

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 506**

51 Int. Cl.:

<b>G02F 1/19</b>	(2006.01)
<b>G02F 2/02</b>	(2006.01)
<b>G02B 5/22</b>	(2006.01)
<b>C03C 17/23</b>	(2006.01)
<b>G02B 5/02</b>	(2006.01)
<b>G02F 1/01</b>	(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2008 PCT/US2008/051959**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.07.2008 WO08092038**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2008 E 08713990 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2106560**

54 Título: **Filtro óptico de conversión descendente conmutado térmicamente**

30 Prioridad:

**24.01.2007 US 897184 P**  
**21.05.2007 US 931068 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.09.2017**

73 Titular/es:

**RAVENBRICK, LLC (100.0%)**  
**2229 LARIMER STREET**  
**DENVER, CO 80205, US**

72 Inventor/es:

**MCCARTHY, WIL y**  
**POWERS, RICHARD, M.**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 634 506 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

Filtro óptico de conversión descendente conmutado térmicamente.

5 **Referencia a solicitudes relacionadas**

Esta solicitud reivindica la prioridad de acuerdo con 35 U.S.C. § 119(e) de la solicitud de patente provisional US nº 60/897,184 presentada el 24 de enero de 2007 y la solicitud de patente provisional US nº 60/931.068 presentada el 21 de mayo de 2007.

10

**Antecedentes**1. Campo técnico

15 El objeto descrito en la presente memoria se refiere a dispositivos de estado sólido y “casi de estado sólido” para controlar el flujo de luz y calor radiante a través de la conversión descendente y la reflexión selectiva. La tecnología tiene aplicación particular, pero no exclusiva, en películas, materiales y dispositivos de regulación de temperatura, pasivos o activos, especialmente como materiales de construcción.

20 2. Descripción de la técnica relacionada

Se han usado materiales oscurecedores por luz durante décadas, por ejemplo en lentes de gafas de sol, para atenuar de manera selectiva la luz entrante cuando se estimula mediante radiación ultravioleta (UV). Cuando se incorporan en ventanas, tales materiales pueden usarse para regular la temperatura interna de una estructura oscureciéndose para atenuar luz solar luminosa y volviendo a ser transparente de nuevo para permitir que luz artificial o luz solar difusa pasen sin impedimentos. Tales sistemas son pasivos y autoajustables, no requiriendo ninguna señal externa diferente de la luz UV ambiental para funcionar. Sin embargo, dado que se controlan mediante ultravioleta en lugar de mediante temperatura, tales sistemas presentan una utilidad limitada en aplicaciones de regulación de temperatura.

30

Los materiales oscurecedores por luz y oscurecedores por electricidad atenúan la luz entrante en primer lugar a través de absorción en lugar de reflexión, lo que significa que se calentarán cuando se exponen a luz luminosa. Esto crea un flujo térmico conductor que desvía las reducciones en transmisión radiativa y, por tanto, plantea limitaciones significativas en su capacidad para regular la temperatura.

35

El procedimiento de absorber una longitud de onda de luz y emitir otra longitud de onda de luz más larga se conoce como conversión descendente. Este procedimiento se produce en varios materiales fosforescentes y fluorescentes de manera natural, incluyendo el fósforo. Asimismo, la radiación de cuerpo negro de un material que absorbe energía es una forma de conversión descendente. La conversión descendente también se produce en materiales semiconductores, que absorben energía sobre una banda ancha de longitudes de onda y emiten energía en una banda mucho más estrecha, centrada alrededor de la energía de banda prohibida del material, a través de un procedimiento conocido como fotoluminiscencia. Un conversor descendente puede conformarse fácilmente a partir de una pieza de un semiconductor de relleno.

40

45 La fabricación de estructuras muy pequeñas para aprovechar el comportamiento mecánico cuántico de portadores de carga, por ejemplo, “huecos” de electrones o electrón está bien establecida. El confinamiento cuántico de un portador puede lograrse mediante una estructura que tiene una o más dimensiones menos que la longitud mecánica cuántica de onda del portador. El confinamiento en una única dimensión produce un “pozo cuántico”, y el confinamiento en dos dimensiones produce un “hilo cuántico”.

