de Li. Una solución se relaciona con el tipo de diana utilizado en la deposición del material EC, la adición de un haz de iones, y el control del proceso para controlar juiciosamente la estequiometría de las películas.

5 Esta solución reduce la necesidad de calentar el sustrato. En particular, en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, las películas EC con propiedades electrocrómicas aceptables se pueden depositar a partir de dianas de material cerámico utilizando configuraciones de doble magnetron asistido iónicas.

10 En efecto, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden emplear el dopaje sustitutivo y un control de estructura granular para modular el tono amarillento en el estado transparente. Una de las preocupaciones de la ECW es el color de referencia amarillento en el estado transparente. Se cree que las causas raíz son (1) la inestabilidad estructural de las unidades de óxido de metal ( $WO_x$ ) con ciclos de inserción/de-inserción de Li, lo que conlleva a una distorsión Jan-Teller y al cambio correspondiente en la estructura energética y color, (2) el color base de  $NiO_x$ , el material del ánodo de base de uso más frecuente, y (3) la interferencia relacionada con los límites del grano. El dopaje con metales apropiados (V, Mo, etc., en  $NiO_x$ ) y haluros (por ejemplo, Cl) se puede utilizar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo para hacer frente a, al menos una de, las dos primeras causas fundamentales para cambiar la brecha de banda (y, por tanto, la luz interacción luz-material variada) y/o para mejorar la estabilidad estructural  $WO_x$  en el ciclo de Li. La estructura de grano se puede modular por la optimización de procesos de deposición en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, ya sea con tratamientos *in situ* o post-deposición *ex situ* (por ejemplo, la aplicación la polarización del sustrato y mejoras de microondas o recocido). Esto también se puede utilizar para mejorar la estabilidad estructural  $WO_x$  en el ciclo de Li.

25 El IC ayuda a mantener el aislamiento eléctrico interno entre los electrodos EC y CE al tiempo que proporciona conductancia iónica para el comportamiento electrocrómico. La estabilidad y fiabilidad de electrocromismo depende de las propiedades del electrolito. El oxinitruro de fósforo de litio (LiPON) se puede utilizar como material de capa de electrolito en cierto ejemplo. La elección se basa en su fiabilidad y estabilidad superior, como se demuestra en las aplicaciones de baterías de película fina. LiPON es un material eléctricamente aislante ( $> 1 E14 \Omega\text{-cm}$ ), de modo el bombardeo iónico por RF se utiliza tradicionalmente y exhibe una baja tasa de deposición ( $<1 \mu\text{m/h}$ ). Esta baja tasa de deposición se puede mejorar como se describe a continuación, y/u otros materiales y métodos que son más susceptibles a la producción de alto rendimiento se pueden utilizar en conexión con ciertas realizaciones a modo de ejemplo.

35 Se apreciará que sería ventajoso reducir la corriente de fuga electrónica de que tiene lugar a través del IC. La corriente de fuga se puede dividir en las contribuciones que se asocian con la pila de película fina en sí (difusión limitada), y que se asocian con defectos puntuales localizados, (tanto a granel como interfaciales). Uno puede modelar las interfaces EC/IC/sCE como heterouniones, es ventajoso estabilizar la unión para un procesamiento térmico subsiguiente. Las alturas de barrera frontal y posterior para la unión EC/CE se pueden optimizar mediante la alteración de la composición química, estructura, e interfaz de IC. La evidencia sugiere que la corriente de fuga se puede reducir a niveles insignificantes mediante la selección del proceso y materiales apropiados para la capa de IC. En consecuencia, ciertas realizaciones a modo de ejemplo proporcionan una capa de IC donde la integridad de la estructura de barrera de electrones se mantiene con conductividad iónica adecuada. En la práctica, una mayor conductividad iónica requiere normalmente una estructura más porosa amorfa, y la posible incorporación de litio, ambos de los que pueden degradar la funcionalidad de barrera de electrones. Los materiales de pila descritos en la presente memoria, y los procesos de deposición respectivos descritos a continuación, ayudan a aliviar estos problemas. Además, en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, los índices ópticos de los materiales se pueden adaptar a las capas circundantes.

50 Como se muestra en la Figura 4, la pila de dispositivos EC 400 puede incluir un primer revestimiento conductor transparente (TCC) 404, una capa de contra-electrodo 406, una capa conductora de iones 408, una capa electrocrómica 410, y un segundo TCC 412. Cada uno del primero y segundo TCC 404 y 412 puede tener aproximadamente 200 nm de espesor en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Se proporciona un sistema de capas a modo de ejemplo para uno o ambos de los TCC a continuación, por ejemplo, en relación con la Figura 5. La capa CE anódica 406 puede tener aproximadamente 100 a 400 nm de espesor, y puede incluir  $NiO$  y contener iones  $Li^+$  o  $+$ . Una capa IC/electrolito basa en LiPON 408 puede tener aproximadamente de 1 a 3 micrómetros. Similar a la capa CE 406, la capa EC 410 puede tener de 100 a 400 nm de espesor. Una o ambas de la capa CE 406 y de la capa EC 410 se pueden dopar, por ejemplo, para proporcionar una mejor y/o más profunda coloración. Opcionalmente, una capa de barrera (no se muestra en el ejemplo de la Figura 4) se puede proporcionar sobre el TCC más exterior 412, y una capa de barrera de este tipo puede permitir el cambio de color. En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, el TCC más exterior 412 en sí puede permitir el cambio de color. La pila de dispositivos EC 400 se proporciona sobre un sustrato EC 402 que puede, en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, proporcionarse como sustrato de tamaño estándar/gran espesor. De hecho, en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, el sustrato EC 402 puede ser un sustrato de hierro bajo, no templado que se corta después de que el dispositivo EC se fabrica en su interior. Ejemplos de sustratos de vidrio de hierro bajo se divulgan en, por ejemplo, la Solicitud de Estados Unidos con n.º de Serie 12/385.318, así como en las Publicaciones de Estados Unidos n.º 2006/0169316; 2006/0249199; 2007/0215205; 2009/0223252; 2010/0122728; y 2009/0217978, cuyos contenidos se incorporan aquí

por referencia.

