

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 567**

51 Int. Cl.:

B32B 17/10 (2006.01)

C03C 17/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.11.2013 PCT/US2013/070302**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14081631**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2013 E 13799441 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2922698**

54 Título: **Ventana termocrómica y método para su fabricación**

30 Prioridad:

26.11.2012 US 201213684797

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

13.06.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

CERNY, GLENN, A.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 716 567 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

Ventana termocrómica y método para su fabricación

- 5 Esta solicitud se refiere a una ventana termocrómica y a un método para su fabricación, específicamente una ventana termocrómica que incluye nanopartículas de dióxido de vanadio (VO₂) que han sido encapsuladas en una cubierta de dióxido de silicio (SiO₂) y/o tratadas con agente(s) de acoplamiento de silano y proporcionadas en una resina de silicona.

Antecedentes

- 10 Las ventanas inteligentes están diseñadas para reducir el coste de calefacción, aire acondicionado y/o de iluminación. Los problemas con los niveles de transmisión, turbidez, degradación a lo largo del tiempo, y/o los elevados costes de material y de procesamiento han limitado el uso de estas ventanas hasta la fecha.

- 15 Las ventanas termocrómicas reducen los costes de energía al transformarse de un estado de transmisión mientras está a baja temperatura a un estado reflectante a altas temperaturas mientras mantienen al mismo tiempo una transmitancia visible significativa. Las nanopartículas de dióxido de vanadio (VO₂) cambian de (i) una forma monoclínica VO₂(M) aislante, mientras están a bajas temperaturas, a (ii) una forma rúflica VO₂(R) metálica o sustancialmente metálica a altas temperaturas. Debido a que esta transición de metal a aislante es reversible y se produce casi a temperatura ambiente, las nanopartículas de VO₂ pueden utilizarse en películas sobre vidrios para ventanas inteligentes.

Sin embargo, las nanopartículas de VO₂ son muy reactivas. La inestabilidad química de las nanopartículas de VO₂ limita su uso en entornos de producción en serie. En particular, se ha descubierto que las nanopartículas de VO₂ fallan en condiciones ácidas y se oxidan en V₂O₅ en aire seco.

- 25 En un método de la técnica anterior, se descubrió que el recubrimiento de nanopartículas de VO₂ con una cubierta de dióxido de silicio (SiO₂) mejora significativamente las propiedades de antioxidación y de resistencia al ácido del VO₂. Véase Gao, Y., y col., "Enhanced chemical stability of VO₂ nanoparticles by the formation of SiO₂/VO₂ core/shell structures and the application to transparent and flexible VO₂-based composite foils with excellent thermochromic properties for solar heat control," *Energy Environ. Sci.*, 2012, 5, 6104-6110;
- 30

- Sin embargo, esta técnica anterior no describe una ventana termocrómica que use nanopartículas de VO₂ en una cubierta de SiO₂ que sea escalable para adaptarla a una producción a gran escala. Véase Wray, P., "VO₂ foils eyed for mass production for thermochromic window applications," *Ceramic Tech Today*, 7 de febrero de 2012, en donde Yanfeng Gao, el autor principal de la publicación dice que "el siguiente reto es pasar la técnica de grupo a una producción a gran escala". Además, existe la necesidad de una ventana termocrómica y un método para fabricarla que proporcione buena eficiencia energética y/o transmitancia visible, y/o disminuya el coste de fabricación de ventanas termocrómicas.
- 35

Sumario

- 40 En ciertas realizaciones ilustrativas de la presente invención, se proporciona una ventana termocrómica que comprende: un primer sustrato; una película conductora transparente sobre el primer sustrato; una capa de laminación que comprende material aislante, incluyendo además la capa de laminación nanopartículas que comprenden vanadio que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta; y un segundo sustrato, en donde la película conductora transparente y la capa de laminación están situadas entre el primer y el segundo sustrato.
- 45

Según un aspecto de las realizaciones ilustrativas, se proporcionan nanopartículas de dióxido de vanadio (VO₂) encapsuladas en una cubierta de dióxido de silicio (SiO₂) tratadas con agentes de acoplamiento de silano e incorporadas en una resina de silicona.

- 50 Según un aspecto de las realizaciones ilustrativas, se proporciona un primer sustrato de vidrio, una película conductora, una capa de resina de silicona que incluye las nanopartículas de VO₂ encapsuladas en la resina de silicona, y un segundo sustrato de vidrio. Se puede conectar una fuente de energía a la película conductora que permita el calentamiento resistivo de las nanopartículas de VO₂ encapsuladas. Cuando se calientan, las nanopartículas de VO₂ encapsuladas pasan de una forma aislante a otra metálica o sustancialmente metálica y bloquean al menos algunos rayos infrarrojos (IR). En otras palabras, la capa que incluye la resina de silicona y las nanopartículas de VO₂ bloquea significativamente más radiación IR (p. ej., al menos 10 % más, más preferiblemente al menos 20 % más, y posiblemente al menos 40 % o 50 % más) cuando se calienta suficientemente en comparación a cuando no se calienta suficientemente.
- 55

- 60 Según un aspecto de otras realizaciones ilustrativas, se proporciona un método de fabricación de una ventana termocrómica, incluyendo el método encapsular o encapsular sustancialmente nanopartículas de VO₂ en una cubierta que incluye SiO₂ para formar nanopartículas de VO₂ encapsuladas o sustancialmente encapsuladas, proporcionar las nanopartículas de VO₂ encapsuladas en una resina que incluye silicona, aplicar una película conductora transparente sobre el primer sustrato de vidrio, aplicar la resina de silicona sobre el primer sustrato de vidrio sobre al menos la película conductora transparente, y laminar un segundo sustrato de vidrio al primer sustrato de vidrio para que al menos la capa que incluye resina de silicona esté entre el primer y el segundo
- 65

sustrato de vidrio, y conectar una fuente de energía a la película conductora, suministrando la fuente de energía eléctrica a la película conductora para calentar la capa que incluye resina de silicona.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La Fig. 1 es un diagrama que ilustra una ventana termocrómica según realizaciones ilustrativas.
- La Fig. 2 es un diagrama que ilustra una ventana termocrómica según otras realizaciones ilustrativas.
- 10 La Fig. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación de una ventana termocrómica según realizaciones ilustrativas.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

- 15 Se proporciona una descripción detallada de realizaciones ilustrativas con referencia a los dibujos que se acompañan. Las mismas referencias numéricas indican los mismos componentes en todos los dibujos.