50

Un punto cuántico es una estructura que puede confinar portadores en las tres dimensiones. Los puntos cuánticos pueden formarse como partículas, con dimensiones en las tres direcciones de menos de la longitud de onda de Broglie de un portador de carga. Los efectos del confinamiento cuántico también pueden observarse en partículas de dimensiones menores que las del diámetro de Bohr del hueco de electrón, el portador inelástico significa trayectoria libre, y el diámetro de ionización, es decir, el diámetro en el que la energía de confinamiento cuántico del portador es igual a su energía termocinética. Se propone que el mayor confinamiento puede observarse cuando todos estos criterios se cumplen simultáneamente. Tales partículas pueden estar compuestas por materiales semiconductores (por ejemplo, Si, GaAs, AlGaAs, InGaAs, InAlAs, InAs y otros materiales), o por metales, y pueden poseer o no un revestimiento aislante. En este documento, tales partículas se conocen como “partículas de punto cuántico”.

55

60

Los puntos cuánticos pueden presentar una estructura electrónica enormemente modificada a partir del material de relleno correspondiente, y por tanto diferentes propiedades. Debido a sus propiedades únicas, los puntos cuánticos se utilizan en una variedad de dispositivos electrónicos, ópticos y electroópticos. Actualmente, los puntos cuánticos se utilizan como fuentes de luz fluorescente casi monocromática, fuentes de luz láser, detectores de luz que incluyen detectores de infrarrojos (IR) y transistores altamente miniaturizados, incluyendo

65

transistores con un único electrón.

La inclusión de nanopartículas semiconductoras y de metal embebidas dentro de materiales de relleno (por ejemplo, partículas de sulfuro de cadmio como colorante en cristal ornamental) se lleva practicando durante siglos. Sin embargo, ha sido recientemente cuando se ha conseguido una comprensión de la física de estos materiales de manera comparativa. Estas nanopartículas son puntos cuánticos con características determinadas por su tamaño y composición. Estas nanopartículas desempeñan la función de dopantes para el material en el que se embeben para alterar propiedades eléctricas u ópticas seleccionadas. Los "átomos artificiales" representados por estos puntos cuánticos presentan propiedades que difieren de manera útil de aquellas de los átomos naturales. Sin embargo, debe observarse que las características de dopaje de los puntos cuánticos se fijan en el momento de fabricación y no pueden ajustarse después de la misma.

Leatherdale *et al.*, "Photoconductivity in CdSe Quantum Dot Solids," Physics Review B (15 de julio de 2000), describe, en detalle, la fabricación de "sólidos artificiales bi- y tridimensionales... con propiedades eléctricas y ópticas potencialmente ajustables". Estos sólidos están compuestos por nanocristales semiconductores coloidales depositados en un sustrato semiconductor. El resultado es una película de vidrio, tal como se ordenó compuesta por partículas de punto cuántico, que puede estimularse ópticamente mediante fuentes de luz externas o estimularse eléctricamente mediante electrodos unidos al sustrato para alterar propiedades eléctricas y ópticas.

La patente US nº 5.881.200 de Burt da a conocer una fibra (1) óptica que contiene una abertura (2) central llena de una disolución (3) coloidal de puntos (4) cuánticos en un medio de soporte. El objetivo de los puntos cuánticos es producir luz cuando se estimulan ópticamente, por ejemplo, para producir amplificación óptica o radiación laser. Los puntos cuánticos toman el lugar de átomos de erbio, que pueden producir amplificadores ópticos cuando se utilizan como dopantes en una fibra óptica. Las características de los puntos cuánticos pueden verse influenciadas por la selección del tamaño y composición en el momento de fabricación. Aunque este dispositivo presenta una trayectoria de entrada o fuente y una trayectoria de salida o drenaje, no presenta medios de control externo, de modo que no se trata de un "conmutador" en ningún sentido significativo. Como tal, no impide ni regula el flujo de energía lumínica a través de la fibra.