El diseño de la pila de dispositivos EC que se muestra en la Figura 4 y se describe en la presente memoria difiere de los diseños actuales en diversos aspectos, incluyendo, por ejemplo, el uso del conductor transparente novedoso que de describe a continuación, múltiples capas dieléctricas para cambio de color interferométrico, sustratos de Fe bajo y de bajo coste en los que se forman las capas CE, UPON como electrolito, y la optimización del espesor de pila. Estos factores afectan a cada uno de la transmitancia, color, velocidad de transición y coste, como se describe en otro lugar.

La velocidad de conmutación de un dispositivo EC se limita por la resistencia de la lámina de las capas de TCO, aunque la caída de tensión en la capa EC también contribuye a retrasos. Esto se debe a que la tensión que se puede aplicar al dispositivo es fija, y la cantidad de carga que se debe transferir con el fin de colorear completamente el dispositivo escala con el área. Teniendo en cuenta una serie de dispositivos de longitud fija, pero con anchuras progresivamente más grandes, e medida que la separación entre las barras colectoras se hace más grande, la impedancia de la propia pila EC (la parte del dispositivo donde la corriente viaja perpendicular a la superficie del vidrio) se hace más pequeña. En contraste, la impedancia de las capas de TCO, donde la corriente fluye paralela a la superficie del vidrio se hace más grande. En general, este cambio en el área conduce a una caída de potencial más grande en las capas de TCO. Esto se traduce en un menor potencial aplicado directamente a la pila, dando lugar a una conmutación más lenta. Por lo tanto, se apreciará que para aumentar la velocidad de conmutación de los dispositivos de tamaño razonable, por ejemplo, adecuados para aplicaciones arquitectónicas, la conductividad de las capas de TCO puede aumentar.

Es posible aumentar la conductividad de la TCO superior simplemente haciéndola más gruesa. Sin embargo, este enfoque tiene ciertos inconvenientes. Por ejemplo, este enfoque presenta la absorción y reflexión adicional, reduciendo de este modo la transmisión del estado blanqueado y la disminución del intervalo dinámica. También hará que el dispositivo cambie de color de forma asimétrica, donde el color aparecerá a partir de una de las barras colectoras y viajará a través del otro lado del dispositivo, lo que da como resultado una "cortina" o efecto acordeón. Aún más, este enfoque añade costes de materiales y de procesamiento, como ITO (que es costoso) normalmente se utiliza para la TCO.

Para superar estos desafíos, ciertas realizaciones a modo de ejemplo utilizan pilas de revestimiento de plata. Dichas pilas pueden tener resistencias de lámina al menos un orden de magnitud inferior a aquellas de TCO actualmente disponibles. Otras ventajas de este revestimiento incluyen su funcionalidad de "E bajo", lo que ayuda a mejorar el SHGC y la protección UV de las capas activas.

La Figura 5 es un revestimiento conductor transparente (TCC) de acuerdo con la invención reivindicada.

El TCC a modo de ejemplo de la Figura 5 incluye una capa a base de plata 506, intercalada por una primera y segunda capas de ITO 502 y 510. La primera y segunda capas intermedias 504 y 508 se puede proporcionar entre la capa a base de plata 506 y la primera y segunda capas de ITO 502 y 510. Tales capas intermedias pueden comprender NiCr (por ejemplo, NiCrOx) y/o Cu. La capa a base de plata 506 tiene preferentemente 100-200 angstroms de espesor, más preferentemente 120-180 angstroms de espesor, y algunas veces 140 angstroms de espesor. Cada capa de ITO tiene preferentemente 1000-2000 angstroms de espesor, más preferentemente 1200-1600 angstroms de espesor, y algunas veces aproximadamente 1400 angstroms de espesor. Las capas intermedias son preferentemente 1-20 angstroms de espesor, más preferentemente 5-15 angstroms de espesor, y, a veces 10 angstroms de espesor. Cuando se diseñado así, es posible proporcionar un TCC que tiene una resistencia de lámina preferentemente inferior a 20 ohmios/cuadrado, más preferentemente inferior 10 ohmios/cuadrado, y algunas veces tan baja como 5 ohmios/cuadrado o incluso menos. La transmisión visible de tales capas se puede optimizar para proporcionar una transmisión visible de preferentemente el 65 %, más preferentemente el 75 %, aún más preferentemente el 80 %, y a veces tan alta como un 85 % o más. Opcionalmente, los revestimientos de E bajo se pueden proporcionar entre un sustrato de vidrio y la más inferior de las capas ITO en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Tales revestimientos de E bajo pueden incluir capas con índices altos y bajos de refracción alternativos, por ejemplo, en una disposición alto-bajo-alto-bajo-alto. Aunque la Figura 5 muestra una simple pila de capas TCC, también son posibles otras pilas de capas. En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, una pila de capas TCC adecuada puede incluir 2, 3, 4, o más de la pila de capas que se muestra en la Figura 5.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, los TCC pueden basarse en grafeno y/o en CNT. Véase, por ejemplo, las Solicitudes de Estados Unidos con n.º de Serie 12/461.349 y 12/659.352, cuyos contenidos se incorporan aquí en su totalidad.

Como se ha indicado anteriormente, un problema con los dispositivos electrocrómicos actuales es el tono amarillento en el estado transparente y el tono neutro deseado en el estado tintado. Para superar los desafíos, ciertas realizaciones a modo de ejemplo utilizan múltiples capas de "mejora del color", que inducen al cambio de color a través de la interferencia de Fabry-Perot. En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, una pila de capas de cambio de color se puede depositar junto a la pila de revestimiento EC, y puede comprender capas de aislamiento y metálicas que pueden someterse a bombardeo iónico. Las propiedades ópticas, así como el espesor de las capas

individuales se pueden diseñar para proporcionar una funcionalidad que incluye, por ejemplo, un rendimiento solar mejorado, cambios de la coordenada de color visible a un tono neutro más deseable tanto en el estado no tintado como en el tintado, y filtro UV con respecto la pila EC subyacente, prolongando así su vida útil. Además, estas capas pueden aumentar la fiabilidad de la ventana EC, por ejemplo, al funcionar como una barrera para los oxidantes ambientales cuando y si la junta de la unidad IG se rompe. También es factible el uso del TCC, descrito anteriormente para realizar esta funcionalidad.