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra una ventana termocrómica 10 según realizaciones ilustrativas.

- 20 En la Fig. 1, la ventana termocrómica 10 incluye un primer sustrato 11 de vidrio, una película 12 conductora transparente, una capa 13 de resina de silicona o que la incluye, un segundo sustrato 14 de vidrio y una fuente 15 de energía. La fuente de energía puede ser de CA o CC. En algunas realizaciones ilustrativas, la ventana termocrómica 10 puede incluir un controlador 16 y uno o más sensores 17. En ciertas realizaciones ilustrativas, la ventana 10 puede tener una transmisión visible de al menos aproximadamente 30 %, más preferiblemente al menos aproximadamente 40 %, aún con mayor preferencia de al menos aproximadamente 50 % o 60 %, antes y/o después de que las nanopartículas que incluyen dióxido de vanadio (VO₂) en la capa 13 de silicona pasen de (i) una forma monoclinica VO₂(M) aislante, mientras están a bajas temperaturas, a (ii) una forma rutilica VO₂(R) metálica o sustancialmente metálica a alta temperatura.

La capa 13 de resina de silicona incluye nanopartículas de VO₂ que están encapsuladas o sustancialmente encapsuladas con al menos SiO₂. En determinadas realizaciones ilustrativas, las nanopartículas se pueden tratar con material o materiales que contengan silicio, tales como TEOS y/o similares, para encapsularlas en un recubrimiento de sílice y/o que lo incluya. Las nanopartículas recubiertas pueden tratarse después con agente(s) de acoplamiento de silano para permitir una dispersión adecuada dentro de la resina de silicona. A falta de dicho(s) agente(s) de acoplamiento de silano, las nanopartículas pueden tender a la aglomeración y a una distribución considerablemente desigual dentro de la resina de silicona. La fuente 15 de energía se conecta eléctricamente a la película 12 conductora transparente. Cuando se suministra energía a la película conductora 12, la película conductora 12 (que de preferencia está inmediatamente adyacente y en contacto con la capa 13 de silicona) calienta la capa 13 de silicona que incluye las nanopartículas de VO₂. Cuando las nanopartículas de VO₂ en la capa 13 de silicona se calientan, pasan de un estado transmisor de IR a baja temperatura a un estado más reflectante de IR a altas temperaturas mientras mantiene sustancialmente la transmitancia visible. Por tanto, la capa 13 de resina de silicona se utiliza para bloquear los rayos infrarrojos que de otra forma podrían penetrar la ventana cuando las nanopartículas se han calentado y están en un estado reflectante de IR. La transmisión de infrarrojos de la ventana termocrómica 10 puede ajustarse regulando la cantidad de energía suministrada por la fuente 15 de energía a la película conductora 12. La película conductora 12 puede conectarse eléctricamente a la fuente 15 de energía a través del marco (no ilustrado) de la ventana termocrómica 10, barra(s) colectora(s), o similares.

Durante la fabricación de la ventana termocrómica 10, la concentración de nanopartículas de VO₂ en la capa 13 de resina de silicona puede variar dependiendo del nivel deseado de bloqueo de infrarrojos. La distribución de nanopartículas de VO₂ también puede ser un gradiente (continuo o discontinuo) con concentraciones más altas cerca de la película conductora 12, permitiendo un calentamiento más rápido de las nanopartículas de VO₂ y una temperatura general más baja de la ventana termocrómica 10 cuando se desee un bloqueo/reflexión de IR adicional. Cuanto mayor es la distancia entre las nanopartículas de VO₂ en la capa 13 y el segundo sustrato 14 de vidrio más disminuye la temperatura del segundo sustrato 14 de vidrio, que es otra razón por la que la concentración de las nanopartículas en la capa 13 se puede graduar para que se concentren más en una parte de la capa 13 más cercana a la película conductora 12. En otras palabras, la concentración de nanopartículas en la capa 13 puede graduarse de manera que la mayoría de las nanopartículas en la capa 13 estén más cerca de la película conductora 12 que al sustrato 14 de vidrio.

La película 12 conductora transparente se sitúa (directa o indirectamente) sobre el sustrato 11 de vidrio. Por lo tanto "sobre", como se utiliza en la presente memoria, incluye tanto directamente encima y en contacto como indirectamente encima con otra(s) capa(s) en medio. La película 12 conductora transparente puede ser de un óxido conductor transparente o incluirlo, tal como óxido de indio y estaño (ITO), óxido de estaño, plata tal como TG 15, o similares, y sirve para calentar de forma sustancialmente uniforme las nanopartículas en la capa 13 de silicona a través del primer sustrato 11 de vidrio cuando se le suministra energía desde la fuente 15 de energía. En la fabricación de la ventana, la película conductora 12 se recubre con la capa 13 de resina de silicona que incluye las nanopartículas.

Un agente de acoplamiento de silano incluye, de forma típica, un grupo hidrolizable (por ejemplo alcoxi, aciloxi, halógeno, amina, etc.), uno o varios átomo de silicio, un enlace (CH₂)_n, y un radical orgánico no hidrolizable. Los

agentes de acoplamiento de silano forman una unión duradera entre materiales orgánicos e inorgánicos. Utilizar un agente de acoplamiento de silano adecuado aumenta la procesabilidad de las nanopartículas de VO₂, y también se pueden utilizar en el proceso de encapsular o sustancialmente encapsular las nanopartículas en un recubrimiento que incluya sílice. El o los agentes de acoplamiento de silano óptimos pueden ayudar en el proceso de mezclar e incluir las nanopartículas dentro de una matriz de resina de silicona.