Goldhaber-Gordon *et al.*, "Overview of Nanoelectronic Devices", Proceedings of the IBEE, Vol. 85, nº 4, (abril de 1997), describe lo que puede tratarse del transistor con un único electrón más pequeño posible. Este consiste en un "hilo" compuesto por moléculas de benceno  $C_6$  conductoras con un "dispositivo de tunelización resonante", o "RTD", integrado que consiste en una molécula de benceno rodeada por moléculas de  $CH_2$ , que desempeñan la función de aislantes. El dispositivo se describe, quizá de manera incorrecta, como un pozo cuántico (en lugar de un punto cuántico) y está destinado a ser un transistor de dispositivo de conmutación en lugar de un mecanismo de confinamiento para portadores de carga. Sin embargo, en principio, el dispositivo debería poder contener un pequeño número de electrones en exceso y, por tanto, desempeñar la función de dispositivo de confinamiento cuántico. Por tanto, los autores señalan que el dispositivo puede ser "mucho más como un punto cuántico que como un RTD de estado sólido". (Véase p. 19.)

La patente US nº 6.512.242 de Fan *et al.* describe un dispositivo para producir efectos cuánticos que comprende un hilo (504) cuántico, energía transportada a lo largo del hilo cuántico bajo control de tensión, y puntos cuánticos (502, 503) próximos al hilo cuántico que contienen energía. El hilo cuántico transporta electrones dentro y fuera de un punto cuántico o de una pluralidad de puntos cuánticos a través de "tunelización resonante". Tal como se describe por Fan *et al.*, los puntos cuánticos desempeñan la función de "elementos de acoplamiento resonantes" que transportan electrones entre el hilo cuántico que actúa como una guía de onda electrónica o entre diferentes salidas en la misma guía de onda. Dicho de otro modo, los puntos cuánticos desempeñan la función de un tipo de conducto.

La publicación de solicitud de patente US 2002/0079485A1 de Stinz. *et al.* da a conocer un dispositivo de "raya cuántica" que puede considerarse como una partícula de punto cuántico no simétrica radialmente, no esférica con ejes alargados, o como un segmento de hilo cuántico desconectado, corto. En este sentido, las rayas cuánticas son meramente una clase especial de partículas de punto cuántico. Tal como se describe por Stinz *et al.*, se embeben una pluralidad de dispositivos de raya cuántica en ubicaciones particulares dentro de un material sólido para potenciar la excitación de energía laser dentro del material. La estructura resultante es un "láser ajustable" con una frecuencia de salida que puede ajustarse sobre un intervalo estrecho. Este ajuste se logra a través de "realimentación selectiva de longitud de onda" que usa una rejilla óptica externa para limitar la frecuencia de luz de entrada que puede alcanzar las rayas dentro del material. La publicación afirma que "un conjunto de rayas cuánticas de tamaños uniformes que funcionan como puntos cuánticos ideales tienen una ganancia óptica y una densidad de estados similar a la atómica". Stinz *et al.* se basa en la geometría y composición exactas del material semiconductor para producir rayas cuánticas de un tamaño y forma particulares. Por tanto, la selección de los estados cuánticos disponibles se consigue exclusivamente en el momento de fabricación, "con una variedad de razones longitud frente a anchura frente a altura, por ejemplo, ajustando la cobertura de monocapa, la tasa de crecimiento y la temperatura de InAs". La energía afecta a todas las rayas cuánticas de igual manera, junto con el material circundante en el que están embebidas, y si el material

circundante es opaco, entonces la energía de fotón no puede alcanzar las rayas cuánticas en absoluto. De nuevo, este dispositivo no es un conmutador óptico.