Para reducir la probabilidad de difusión del hierro del sustrato de vidrio en la pila de dispositivos EC y, por tanto, reducir la probabilidad de degradación, es posible en ciertas realizaciones a modo de ejemplo utilizar una capa de barrera fina tal como una capa de nitruro de silicio completa (por ejemplo,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  u otra estequiometría adecuada). Sin embargo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden en cambio utilizar un producto de vidrio de Fe bajo, menor coste. El uso de un sustrato de vidrio de Fe bajo, menor coste adecuado puede reducir y a veces incluso eliminar la necesidad de una capa de barrera, lo que conduce a una reducción de la complejidad del proceso, la mejora en la transparencia, y la reducción de los costes de fabricación CE.

El uso de UPON como la capa IC aumenta ventajosamente la fiabilidad del dispositivo. Por ejemplo, la fiabilidad se incrementa al menos en términos del ciclo de vida mediante el uso del electrolito más robustos y electroquímicamente estable, (LiPON), que es estable hasta 5,5 V y contra el metal Li y cuyo ciclo de vida en la aplicación de batería de película fina ha demostrado ser más de 100.000 ciclos con pérdidas mínimas de capacidad. La pérdida de capacidad mínima de la batería podría traducirse en un cambio reducido en las propiedades ópticas electrocrómicas.

Espesor pila se puede optimizar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo 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 de CE e IC. Se ha encontrado que velocidad de conmutación aumenta con los aumentos de los niveles de litio. Sin embargo, también se ha encontrado que si el nivel de litio aumenta demasiado, los dispositivos se convierten electrónicamente en "fugas", dejando así de colorearse completamente y fallando también en la reducción de la velocidad de conmutación. Los materiales de la pila y los intervalos de espesor especificados anteriormente se han encontrado que son ventajosos en términos de mejorar la velocidad de conmutación, aunque también es posible ajustar los espesores y materiales de otras maneras en diferentes realizaciones.

#### Técnicas de integración de procesos A modo de ejemplo

Un inconveniente asociado con los flujos de procesos EC tradicionales es la necesidad de dimensionar y templar el sustrato antes de la formación del dispositivo EC, lo que se relaciona con el hecho de que el templado posterior a la fabricación dañará el dispositivo EC y el dimensionamiento no se puede realizar después del templado. Este flujo de proceso convencional se ilustra en la Figura 2. En este proceso, cualquier variación en el requisito producto acabado tal como, por ejemplo, el tamaño del sustrato, el espesor o el tipo, etc., tiende a conducir a un entorno de fabricación de dispositivo/capa complejo. Por ejemplo, el proceso de revestimiento EC se ajustará a cada producto por separado para obtener resultados óptimos, dependiendo de, por ejemplo, el tamaño del sustrato y el espesor. Para aplicaciones tales como ECW, con distinto contraste, especialmente en estado tintado, tal falta de uniformidad sería perjudicial para el producto.

Sin embargo, como se ha indicado anteriormente (por ejemplo, en relación con la Figura 3), ciertas realizaciones a modo de ejemplo implican en cambio la laminación, un tipo de vidrio único no templado para la fabricación EC, el dimensionamiento del vidrio posterior a la fabricación EC, y el modelado dispositivo después de deposición general de capas EC. A partir de la Figura 3 esquemática y la descripción proporcionada anteriormente, se apreciará que hay una ausencia de templado, además de la inclusión de etapas de laminación.

En este concepto de vidrio EC laminado/unido, el vidrio de ventana exterior (Lite exterior) incluye una unidad de vidrio de doble lámina. Una primera lámina se proporciona para su uso como la lámina EC, y se proporciona la otra lámina para cumplir con los requisitos de templado/seguridad y otros del producto. Esta disposición se muestra en las Figuras 6(a) y 6(b), que muestran vistas en sección transversal de unidades IG de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Se apreciará a partir de las Figuras 6(a) y 6(b) que hay al menos dos opciones para la unión del vidrio CE. En la realización a modo de ejemplo de la Figura 6(a), la pila EC se enfrenta al espacio interior abierto, mientras que la pila EC se une directamente a la Lite exterior en la realización a modo de ejemplo de la Figura 6(b). La realización a modo de ejemplo de la Figura 6(b) es particularmente ventajosa ya que es quizás se protege mejor de la rotura de la junta de la unidad IG. Una consecuencia ventajosa de este concepto laminación/unión es que el requisito de templado para el vidrio utilizado para la fabricación del dispositivo EC se puede eliminar a veces por completo. Esto, a su vez, abre la puerta a la utilización de sustratos de tipo individual y al dimensionamiento del vidrio posterior a la fabricación con vidrio no templado, coherente y compatible con los flujos de fabricación actuales de vidrios y ventanas revestidas. En consecuencia, esta ayuda da como resultado un entorno de producción robusto y estable para un control, producción y rendimiento óptimos del proceso, y a un menor coste.

Como se ha indicado anteriormente, las unidades IG 600a y 600b mostradas en las Figuras 6(a) y 6(b) son similares entre sí. Ambas incluyen sustratos de vidrio exteriores 602 que se pueden templar, junto con sustratos de vidrio interiores 604. Estos sustratos 602 y 604 son sustancialmente paralelos entre sí y separados, por ejemplo, utilizando

separadores 606, formando así una brecha de aislamiento 608. Un laminado 610 (por ejemplo, una lámina de PVB de la laminación, un laminado de EVA, un laminado OptiBond, etc.) ayuda a conectar el sustrato de vidrio exterior 602 al vidrio EC 402. En la Figura 6(a), el laminado 610 conecta el sustrato de vidrio exterior 602 al sustrato de vidrio EC 402 de modo que la pila de capas EC 400 se enfrenta a la brecha de aislamiento 608. Por el contrario, en la

5 Figura 6(b), el laminado 610 conecta el sustrato de vidrio exterior 602 al sustrato de vidrio EC 402 de modo que se proporciona la pila de capas EC 400 entre estos dos sustratos 602 y 402. Algunos o todos los sustratos pueden ser sustratos de vidrio UltraWhite, que están comercialmente disponibles por el cesionario de la presente invención.

La modificación de integración para modelar el dispositivo después de que todas las capas CE se depositan es otra ventaja de algunas realizaciones a modo de ejemplo, por ejemplo, en comparación con el proceso convencional mostrado en la Figura 2, donde se necesitaban múltiples modelos de dispositivos, por ejemplo, como se indica por la flecha bidireccional. Al modelar después de que se han completado todas las capas se reduce, sin embargo, la probabilidad de defectos, lo que conlleva a un mejor rendimiento y una ECW de mejor calidad. Esto está relacionado, en parte, al proceso simplificado y la reducción de la probabilidad de problemas de contaminación cruzada tanto en el proceso de modelado como en la exposición adicional al aire ambiente (potencialmente impuro).