La capa 13 de resina de silicona puede ser de una o más resinas de silicona (por ejemplo, Me₃SiO, Me₂SiO₂, MeSiO₃, etc.) o incluirlas. De forma ideal, la resina de silicona es muy transparente y térmicamente tolerante. La alta transparencia proporciona una visibilidad máxima a un usuario de la ventana termocrómica 10. La alta tolerancia térmica proporciona al material la capacidad de soportar las altas temperaturas necesarias para desencadenar el comportamiento termocrómico de las nanopartículas de VO₂. Idealmente, la resina de silicona tiene buenas propiedades antiespumante, lo que reduce el atrapamiento de aire durante el mezclado de nanopartículas.

La incorporación de nanopartículas de VO₂ encapsuladas en la capa 13 de resina de silicona proporciona varias ventajas. Por ejemplo, la resina de silicona tiene suficientes propiedades térmicas para soportar el calentamiento necesario para permitir el comportamiento termocrómico de las nanopartículas de VO₂. Aunque la temperatura exacta necesaria para la transición de metal a aislador de las nanopartículas de VO₂ parece ser variable dependiendo del tamaño de la partícula, la resina de silicona puede soportar a menudo el calentamiento de hasta al menos aproximadamente 70 °C mientras mantiene excelentes propiedades ópticas y sin amarillear significativamente con el tiempo. En ciertas realizaciones ilustrativas, la fuente de energía se manipula para proporcionar el calentamiento resistivo de la película 12 conductora transparente que calienta las nanopartículas en la capa 13 que incluye silicona a, al menos, aproximadamente 68 °C, más preferiblemente hasta al menos aproximadamente 70 o 75 °C, para hacer que las nanopartículas que incluyen óxido de vanadio en la capa de silicona se transformen de una forma monoclinica, que es sustancialmente aislante, a una forma rutilica que es sustancialmente reflectora de IR, para bloquear más radiación IR.

La resina de silicona también proporciona una excelente unión con las nanopartículas encapsuladas porque la matriz es similar a la cubierta de SiO₂ de las nanopartículas de VO₂ encapsuladas. Esto asegura que la ventana 10 termocrómica de vidrio proporcione protección a largo plazo de los rayos infrarrojos cuando se desee. La resina de silicona también se une bien con el vidrio, lo que evita la separación del segundo sustrato 14 de vidrio en la estructura de ventana laminada.

La resina de silicona también tiene una conductividad térmica baja que permite reducir la temperatura del segundo sustrato 14 de vidrio en comparación con el primer sustrato 11 de vidrio en ciertas realizaciones ilustrativas, haciendo la ventana de vidrio más segura. La resina de silicona es tolerante a los ultravioleta (UV) y proporciona amortiguación acústica.

La energía suministrada por la fuente 15 de energía puede variar dependiendo de la reducción deseada en la transmisión de infrarrojos.

La conexión eléctrica entre la fuente 15 de energía y la película conductora 12 puede ser una conexión directa o a través de uno o más elementos intermedios. La ventana termocrómica 10 puede incluir un controlador 16 que controle/varíe la aplicación de energía de la fuente 15 de energía a la película conductora 12 para controlar el nivel de transmisión de infrarrojos. El controlador 16 puede incluir uno o más procesadores, memoria, puertas lógicas, amplificadores, transistores, interruptores, diales, etc., (no mostrados). El controlador 16 puede ejecutar instrucciones almacenadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador (no mostrado).

El controlador 16 puede ser programable durante la fabricación y/o por el usuario final. El controlador 16 puede, por ejemplo, programarse para proporcionar niveles diferentes de reducción de infrarrojos en diferentes momentos del día.

El controlador 16 puede incluir uno o más sensores 17 (por ejemplo, sensores de temperatura). Los sensores 17 pueden detectar, por ejemplo, la temperatura de uno o más del primer sustrato 11 de vidrio, la película conductora 12, la capa 13 de resina de silicona, el segundo sustrato 14 de vidrio y/o del medio ambiente a ambos lados de la ventana termocrómica 10. Los sensores 17 pueden ser utilizados por el controlador 16 para proporcionar un control más fino del calentamiento de la película conductora 12 y/o del nivel de reducción de infrarrojos. Así, la cantidad de película 12 conductora transparente que se calienta puede basarse en la(s) temperatura(s) detectada(s) por uno o más sensores 17. En otro ejemplo, las lecturas de temperatura de los sensores 17 pueden usarse por el controlador 16, por ejemplo, para compensar el calentamiento solar que puede tener lugar durante las horas diurnas.

Por al menos estas razones, la ventana termocrómica 10 puede proporcionar una reducción termocrómica eficaz y controlable de los rayos infrarrojos en una unidad completa que es fácil de fabricar y segura de operar.

La Fig. 2 es un diagrama que ilustra una ventana termocrómica 20 según otras realizaciones ilustrativas.

En la Fig. 2, la ventana termocrómica 20 incluye un primer sustrato 11 de vidrio, una película conductora 12, una capa 13 de resina de silicona, un segundo sustrato 14 de vidrio y una fuente 15 de energía, que se describieron en detalle haciendo referencia a la Fig. 1. La ventana termocrómica 20 también incluye una segunda película 22 conductora transparente, una segunda capa 23 de resina de silicona y un tercer sustrato 24 de vidrio. En algunas

realizaciones ilustrativas, la ventana termocrómica 20 puede incluir el controlador 16 y uno o más sensores 17, que se describieron en detalle con referencia a la Fig. 1.

5 La segunda película conductora 22, la segunda capa 23 de resina de silicona, y el tercer sustrato 24 de vidrio pueden tener propiedades/materiales iguales o similares a la película conductora 12, la capa 13 de resina de silicona, y el segundo sustrato 14 de vidrio, respectivamente, que se describieron en detalle con referencia a la Fig. 1.