La publicación de solicitud de patente US 2002/0114367A1 de Stinz *et al.* da a conocer “una capa de punto cuántico idealizada que incluye múltiples puntos cuánticos embebidos en una capa de pozo cuántico que se encuentra entre capas de barrera”. De manera similar, la patente estadounidense nº 6.294.794 B1 de Yoshimura *et al.* da a conocer “una pluralidad de puntos cuánticos en una capa activa de manera que los puntos cuánticos presentan una composición o dopaje modificado asimétrico en una dirección perpendicular a la capa activa”. Estas partículas de punto cuántico simplemente se embeben en un cristal óptico. Una estructura de capa de punto cuántico similar se da a conocer en la patente estadounidense nº 6.281.519 B1 de Sugiyama *et al.*

McCarthy, *et al.*, en la patente US nº 6.978.070, da a conocer en detalle una pluralidad de dispositivos de punto cuántico que pueden dirigirse a un objetivo que pueden usarse como dopantes programables para alterar las propiedades mecánicas, químicas, magnéticas, térmicas, ópticas, eléctricas y de relleno de un sustrato (ya sea o bien cilíndrico, plano, o de cualquier otra forma) de forma controlada y repetitiva. Este control puede llevarse a cabo no solamente en el momento de fabricación del material, sino también en tiempo real, es decir, en el momento de utilización, en respuesta a las necesidades y condiciones cambiantes.

McCarthy *et al.*, en la publicación de solicitud de patente US 2006/0011904, da a conocer una película compuesta en capas que incorpora puntos cuánticos como dopantes programables. Se describen en detalle medios para controlar grandes números de puntos cuánticos con el fin de afectar a las propiedades de relleno de un sustrato cerca de su superficie. El dispositivo puede incorporar conmutadores con el fin de encender y apagar el dispositivo para controlar hilos o controlar ramificaciones de hilo, pero estos conmutadores no se controlan térmicamente. Los autores también observaron que el dispositivo “puede... usarse como un conmutador térmico de estado sólido, es decir, puede conmutarse entre estados térmicamente conductores y térmicamente aislantes, formando el equivalente térmico de un transistor electrónico o reostato”. Sin embargo, la configuración de un conmutador térmico de este tipo no se especifica, por ejemplo, las trayectorias de entrada y salida no se señalan ni se describen, a pesar de que se muestran claramente la fuente, el drenaje y la compuerta de los conmutadores (122) en los hilos de control.

Harrison, “Quantum Wells, Wires, and Dots,” John Wiley & Sons, Ltd. (2000) da a conocer la existencia de un “transistor de efecto campo de gas de electrón bidimensional (TEGFET)... un tipo de transistor de alta movilidad de electrones (HEMT) diseñado para aprovechar la alta movilidad en los planos (x-y) que “surge cuando una ... heterounión es de dopado modulado”. Este diseño incluye el confinamiento cuántico unidimensional de portadores (es decir, confinamiento a lo largo del eje z) que puede producirse en una heterounión (es decir, en la superficie de contacto entre dos materiales distintos eléctricamente). Sin embargo, como los portadores son solo libres para viajar en el plano x-y, y como no hay confinamiento cuántico en la dirección x o y, el confinamiento cuántico unidimensional es accidental en lugar de aprovecharse, y no juega un papel necesario en el funcionamiento del dispositivo. Aunque este dispositivo es, en efecto, un conmutador, no presenta ni una naturaleza óptica ni está controlado térmicamente.

Harrison también da a conocer un efecto conocido como el efecto Stark confinado cuántico, en el que se aplica un campo eléctrico en perpendicular a un pozo cuántico para afectar al nivel de energía de los portadores confinados dentro del mismo. Aunque se conoce que presenta un efecto escaso sobre el espectro de absorción del pozo cuántico, el efecto se aprovecha en sensores en lugar de en conmutadores. Además, Harrison no afirma ni insinúa que el efecto Stark se haya utilizado nunca para modificar el comportamiento de un dispositivo TEGFET o de cualquier otro tipo de conmutador.