El flujo de integración EC que incluye la laminación, la unión, u otra conexión de dos láminas de vidrio para formar una sola Lite exterior de una unidad IG, como se ilustra en las Figuras 6(a) y 6(b), por ejemplo, puede dar lugar a beneficios adicionales. Por ejemplo, tales diseños tienen el potencial de ampliar las aplicaciones de productos, por ejemplo, mediante la combinación de la flexibilidad del vidrio EC estándar con cualquier producto de otro vidrio cuyas propiedades se pueden seleccionar para satisfacer los requisitos deseados de la ventana, incluida la seguridad, color, barrera del sonido, y otros. Este flujo de proceso es consistente con la cadena de valor actual de la industria de acristalamientos y ayudaría además a ampliar las áreas de aplicación aplicables para amortizar aún más el desarrollo y el coste.

La laminación, unión y/u otra conexión de unidades de vidrio en ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden ser similares a aquellas técnicas que se utilizan tanto en la industria del vidrio (productos de seguridad, etc.) como en las fotovoltaicas solares de película fina. Los desafíos relacionados con el ciclo térmico y la temperatura real a la que el dispositivo EC de "absorción" se puede someter se pueden mitigar, por ejemplo, mediante la selección de los materiales para que coincidan entre sí (por ejemplo, en términos de coeficiente de expansión térmica, etc.) para ayudar a asegurar la compatibilidad en entornos potencialmente agresivos.

La Figura 7 es una tercera unidad de vidrio aislante (IG) electrocrómica ilustrativa de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. La realización a modo de ejemplo de la Figura 7 es similar a la Figura 6(b) en la que las capas CE depositadas por bombardeo iónico 400 se disponen entre el sustrato de vidrio exterior 602 y la Lite intermedia 402. Sin embargo, la realización a modo de ejemplo de la Figura 7 se diferencia de la realización a modo de ejemplo de la Figura 6(b) en que incluye una serie de revestimientos de E bajo opcionales. En particular, la realización a modo de ejemplo de la Figura 7 incluye una primera capa de E bajo 702 situada en una superficie interior del sustrato de vidrio exterior 602, segundo y tercer revestimientos de E bajo 704 y 706 se encuentran en las superficies opuestas de la Lite intermedia 402, y un cuarto revestimiento de E bajo 708 sobre la superficie del sustrato interior 604 orientado hacia la brecha de aire 608. Uno o más de los revestimientos de E bajo opcionales puede ser el revestimiento de E bajo SunGuard SuperNeutral 70 (SN70) disponible en el mercado por el cesionario, aunque otros de revestimientos de E bajo se pueden utilizar también. Por ejemplo, véase las Patentes de Estados Unidos n.º 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, cuyas divulgaciones se incorpora, cada una, aquí por referencia.

Ejemplo de fuentes y equipos de alto rendimiento

Ciertas realizaciones a modo de ejemplo hacen de la tecnología EC más rentable, proporcionando fuentes de deposición con altas tasa de deposición para permitir fabricas EC intensivas de alto rendimiento, bajo capital. Con respecto a las opciones de desarrollo de las fuentes, la tabla a continuación identifica los posibles métodos de deposición de las capas CE que se pueden utilizar en conexión con ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Hay dos enfoques básicos para las capas litiadas, en concreto, una sola etapa de deposición a partir de una diana compuesta o deposición secuencial de óxido y litio. Utilizar Li altamente reactivo en un entorno de fabricación puede ser problemático. Sin embargo, utilizar una diana litiada puede conducir a la inconsistencia en la estequiometría durante la vida útil de la diana, cuando se utiliza un método de bombardeo iónico. En cualquier caso, para las técnicas de bombardeo iónico, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden implementar un método de dos etapas. Los métodos de evaporación por haz E para los óxidos de metal litiados se pueden utilizar también para hacer frente a limitaciones potenciales involucradas en el uso de las técnicas de bombardeo iónico.

60

	Etapa 1		Etapa 2	
	Diana	Tipo de bombardeo iónico	Diana	Tipo de bombardeo iónico
$Li_xM_yO_z$	$Li_xM_yO_z$	pDC o RF en ambiente de Ar	N/A	N/A
$Li_xM_yO_z$	$M_yO_z$	pDC o RF en $Ar/O_2$	Li	Evap o bombardeo iónico en Ar
$Li_xM_yO_z$	M	DC or pDC en $Ar/O_2$	Li	Evap o bombardeo iónico en Ar

LiPON	Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	RF (en ambiente de nitrógeno)	N/A	N/A
TaO <sub>x</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pDC o RF en Ar después O <sub>2</sub>	N/A	N/A
TaO <sub>x</sub>	Ta	DC or pDC en O <sub>2</sub>	N/A	N/A

Como se ha indicado anteriormente, el electrolito LiPON se puede utilizar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, debido a su fiabilidad y estabilidad superior como se demuestra en las aplicaciones de baterías de película fina. LiPON es un material eléctricamente aislante (mayor que 1 E14 Ω-cm), de modo que el bombardeo iónico por RF convencional exhibe normalmente una baja tasa de deposición (menos de 1 μm/h). La deposición convencional de Li por evaporación también es lenta. En consecuencia, ciertas realizaciones a modo de ejemplo se pueden acelerar de manera que sean compatibles con un sistema de revestimiento de alto rendimiento y gran área.

Para superar al menos algunos de estos problemas convencionales, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden implementar una fuente de deposición de plasma basada en múltiples frecuencias, en la que un 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 tasa de deposición, así como impartir energía a la película en crecimiento, por ejemplo, para modular la cinética de crecimiento. Esto puede afectar también a la capacidad de conformación, morfología, cristalinidad y baja densidad de orificios para producir películas con mejores características de revestimiento. Esto, a su vez, permitirá el uso de electrolitos más finos, lo que conlleva a un mayor rendimiento de fabricación y a reducir la impedancia del dispositivo EC con velocidades de conmutación de dispositivos más rápidas. La Figura 8(a) es una imagen SEM de una capa de Al de 600 nm depositada por evaporación convencional. La imagen en la Figura 8(a) revela una estructura columnar que tiene una superficie áspera. La Figura 8(b) es una imagen SEM de una capa de Al de 600 nm depositada utilizando una evaporación de plasma activado de acuerdo con ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Es decir, la Figura 8(b) muestra un concepto de bombardeo iónico de múltiples plasmas para la fuente de combinación de RF-HF. La fotografía de SEM de la Figura 8(b) muestra un ejemplo de los efectos de impartir energía a una película en crecimiento, que incluyen una estructura más densa que tiene una superficie lisa.