10 La segunda película 22 conductora transparente se conecta eléctricamente a la fuente 15 de energía de manera similar a la película conductora 12. Los sensores 17, si se incluyen en la ventana termocrómica 20, pueden, por ejemplo, detectar la temperatura de uno o más de la segunda película conductora 22, segunda capa 23 de resina de silicona, tercer sustrato 24 de vidrio, o el aire fuera del tercer sustrato 24 de vidrio, de una manera similar a como se describió anteriormente con referencia a la Fig. 1.

15 La configuración de una cara de la ventana termocrómica 10 y la configuración de doble cara de la ventana termocrómica 20 proporcionan, cada una, varias ventajas de construcción y rendimiento. Por ejemplo, la ventana termocrómica 20 permite el uso de un primer sustrato 11 de vidrio fino, que permite una estructura general más fina y un mejor control y una reducción de la temperatura en el exterior de los sustratos 14 y 24 de vidrio. Nótese que el primer sustrato 11 de vidrio puede ser al menos 1 mm más fino (con mayor preferencia, al menos 1,5 o 2 mm más fino) que el segundo sustrato 14 de vidrio y/o el sustrato 24 de vidrio en las realizaciones de la Fig. 1 y/o la Fig. 2.

20 La Fig. 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método de fabricación de una ventana termocrómica 10 y/o ventana termocrómica 20 según realizaciones ilustrativas.

25 Las nanopartículas de VO₂ son encapsuladas en SiO₂ e incorporadas en una resina de silicona en la operación S1. Durante el proceso de encapsular o sustancialmente encapsular las nanopartículas, las nanopartículas pueden tratarse con agente(s) de acoplamiento que incluya(n) silano(s).

30 En la operación S2 se aplica una película 12 conductora transparente a una o ambas caras de un primer sustrato 11 de vidrio.

En la operación S3 se recubren la o las películas 12 conductoras transparentes con la capa 13 y/o 23 de resina de silicona, incluyendo la resina de silicona las nanopartículas.

35 En la operación S4 se une un segundo sustrato 14 de vidrio a la resina de silicona. Si se presentan dos películas conductoras y capas de resina de silicona, se añade también un tercer sustrato 24 de vidrio a la segunda capa 23 de resina de silicona. En ciertas realizaciones ilustrativas, la capa 13 (y/o 23) de silicona puede usarse como una capa de laminación para laminar los sustratos de vidrio entre sí. De forma alternativa, además de la o las capas 13 y/o 23 de silicona, puede colocarse una capa adicional de laminación (p. ej., de PVB) (p. ej., entre el sustrato 14 y la capa 13) para laminar los sustratos de vidrio entre sí.

40 En la operación S5 se conecta la fuente 15 de energía eléctricamente a la película conductora transparente.

En la operación S6 se conecta opcionalmente un controlador que controla la energía suministrada por la fuente de energía.

45 En la operación S7 se conectan opcionalmente uno o más sensores que proporcionan datos al controlador.

50 La ventana termocrómica 10 o 20 puede utilizarse en cualquier aplicación donde sea deseable una elevada transparencia y una transmisión baja de infrarrojos. Por ejemplo, la ventana termocrómica 10 o 20 se puede utilizar en aplicaciones de ventanas comerciales tales como escaparates, fachadas, claraboyas, edificios de oficinas, etc. En aplicaciones comerciales, el control de la transmisión de infrarrojos permite mejorar el control de la temperatura y reducir los costes energéticos. En aplicaciones residenciales, la ventana termocrómica 10 o 20 permite una iluminación natural reduciendo al mismo tiempo la necesidad de tratamientos de ventanas y otros materiales de recubrimiento para reducir la transmisión de infrarrojos. La ventana termocrómica 10 o 20 puede incorporarse en una unidad de ventana con insulated glass (vidrio de aislamiento - IG) para proporcionar una mayor eficiencia energética.

55 En ciertas realizaciones ilustrativas de la presente invención, se proporciona una ventana (p. ej., una ventana termocrómica) que comprende: un primer sustrato de vidrio; una película conductora transparente sobre el primer sustrato de vidrio; una capa que incluye silicona, comprendiendo la capa que incluye silicona nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio (VO₂) que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta que comprende dióxido de silicio (SiO₂); un segundo sustrato de vidrio, en donde la película conductora transparente y la capa que incluye silicona están situadas entre el primer y el segundo sustrato de vidrio; y una fuente de energía que suministra energía a la película conductora transparente.

60 En la ventana del párrafo inmediatamente anterior, la energía suministrada a la película conductora se puede usar para hacer que la capa que incluye silicona se caliente a una temperatura suficiente para hacer que al menos

algunas de las nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio pasen de una forma monoclinica a una forma rutilica, en donde las nanopartículas reflejan más radiación de IR en la forma rutilica que en la forma monoclinica.

5 En la ventana de cualquiera de los dos párrafos anteriores, las nanopartículas pueden distribuirse en la capa que incluye silicón en un gradiente en el que la mayor concentración de nanopartículas esté cerca de la película conductora.

10 En la ventana de cualquiera de los tres párrafos anteriores, puede haber un controlador que controle una cantidad de energía suministrada por la fuente de energía a la película conductora. El controlador puede configurarse para variar la cantidad de energía en base a la configuración por parte del usuario y/o para variar la cantidad de energía en base a un momento del día. También pueden existir uno o más sensores que suministren datos al controlador. Los datos suministrados por uno o más sensores pueden ser datos de temperatura. El controlador puede configurarse para variar la cantidad de energía suministrada a la película conductora en base a los datos de temperatura.

15 En ciertas realizaciones ilustrativas de la presente invención, se proporciona una ventana termocrómica que comprende: un primer sustrato; una película conductora transparente sobre el primer sustrato; una capa de laminación que comprende material aislante, en donde el material aislante comprende silicón, incluyendo además la capa de laminación nanopartículas que comprenden vanadio que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta; y un segundo sustrato, en donde la película conductora transparente y la capa de laminación están situadas entre el primer y el segundo sustrato.