Existe otro tipo de conmutador que se basa en el confinamiento cuántico: el transistor con un único electrón o SET. Este consiste en una trayectoria fuente (entrada) que conduce a una partícula de punto cuántico o dispositivo de punto cuántico, y una trayectoria de drenaje (salida) que sale, con un electrodo de compuerta que controla el punto. Con el paso de un electrón a través de la trayectoria de compuerta al dispositivo, el conmutador pasa de un estado cerrado o de conducción a un estado abierto o de no conducción, o viceversa. Sin embargo, los SET no están diseñados para controlar el flujo de energía óptica o térmica y no incorporan conversores descendentes ópticos o filtros de bloqueo de banda.

También existen conmutadores térmicos, que permiten el paso de energía térmica en su estado cerrado o encendido, pero lo impiden en su estado abierto o apagado. Sin embargo, estos conmutadores son relés mecánicos que se basan en el contacto entre dos superficies de conducción (normalmente compuestas por metal) para permitir el paso de calor. Cuando las dos superficies se retiran, no puede conducirse energía térmica entre ellas excepto a través del entrehierro. Si el dispositivo se coloca a vacío, se impide la conducción térmica por completo en el estado abierto. Otro tipo de conmutador térmico implica bombear un gas o un líquido a o fuera de una cámara. Cuando la cámara está llena, conduce el calor. Cuando está vacía, no existe conducción. Concretamente, estos dispositivos no son de estado sólido, ni multifuncionales, ni programables y no se basan en el confinamiento cuántico para su funcionamiento.

También existen conmutadores ópticos. La luz puede bloquearse mediante filtros ópticos que absorben o reflejan determinadas frecuencias de luz al tiempo que permite que otras pasen a través de los mismos. Pueden usarse filtros de paso corto y de paso largo o un intervalo estrecho de frecuencias puede bloquearse mediante un filtro ranura o filtro de bloqueo de banda. Actualmente, algunos filtros también incorporan pozos cuánticos, hilos cuánticos o partículas de punto cuántico.

La adición de un obturador mecánico puede transformar un material, que de otro modo sería transparente, lo que incluye un filtro, en un conmutador óptico. Cuando el obturador está abierto, la luz pasa a su través fácilmente. Cuando el obturador está cerrado, la luz no pasa. Si el obturador mecánico se sustituye por un material oscurecedor por electricidad tal como un cristal líquido, entonces el conmutador es "casi de estado sólido," sin partes en movimiento a excepción de los fotones, electrones y las propias moléculas de cristal líquido. Otros materiales oscurecedores por electricidad, descritos por ejemplo en la patente US nº 7.099.062 de Azens *et al.*, pueden presentar una función similar. Será evidente para un experto habitual en la materia que estas combinaciones de filtro/conmutador ópticas no son pasivas, pero deben hacerse funcionar mediante señales externas.

El documento US nº 6.446.402 B1 da a conocer un dispositivo termocrómico que puede usarse para permitir que la luz solar o la radiación solar entren en un edificio o estructura cuando la temperatura ambiental es baja y bloquea sustancialmente la radiación solar cuando la temperatura ambiental es alta, especialmente cuando la luz solar está directamente en la ventana.

La información incluida en esta sección de antecedentes de la memoria descriptiva, incluyendo cualquier referencia citada en la presente memoria y cualquier descripción o discusión de la misma, se incluye solamente con fines de referencia técnicos y no deben considerarse como el objeto al cual debe limitarse el alcance de la invención.

### Sumario

Por consiguiente, la presente enseñanza proporciona un filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 1. Se definen características ventajosas en las reivindicaciones dependientes.

Por consiguiente, la presente enseñanza proporciona un procedimiento para regular el flujo de luz y calor radiante según la reivindicación 15. Se definen características ventajosas en la reivindicación dependiente.

Otras características, detalles, utilizaciones y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción redactada de manera más particular de diversas realizaciones de la invención tal como se ilustra adicionalmente en los dibujos adjuntos y se define en las reivindicaciones adjuntas.