Las tecnologías de evaporación de Li actuales no son generalmente compatibles con HVM, puesto que normalmente requieren el uso de múltiples fuentes puntuales y de un tiempo de inactividad sustancial para la recarga del Li altamente reactivo o elaborar una condición ambiente inerte para soportar la libre de alimentación desde una fuente *ex situ*. Sin embargo, ciertas realizaciones a modo de ejemplo pueden incorporar una fuente basada en un cabezal de ducha lineal con un depósito de Li remoto que se puede reponer sin interrumpir el proceso o el sistema de vacío. Los resultados del modelado para los evaporadores propuestos se muestran en la siguiente tabla. A partir de estos resultados, una única fuente lineal parece ser suficiente para un sistema HVM (superior a una tasa de 1 μm/min).

T (C)	Velocidad de evap (kg/(m <sup>2</sup> *s))	Velocidad de evaporación (kg/s)	Velocidad de dep. estática (nm/h)
300	5,12E-08	1,01E-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 con bombardeo iónico de Li incluyen la "aglomeración" y baja tasa de deposición, lo que afecta negativamente a la uniformidad. La aglomeración se produce cuando las especies de bombardeo iónico son mucho más pesadas (por ejemplo, Ar) y la tensión de la vaina es demasiado alta lo que causa un momento elevado. El uso de He y Ne de menor peso atómico reducirá la tasa de deposición e incurrirá en altos costes. En consecuencia, una fuente de plasma de múltiples frecuencias, análoga a la que se propone para la deposición de LiPON, se puede utilizar en ciertas realizaciones a modo de ejemplo. Sin embargo, se puede superponer RF sobre el bombardeo iónico DC para aumentar la densidad del plasma y para reducir la tensión de vaina. Esto permitirá el uso de Ar de menor coste mientras se reduce también la aglomeración.

En términos de desarrollo HVM, se pueden considerar ahorros de tiempo en ciertas realizaciones a modo de ejemplo, debido a que las capas activas se pueden procesar en un solo sistema de deposición integrado donde los substratos solo ven las cámaras de depósito limpias, reduciendo de este modo los defectos/residuos de producción y daños estéticos causados, por ejemplo, por el modelado, dimensionamiento del sustrato, exposición al aire, etc. La exposición limitada de aire reduce también los requisitos de limpieza de la habitación y una vez más conlleva a la reducción general de costes.

En ciertas realizaciones a modo de ejemplo, el proceso de pila de capas EC se puede acelerar al menos 2 veces en comparación con las prácticas actuales, más preferentemente al menos 3 veces, y aún más preferentemente al menos 5 veces. Múltiples dianas (por ejemplo, 2, 3, 4, o incluso 5 o más dianas) se pueden utilizar en el proceso de deposición para aumentar la velocidad de la línea.

#### 55 Ejemplo de unidad IG electrocrómica

Una Unidad IG EC a modo de ejemplo incluye un sustrato templado exterior, una Lite intermedia, y un sustrato

interior. El sustrato es un sustrato exterior UltraWhite de 6 mm de espesor, y la Lite intermedia es un sustrato UltraWhite de 1 mm de espesor. El sustrato exterior y la Lite intermedia se unen entre sí mediante un laminado Optibond. Las capas electrocrómicas se disponen sobre la superficie de la Lite intermedia que se orientan hacia el sustrato exterior. Los TCC utilizados en relación con las capas electrocrómicas corresponden a la pila de capas a modo de ejemplo de la Figura 5. Un revestimiento de E bajo SunGuard SuperNeutral 70 disponible en el mercado por el cesionario se forma en ambos lados de las capas electrocrómicas. El sustrato interior es una lámina de 6 mm de espesor de vidrio transparente, disponible comercialmente por el cesionario. Una brecha de aire de 12 mm está presente entre la Lite intermedia y el sustrato interior. Esta disposición puede tener las siguientes propiedades a modo de ejemplo:

Condición	Luz visible			Energía Solar (Directa)		Invierno	Verano				LSG
	%T	%Reflectancia		%T	%R de salida	Valor U	Valor U	Coef. sombreado	SHGC	RHG	
		Interior	Exterior			Noche	Día				
LiPON No tintado	48	15	18	15	43	0,291	0,28	0,22	0,35	49	2,03
LiPON Tintado	2	11	9	1	40	0,291	0,28	0,07	0,062	17	0,36

Como se sabe, LSG es sinónimo de ganancia de luz solar. En la tabla anterior, "%R de salida" se refiere al porcentaje de la energía solar reflejada hacia fuera.

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

Tal como se utiliza en la presente memoria, los términos "en", "soportado por" y similares no deben interpretarse en el sentido de que dos elementos están directamente adyacentes entre sí a menos que se mencione explícitamente. En otras palabras, se puede decir que una primera está "en" o "soportada por" una segunda capa, incluso si hay una o más capas entre las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto electrocrómico (EC), que comprende:

5 primer (402), segundo (602) y tercer (604) sustratos de vidrio, estando el segundo (602) y el tercer (604) sustratos sustancialmente paralelos y separados entre sí;  
 una pluralidad de capas de dispositivos EC depositadas por bombardeo iónico (404, 406, 408, 410, 412) soportadas por el primer sustrato (402), comprendiendo la pluralidad de capas de dispositivos EC (404, 406, 408, 410, 412) un primer revestimiento conductor transparente, abreviado como TCC, (404), una capa de contra-  
 10 electrodo (CE) (406), una capa conductora de iones (IC) (408), una capa EC (410) y un segundo TCC (412);  
 en el que el primer (402) y el segundo (602) sustratos están laminados o unidos entre sí, y  
 en el que el segundo sustrato (602) está templado térmicamente y  
 el primer sustrato (402) no está templado térmicamente, y  
 15 **caracterizado por que** cada uno de dichos TCC incluye una capa de plata (506), intercalada entre la primera y la segunda capas de las capas de ITO (502, 510), en donde la primera y la segunda capas intermedias (504, 508) se proporcionan entre la capa de plata (506) y la primera y la segunda capas de las capas de ITO (502, 510), comprendiendo la primera y segunda capas intermedias (504, 508) NiCr y/o Cu.