20 La ventana termocrómica del párrafo inmediatamente anterior puede también comprender una fuente de energía que suministre energía a la película conductora transparente.

25 En la ventana termocrómica de cualquiera de los dos párrafos anteriores, la energía suministrada a la película conductora se puede usar para hacer que las nanopartículas que comprenden vanadio se calienten a una temperatura suficiente para hacer que al menos algunas de las nanopartículas que comprenden vanadio pasen de un primer estado a un segundo estado, reflejando las nanopartículas en el segundo estado más IR que las nanopartículas en el primer estado. El primer estado puede ser o incluir una forma rutilica y el segundo estado puede ser o incluir una forma monoclinica.

30 En la ventana termocrómica de cualquiera de los tres párrafos anteriores, el primer sustrato puede ser más fino que el segundo sustrato.

35 En la ventana termocrómica de cualquiera de los cuatro párrafos anteriores, el primer y segundo sustrato pueden comprender vidrio.

En la ventana termocrómica de cualquiera de los cinco párrafos anteriores, las nanopartículas pueden ser de VO₂ o incluirlo.

40 Las realizaciones ilustrativas anteriores están previstas para proporcionar una comprensión de la descripción para el experto en la técnica. La descripción anterior no pretende limitar el concepto inventivo descrito en esta solicitud, cuyo alcance se define en las siguientes reivindicaciones.

A continuación se describen otras realizaciones para facilitar la comprensión de la invención:

45 1. Una ventana que comprende:

un primer sustrato de vidrio;

una película conductora transparente sobre el primer sustrato de vidrio;

50 una capa que incluye silicón, comprendiendo la capa que incluye silicón nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio (VO₂) que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta que comprende dióxido de silicio (SiO₂);

55 un segundo sustrato de vidrio, en donde la película conductora transparente y la capa que incluye silicón están situadas entre el primer y el segundo sustrato de vidrio; y

una fuente de energía que suministra energía a la película conductora transparente.

60 2. La ventana de la realización 1, en donde la energía suministrada a la película conductora hace que la capa que incluye silicón se caliente a una temperatura suficiente para hacer que al menos algunas de las nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio pasen de una forma monoclinica a una forma rutilica, en donde las nanopartículas reflejan más radiación de IR en la forma rutilica que en la forma monoclinica.

3. La ventana de cualquiera de las realizaciones anteriores, en donde las nanopartículas están distribuidas en la capa que incluye silicona en un gradiente con una mayor concentración de las nanopartículas cerca de la película conductora.
- 5 4. La ventana de cualquiera de las realizaciones anteriores, que comprende, además, un controlador que controla una cantidad de energía suministrada por la fuente de energía a la película conductora.
5. La ventana de la realización 4, en donde el controlador está configurado para variar la cantidad de energía en base a la configuración por parte de un usuario.
- 10 6. La ventana de cualquiera de las realizaciones 4-5, en donde el controlador está configurado para variar la cantidad de energía en base a un momento del día.
- 15 7. La ventana de cualquiera de las realizaciones 4-6, que comprende, además, uno o más sensores que suministran datos al controlador.
8. La ventana de la realización 7, en donde los datos suministrados por uno o más sensores son datos de temperatura.
- 20 9. La ventana de la realización 8, en donde el controlador está configurado para variar la cantidad de energía suministrada a la película conductora en base a los datos de temperatura.
10. Una ventana termocrómica que comprende:
- 25 un primer sustrato de vidrio;
- una primera película conductora sobre el primer sustrato de vidrio, en donde la primera película conductora es transparente;
- 30 una segunda película conductora sobre el primer sustrato de vidrio sobre una cara del primer sustrato de vidrio opuesta a la segunda película conductora, en donde la segunda película conductora es transparente;
- una primera capa que incluye silicona sobre la primera película conductora y en contacto directo con esta;
- 35 una segunda capa que incluye silicona sobre la segunda película conductora y en contacto directo con esta;
- un tercer sustrato de vidrio, en donde la segunda capa que incluye silicona está situada entre el primer y el tercer sustrato de vidrio; y
- 40 una fuente de energía que suministra energía a la primera película conductora y la segunda película conductora, en donde la primera capa que incluye silicona y la segunda capa que incluye silicona comprenden, cada una, nanopartículas de dióxido de vanadio (VO_2) que están encapsuladas en una cubierta de dióxido de silicio (SiO_2).
- 45 11. La ventana termocrómica de la realización 10, en donde la energía suministrada a la primera película conductora y la segunda película conductora calienta la primera capa que incluye silicona y la segunda capa que incluye silicona a una temperatura suficiente para hacer que las nanopartículas de VO_2 pasen de un estado monoclinico a un estado rutilico.
- 50 12. La ventana termocrómica de cualquiera de las realizaciones 10-11, que comprende, además, un controlador que controla una cantidad de energía suministrada por la fuente de energía a la primera película conductora y la segunda película conductora.
13. La ventana termocrómica de la realización 12, que comprende, además, uno o más sensores que suministran datos al controlador.
- 55 14. La ventana termocrómica de la realización 13, en donde los datos suministrados por el uno o más sensores son datos de temperatura.
- 60 15. La ventana termocrómica de la realización 14, en donde el controlador está configurado para variar la cantidad de energía en base a los datos de temperatura.
16. Un método para fabricar una ventana termocrómica, comprendiendo el método:
- 65 encapsular nanopartículas de dióxido de vanadio (VO_2) en un recubrimiento que comprende dióxido de silicio (SiO_2) para formar nanopartículas de VO_2 encapsuladas;

incorporar las nanopartículas de VO₂ encapsuladas en una resina de silicona;

aplicar una película conductora transparente a un primer sustrato de vidrio;

5 aplicar la resina de silicona que incluye las nanopartículas a la película conductora transparente;

acoplar un segundo sustrato de vidrio al primer sustrato de vidrio, de modo que la película conductora transparente y las nanopartículas se proporcionen entre el primer y el segundo sustratos de vidrio; y

10 conectar una fuente de energía que suministra energía a la película conductora.