### Breve descripción de los dibujos

Obsérvese que los elementos íntimamente relacionados presentan los mismos números de elemento en todas las figuras.

La figura 1 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización de un filtro TSOD que representa una capa de material de conversor descendente introducida entre dos filtros de bloqueo de banda y unida a un sustrato transparente. La acción de la luz entrante se representa para el estado frío del filtro TSOD.

La figura 2 es una representación en sección transversal, esquemática de la realización de la figura 1, excepto que la acción de la luz entrante se representa para el estado caliente del filtro TSOD.

La figura 3 es un diagrama de intensidad lumínica frente a longitud de onda que representa el espectro de emisión de la fuente de luz externa, el espectro de fluorescencia o espectro de fotoluminiscencia del conversor descendente en los estados caliente y frío, y el espectro de reflexión de los dos filtros de bloqueo de banda para una implementación de un filtro TSOD.

La figura 4 es una representación en sección transversal, esquemática de otra realización del filtro TSOD, en la que existen orificios en el conversor descendente para permitir que parte de la luz blanca procedente de la fuente externa pase a través del filtro TSOD sin modificación.

La figura 5 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional de un filtro TSOD en la que se han añadido varios componentes opcionales con el fin de mejorar el rendimiento y la estética del dispositivo.

La figura 6 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional del filtro TSOD en la que la luz blanca procedente de la fuente de luz externa se pasa a través de una lente de

concentración antes de llegar al conversor descendente.

La figura 7 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional del filtro TSOD, en la que el sustrato estructural y el reflector de bloqueo de banda se han combinado en un único componente, un atenuador termocrómico se emplea cerca del lado de "exterior del edificio" del dispositivo, y el conversor descendente se ha reubicado en la superficie de "interior del edificio" del dispositivo.

La figura 8 es una representación en sección transversal, esquemática de otra realización del filtro TSOD, en la que el conversor descendente también cumple la función de atenuador termocrómico.

La figura 9 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional del filtro TSOD, en la que un atenuador termocrómico se ubica en la superficie interior del sustrato transparente, mientras que el filtro de bloqueo de banda y el aislante transparente se han combinado como un único componente.

La figura 10 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional del filtro TSOD con aplicación específica potencial en forma de tímpano.

### Descripción detallada

La tecnología dada a conocer está dirigida a la utilización de un conversor descendente óptico termocrómico, junto con uno o más filtros de bloqueo de banda, para crear un filtro óptico de conversión descendente conmutado térmicamente (filtro TSOD, según sus siglas en inglés) que permite que la energía lumínica pase a través del mismo a bajas temperaturas ambientales y reflejarla o radiarla de vuelta a altas temperaturas ambientales. La tecnología es adecuada para su utilización en materiales de construcción tales como tímpanos, ventanas y enlucidos para regular de manera pasiva el calentamiento y enfriamiento de un edificio u otra estructura. Por ejemplo, en invierno, cuando la temperatura de aire ambiental es fría, los materiales de construcción que incorporan un filtro TSOD pueden dejar pasar la mayor parte de la energía solar de la luz solar incidente al interior del edificio para calentar de manera pasiva el edificio. Del mismo modo, en verano, cuando la temperatura de aire ambiental es cálida, los materiales de construcción que incorporan un filtro TSOD pueden bloquear la mayor parte de la energía solar de la luz solar incidente para evitar que pase al interior del edificio y, por tanto, mantener el edificio frío.

Para los fines de este documento, el término "conmutador" incluye dispositivos mecánicos y químicos de estado sólido para bloquear o permitir de manera selectiva el flujo de energía, e incluye tanto conmutadores digitales (por ejemplo, transistores y relés) como reguladores analógicos (por ejemplo, tubos y reostatos). Además, una válvula para bloquear o regular de manera selectiva el flujo de gases o fluidos puede considerarse análoga a un conmutador, de modo que, en principio, los dos términos pueden utilizarse indistintamente. Mediante esta definición, el filtro TSOD es un conmutador óptico de estado sólido, que se desplaza de su estado de transmisión o "abierto" a su estado de bloqueo de reflexión/radiación o "cerrado" basándose en la temperatura del dispositivo.