20 2. El conjunto de la reivindicación 1, en el que las capas de dispositivos EC se orientan hacia el segundo, o preferentemente, el tercer sustrato.

3. El conjunto de la reivindicación 1, en el que la resistencia de la lámina de cada una de dichos TCC es inferior a 10 ohmios/cuadrado.

25 4. El conjunto de la reivindicación 1, en el que la capa de IC incluye LiPON.

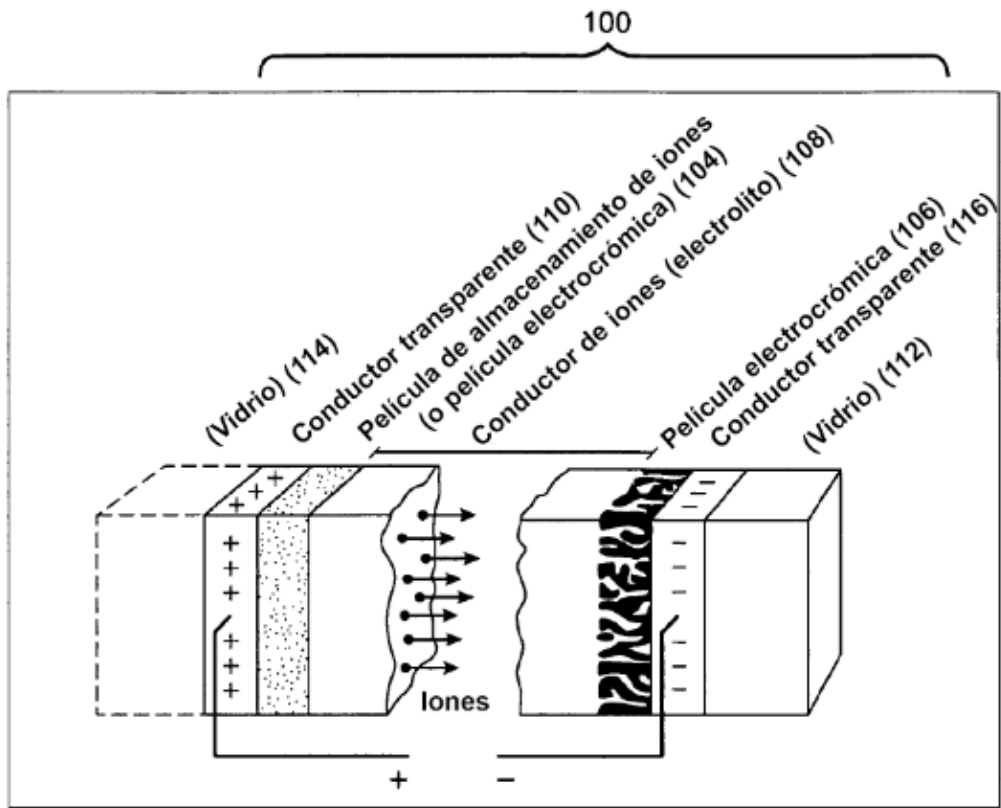
5. El conjunto de la reivindicación 4, en el que la capa EC comprende WOx.

30 6. El conjunto de la reivindicación 5, en el que el WOx es sub-estequiométrico, preferentemente en el que  $2,6 < x < 3$ .

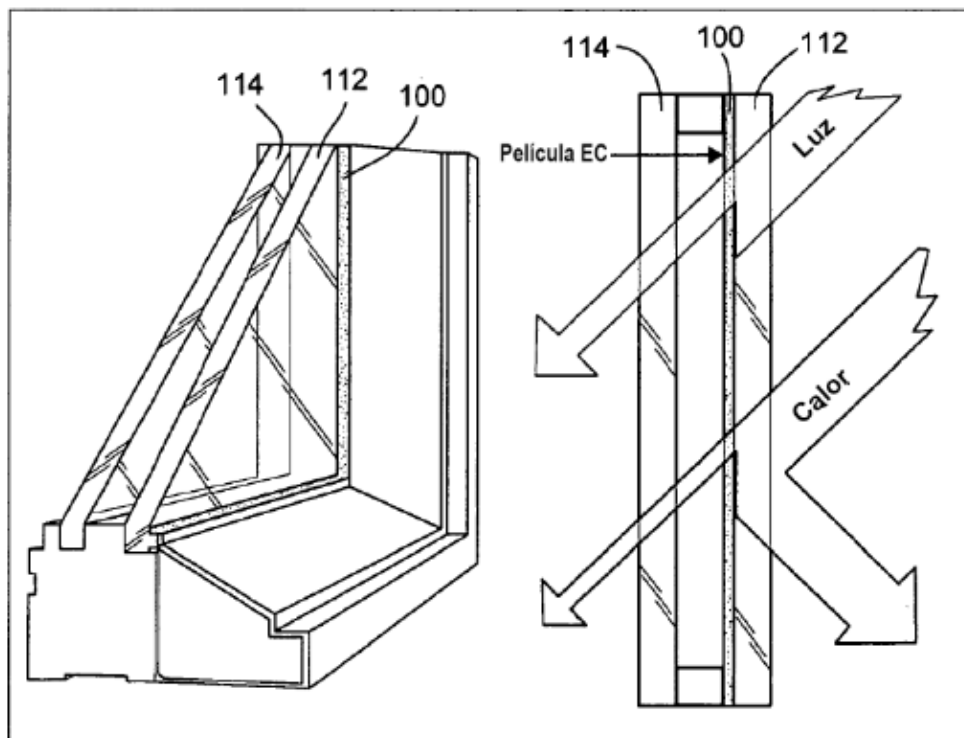
7. El conjunto de la reivindicación 5, en el que la capa CE, la capa de IC y/o la capa EC están dopadas con Mg.

35 8. El conjunto de la reivindicación 1, que comprende además uno o más revestimientos de E bajo, estando los revestimientos de E bajo soportados por una superficie interior del segundo sustrato, una o ambas superficies del primer sustrato y/o una superficie interior del tercer sustrato de vidrio, comprendiendo además, preferentemente, un revestimiento de bloqueo de UV sobre la superficie interior del segundo sustrato.