17. El método de la realización 16, en donde la energía suministrada a la película conductora calienta las nanopartículas a una temperatura suficiente para hacer que las nanopartículas pasen de un estado monoclinico a un estado rutilico.

15 18. El método de cualquiera de las realizaciones 16-17, que comprende, además:

conectar un controlador que controla la energía suministrada por la fuente de energía a la película conductora.

20 19. El método de la realización 18, que comprende, además:

conectar uno o más sensores que suministran datos al controlador.

25 20. El método de la realización 19, en donde los datos suministrados por uno o más sensores son datos de temperatura.

30 21. La ventana de cualquiera de las realizaciones 1-15, que comprende, además, un tercer sustrato de vidrio, en donde se proporciona otra capa que incluye silicona que incluye nanopartículas que incluyen óxido de vanadio entre el primer y el tercer sustratos de vidrio.

22. Una ventana termocrómica que comprende:

35 un primer sustrato;

una película conductora transparente sobre el primer sustrato;

40 una capa de laminación que comprende material aislante, incluyendo además la capa de laminación nanopartículas que comprenden vanadio que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta; y

un segundo sustrato, en donde la película conductora transparente y la capa de laminación están situadas entre el primer y el segundo sustrato.

45 23. La ventana termocrómica de la realización 22 que comprende, además, una fuente de energía que suministra energía a la película conductora transparente.

50 24. La ventana termocrómica de la realización 23, en donde la energía suministrada a la película conductora hace que las nanopartículas que comprenden vanadio se calienten a una temperatura suficiente para hacer que al menos algunas de las nanopartículas que comprenden vanadio pasen de un primer estado a un segundo estado, reflejando las nanopartículas en el segundo estado más IR que las nanopartículas en el primer estado.

25. La ventana termocrómica de la realización 24, en donde el primer estado es una forma rutilica y el segundo estado es una forma monoclinica.

55 26. La ventana termocrómica de la realización 22, en donde el primer sustrato es más fino que el segundo sustrato.

27. La ventana termocrómica de la realización 22, en donde el primer y el segundo sustrato comprenden vidrio.

28. La ventana termocrómica de la realización 22, en donde las nanopartículas comprenden VO₂.

60 29. La ventana termocrómica de la realización 22, en donde el material aislante de la capa de laminación comprende silicona.

REIVINDICACIONES

1. Una ventana (10) que comprende:
 - 5 un primer sustrato (11) de vidrio;
 - una película (12) conductora transparente sobre el primer sustrato de vidrio;
 - una capa (13) que incluye silicón, comprendiendo la capa que incluye silicón nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio (VO_2) que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta que comprende dióxido de silicio (SiO_2);
 - 10 un segundo sustrato (14) de vidrio, en donde la película (12) conductora transparente y la capa (13) que incluye silicón están situadas entre el primer (11) y el segundo (14) sustratos de vidrio; y
 - una fuente (15) de energía que suministra energía a la película (12) conductora transparente.
- 15 2. La ventana de la reivindicación 1, en donde la energía suministrada a la película conductora (12) hace que la capa (13) que incluye silicón se caliente a temperatura suficiente para hacer que al menos algunas de las nanopartículas que comprenden dióxido de vanadio pasen de una forma monoclinica a una forma rutilica, en donde las nanopartículas reflejan más radiación de IR en la forma rutilica que en la forma monoclinica.
- 20 3. La ventana de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las nanopartículas están distribuidas en la capa (13) que incluye silicón en un gradiente con una mayor concentración de las nanopartículas cerca de la película conductora (12).
4. La ventana de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un controlador (16) que controla una cantidad de energía suministrada por la fuente de energía a la película conductora (12).
- 25 5. Una ventana termocrómica (20) que comprende:
 - 30 un primer sustrato (11) de vidrio;
 - una primera película conductora (12) en el primer sustrato (11) de vidrio, en donde la primera película conductora es transparente;
 - una segunda película conductora (22) en el primer sustrato (11) de vidrio en una cara del primer sustrato (11) de vidrio
 - 35 opuesta a la primera película conductora (12), en donde la segunda película conductora (22) es transparente;
 - una primera capa (13) que incluye silicón sobre la primera película conductora (12) y en contacto directo con esta;
 - una segunda capa (23) que incluye silicón sobre la segunda película conductora (22) y en contacto directo con esta;
 - 40 un tercer sustrato (24) de vidrio, en donde la segunda capa (23) que incluye silicón está situada entre el primer (11) y el tercer (24) sustratos de vidrio; y
 - una fuente (15) de energía que suministra energía a la primera película conductora (12) y la segunda película conductora (22),
 - 45 en donde la primera capa (13) que incluye silicón y la segunda capa (23) que incluye silicón comprenden cada una nanopartículas de dióxido de vanadio (VO_2) que están encapsuladas en una cubierta de dióxido de silicio (SiO_2).
6. La ventana termocrómica (20) de la reivindicación 5, en donde la energía suministrada a la primera película conductora (12) y la segunda película conductora (22) calienta la primera capa (13) que incluye silicón y la segunda capa (23) que incluye silicón a temperatura suficiente para hacer que las nanopartículas de VO_2 pasen de un estado monoclinico a un estado rutilico.
7. La ventana termocrómica de cualquiera de las reivindicaciones 5-6, que comprende, además, un controlador (16) que controla una cantidad de energía suministrada por la fuente (15) de energía a la primera película conductora (12) y la segunda película conductora (22).
- 55 8. Un método para fabricar una ventana termocrómica (20), comprendiendo el método:
 - 60 encapsular nanopartículas de dióxido de vanadio (VO_2) en un recubrimiento que comprende dióxido de silicio (SiO_2) para formar nanopartículas de VO_2 encapsuladas;
 - incorporar las nanopartículas de VO_2 encapsuladas en una resina de silicón;
 - aplicar una película (12) conductora transparente a un primer sustrato (11) de vidrio;
 - 65 aplicar la resina de silicón que incluye las nanopartículas a la película (12) conductora transparente;

acoplar un segundo sustrato (14) de vidrio al primer sustrato (11) de vidrio, de modo que la película (12) conductora transparente y las nanopartículas se proporcionen entre el primer y el segundo sustratos de vidrio; y
 conectar una fuente (15) de energía que suministra energía a la película conductora (12).