Para los fines de este documento, el término "pasivo" se refiere a un objeto o dispositivo que responde a condiciones de entorno pero que funciona de manera independiente a señales externas o instrucciones procedentes de un operario. Por tanto, un dispositivo puede incluir varios componentes complejos, incluso partes en movimiento, y seguir estando considerado como "pasivo" para los fines de este documento. De manera similar, la posible existencia de un modo accionado por usuario no altera, de ningún modo esencial, la naturaleza pasiva de un dispositivo de este tipo. Por el contrario, un dispositivo activo es aquel que requiere la entrada de un usuario con el fin de realizar sus funciones normales. (Según estas definiciones, gafas de sol fotosensibles son un dispositivo pasivo, mientras que una bombilla convencional que se hace funcionar mediante un interruptor de pared es un dispositivo activo).

El filtro TSOD incluye un conversor descendente, que absorbe luz entrante (por ejemplo, luz solar) a una variedad de longitudes de onda sobre una gran parte del espectro (que incluye generalmente luz visible, ultravioleta cercana e infrarroja cercana), y emite fluorescencia o fotoluminiscencia de manera que emite luz en un intervalo de longitudes de onda diferente (generalmente infrarrojas, aunque pueden utilizarse otras longitudes de onda en su lugar), a una energía menor (es decir, frecuencia más baja o longitud de onda mayor) que la de la luz absorbida. Se conocen bien muchos materiales de relleno tales como el fósforo que emite fluorescencia o fotoluminiscencia en este sentido. Se conocen particularmente semiconductores por emitir luz a su energía de banda prohibida. También pueden utilizarse estructuras de confinamiento cuántico tales como pozos cuánticos, hilos cuánticos, rayas cuánticas y puntos cuánticos como conversores descendentes. Las estructuras de confinamiento cuántico tienden a presentar una eficacia mucho mayor que los semiconductores, es decir, reemiten un mayor porcentaje de la energía que absorben.

También pueden utilizarse radiadores de cuerpo negro como conversores descendentes. Los radiadores de cuerpo negro no emiten fluorescencia, pero absorben radiación (por ejemplo, luz visible) y la reemiten a longitudes de onda superiores (por ejemplo, infrarrojas). Una forma a modo de ejemplo de un radiador de cuerpo

negro puede ser algo tan sencillo como una pieza de acero u otro metal posiblemente pintado de negro para garantizar la absorción de banda ancha. Otros radiadores de cuerpo negro a modo de ejemplo que pueden utilizarse en un filtro TSOD pueden incluir polímeros y cerámicas coloreados de un color oscuro, estructuras aplanadas y otro tipo de estructuras "de cuerpo negro de precisión" derivadas de lo aeroespacial, o incluso un simple revestimiento de pintura oscura (idealmente negra).

El conversor descendente también puede seleccionarse o diseñarse para ser "termocrómico." Dicho de otro modo, el pico de emisión del material varía con la temperatura. Se conoce que muchos materiales presentan esta propiedad. Los radiadores de cuerpo negro varían su longitud de onda de salida pico según la ley de Wein. Los materiales semiconductores cambian su longitud de onda de emisión o "color" porque la temperatura afecta a su distancia interatómica o parámetro de red y por tanto, altera su banda prohibida eficaz. Sin embargo, la banda prohibida eficaz de estructuras de confinamiento cuántico (normalmente pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos) es una función inversa de su tamaño así como una función de su composición y parámetro de red. Por tanto, estas estructuras también son termocrómicas en cierta medida.