40 9. El conjunto de la reivindicación 1, en el que el sustrato de dispositivo EC está laminado o unido al segundo sustrato de vidrio a través de una capa a base de polímero.



**Fig. 1(a)**



**Fig. 1(b)**



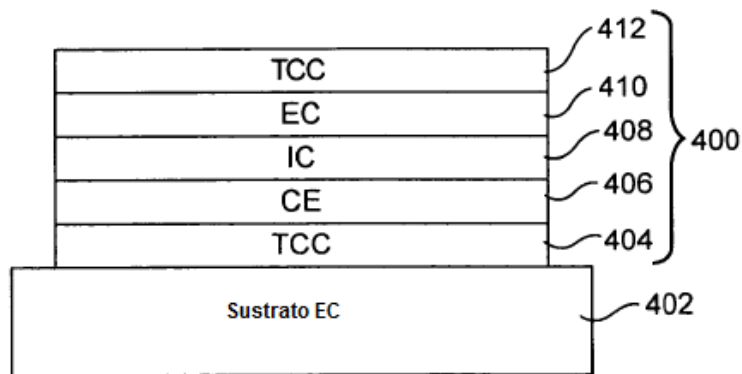
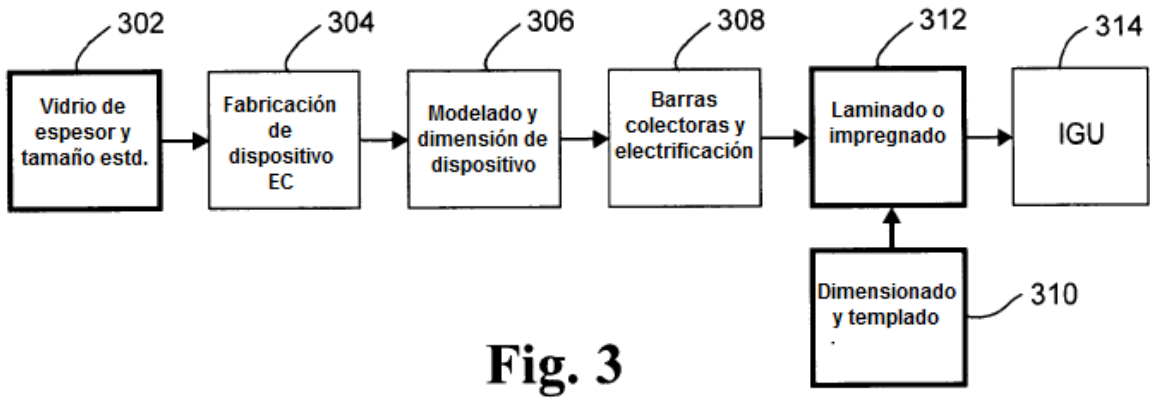
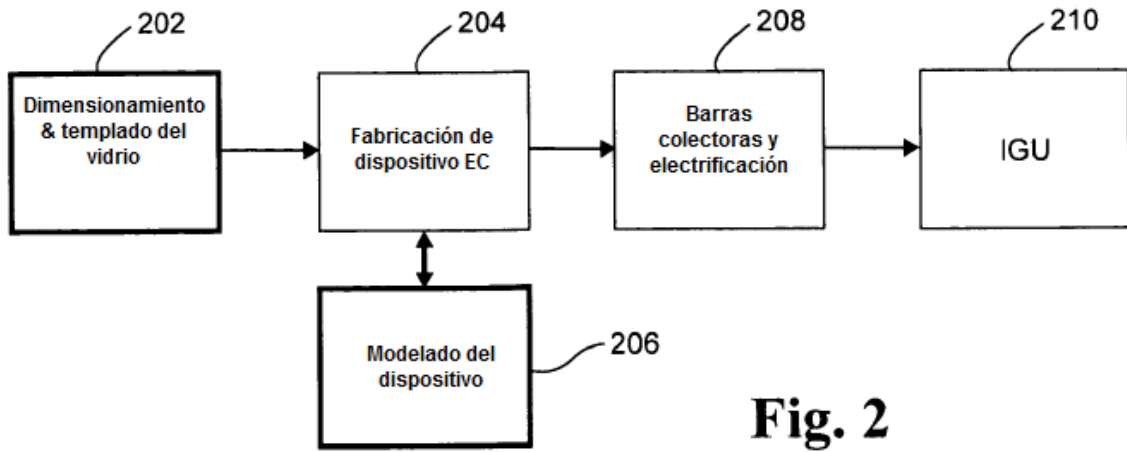