- 5
9. El método de la reivindicación 8, en donde la energía suministrada a la película conductora (12) calienta las nanopartículas a temperatura suficiente para hacer que las nanopartículas pasen de un estado monoclinico a un estado rutilico.
- 10
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 8-9, que comprende, además:
 conectar un controlador (16) que controla la energía suministrada por la fuente (15) de energía a la película conductora (12).
- 15
11. Una ventana termocrómica (10) que comprende:
 un primer sustrato (11);
 una película (12) conductora transparente sobre el primer sustrato;
 una capa (13) de laminación que comprende material aislante, en donde el material aislante comprende silicón, incluyendo además la capa (13) de laminación nanopartículas que comprenden vanadio que están encapsuladas y/o sustancialmente encapsuladas en una cubierta; y
 un segundo sustrato (14), en donde la película (12) conductora transparente y la capa (13) de laminación están situadas entre el primer (11) y el segundo (14) sustratos.
- 20
- 25
12. La ventana termocrómica de la reivindicación 11, que comprende, además, una fuente (15) de energía que suministra energía a la película (12) conductora transparente, y en donde preferiblemente la energía suministrada a la película conductora (12) hace que las nanopartículas que comprenden vanadio se calienten a temperatura suficiente para hacer que al menos algunas de las nanopartículas que comprenden vanadio pasen de un primer estado a un segundo estado, reflejando las nanopartículas en el segundo estado más IR que las nanopartículas en el primer estado.
- 30
13. La ventana termocrómica de la reivindicación 11, en donde el primer sustrato (11) es más fino que el segundo sustrato (14).
- 35
14. La ventana termocrómica de la reivindicación 11, en donde las nanopartículas comprenden VO₂.

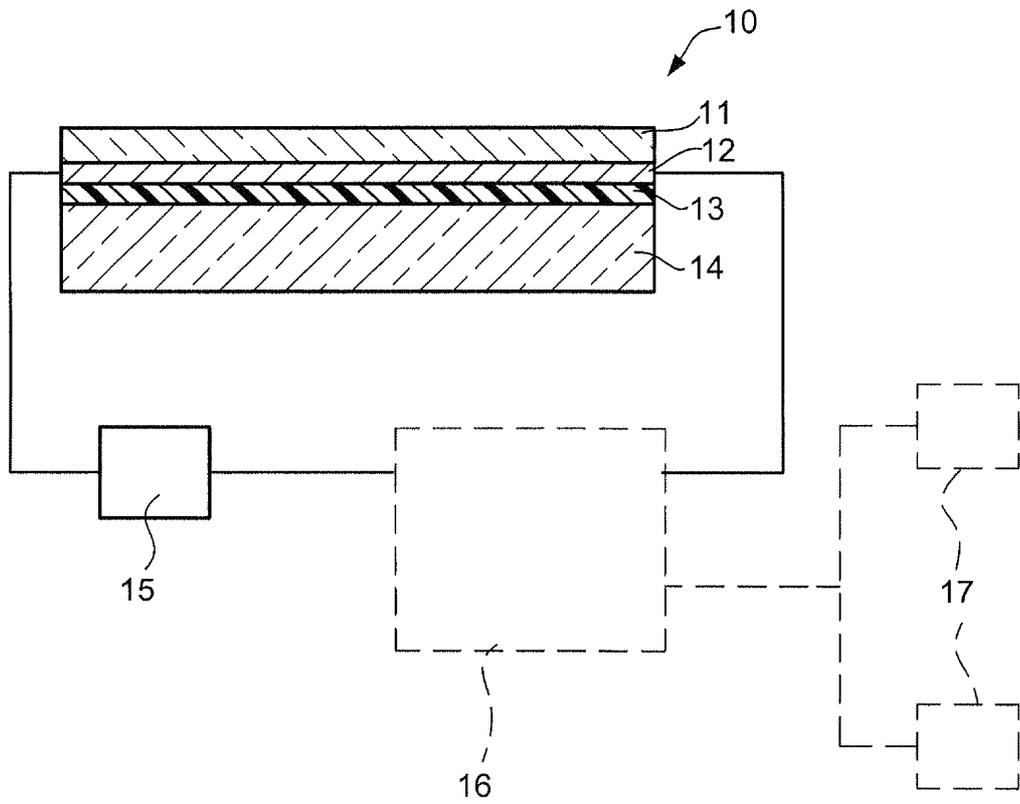


FIG. 1

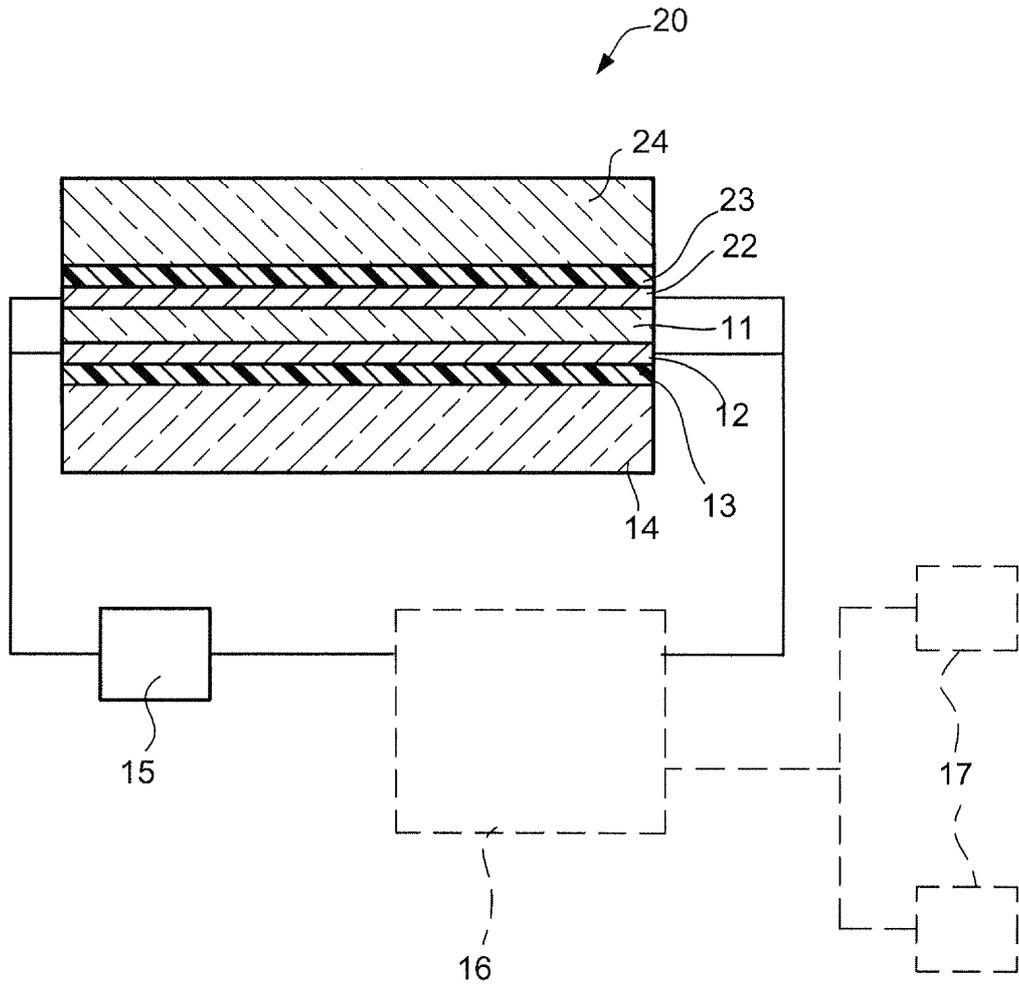


FIG. 2

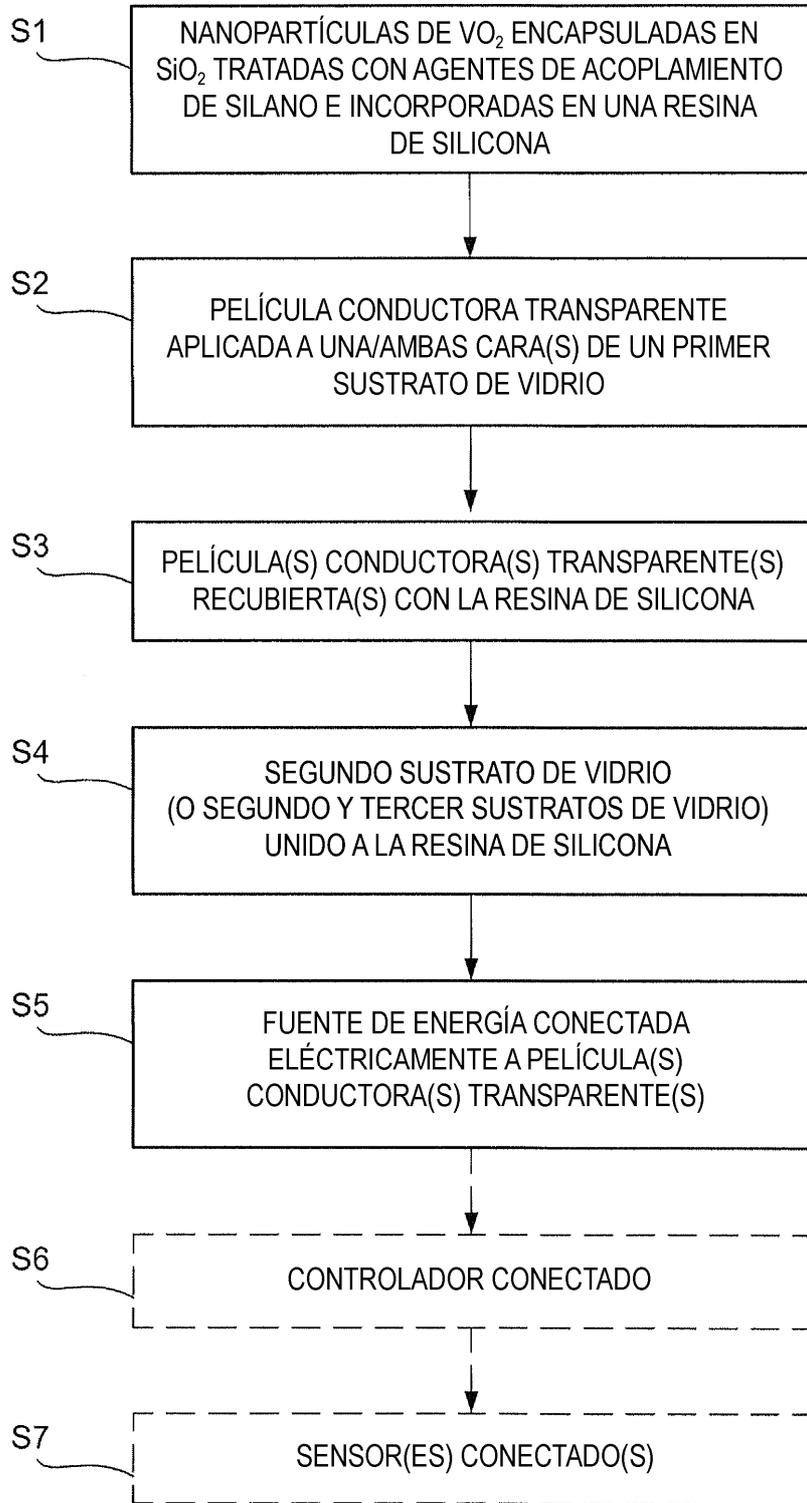


FIG. 3