Fig. 4

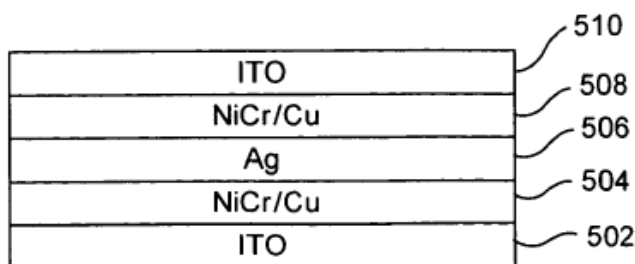
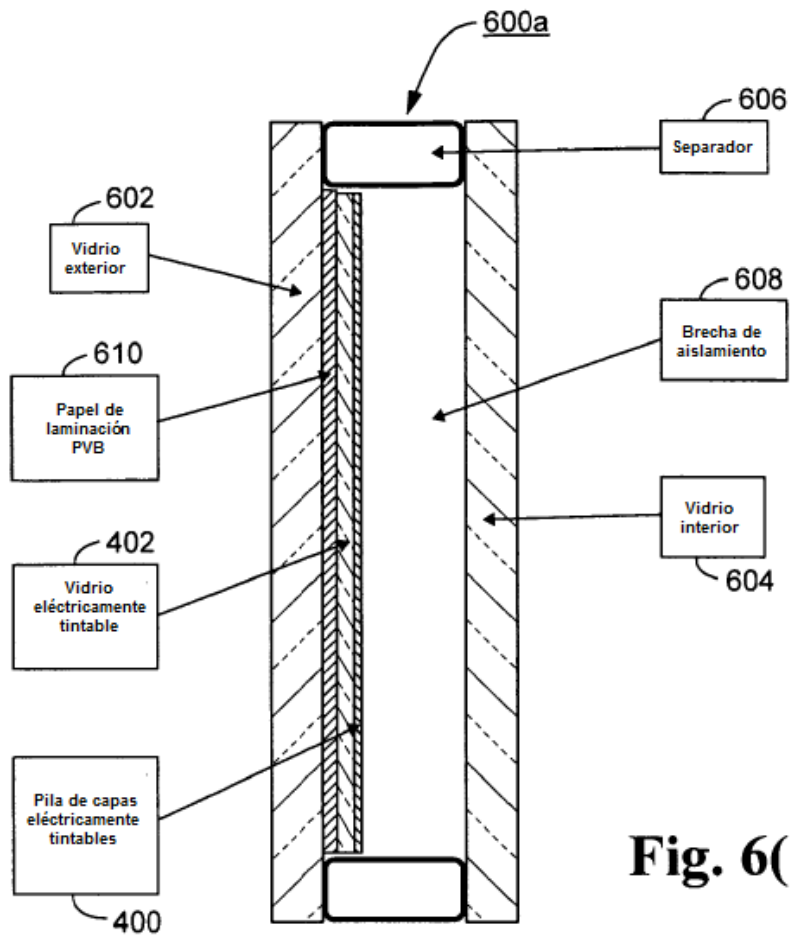
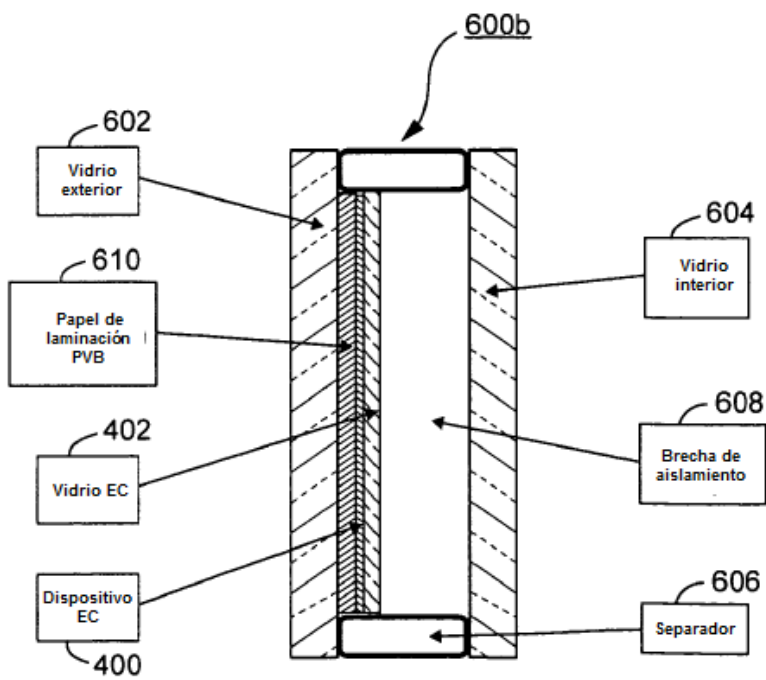


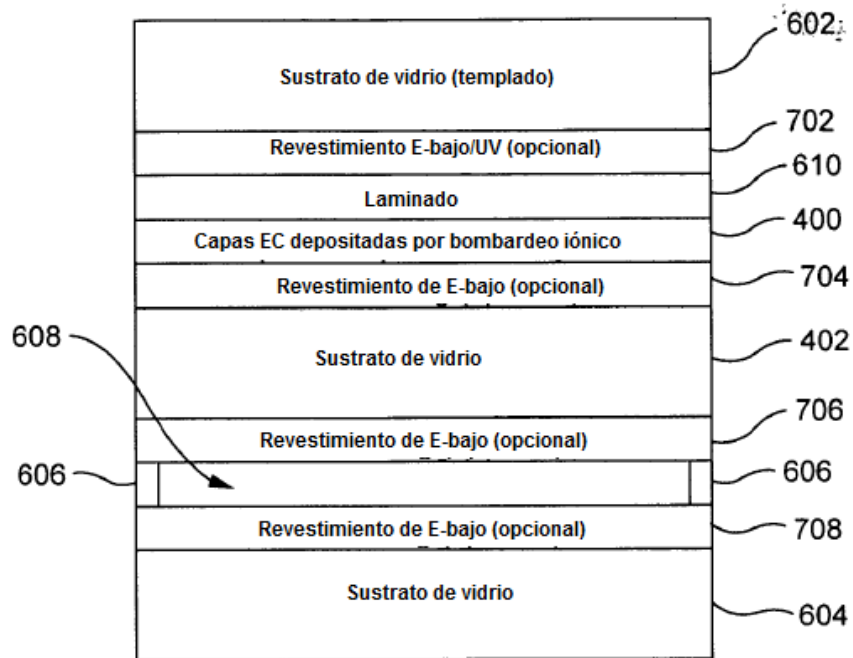
Fig. 5



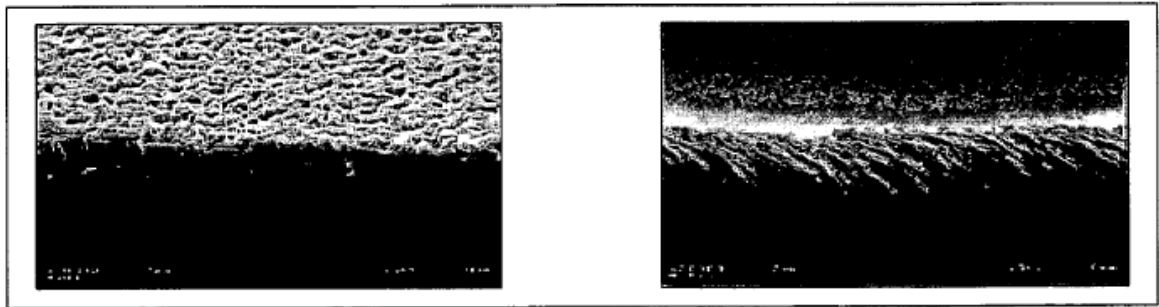
**Fig. 6(a)**



**Fig. 6(b)**



**Fig. 7**



**Fig. 8(a)**

**Fig. 8(b)**