Otro componente del filtro TSOD es un filtro ranura o filtro de bloqueo de banda, que es altamente reflectante de la luz en un intervalo de longitudes de onda particular, y altamente transparente a otras longitudes de onda dentro del espectro en cuestión (normalmente luz UV cercana, visible (VIS) e IR cercana (NIR)). Ejemplos de filtros de bloqueo de banda UV/VIS/NIR incluyen el reflector distribuido de Bragg (DBR), que utiliza capas alternas de dos materiales transparentes con diferentes índices de refracción y un filtro rugoso, que se basa en un índice de refracción que varía con fluidez de una cara del material a la otra. Revestimientos o películas de baja emisividad, por ejemplo, revestimientos de óxido de indio y estaño u otros óxidos de metal también pueden funcionar como filtros de bloqueo de banda. Tal como se utiliza en la presente memoria, los términos "revestimiento" y "película" pueden utilizarse indistintamente y se pretende que cada uno abarque al otro cuando sea aplicable en cualquier implementación particular. También existen láminas de vidrio convencional o vidrio que incluye borosilicato y muchos otros tipos de filtros de bloqueo de banda, que podrían utilizarse en el filtro TSOD con la misma eficacia, y que en este caso no necesitan elaborarse con el fin de expresar completamente las posibles implementaciones del diseño, funciones y utilidad del filtro TSOD. Dado que el filtro de bloqueo de banda es transparente a la luz fuera de su banda eliminada o banda eliminadas, la mayor parte de la luz incidente (por ejemplo, luz solar) que incide sobre el filtro TSOD pasa directamente a través del filtro de bloqueo de banda con muy poca atenuación o reflexión. En la técnica anterior, se conocen bien los filtros de bloqueo de banda ópticos, infrarrojos y ultravioleta, y no necesitan elaboración en este caso.

Muchas realizaciones del filtro TSOD también incluyen un filtro termocrómico o atenuador, que se define como cualquier material, objeto, dispositivo o mecanismo cuya transmisividad a la radiación entrante (por ejemplo, luz visible) varía con la temperatura. Por ejemplo, puede utilizarse como atenuador un cristal líquido termotrópico, asociado con un polarizador en cada superficie. Generalmente, esta estructura es transparente, pero se vuelve negra (absorbente) por encima de una temperatura umbral, conocido como punto indicador, o en presencia de un campo eléctrico.

En muchas implementaciones, el conversor descendente en su estado frío absorbe luz blanca que pasa a través del filtro de bloqueo de banda y emite luz monocromática (por ejemplo, luz infrarroja cercana a una longitud de onda de 2000 nm). Esta luz se emite por la capa de conversor descendente en todas las direcciones, pero la inmensa mayoría de esta emisión es básicamente normal o perpendicular al filtro TSOD. El cincuenta por ciento de esta luz pasa hacia dentro y el otro 50% pasa hacia fuera. Sin embargo, si el pico de longitud de onda de emisión del conversor descendente se encuentra dentro de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda, esta luz se refleja de vuelta a través del conversor descendente de nuevo. Por tanto, la luz blanca que pasa a través del filtro TSOD se transforma en una luz de menor frecuencia/mayor longitud de onda, que se impide que se escape de vuelta por el camino por el que entró. Esta luz pasa entonces a través de un segundo filtro de bloqueo de banda, cuya banda eliminada se ha seleccionado de manera que la luz monocromática pasa a través del mismo sin atenuar en el estado frío.

Sin embargo, cuando el conversor descendente está por encima de una temperatura umbral, su pico de emisión varía de manera que se encuentra fuera de las bandas eliminadas de ambos filtros de bloqueo de banda. En este caso, como ningún filtro refleja la luz monocromática, la mitad de las emisiones del conversor descendente se radian al dispositivo y la otra la mitad se radian fuera. Por tanto, la energía total transmitida por el dispositivo es la mitad de lo que era en el estado frío.

Finalmente, cuando el conversor descendente está por encima de una segunda temperatura umbral, su pico de emisión se encuentra fuera de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda exterior, y dentro de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda interior. En este caso, se permite que la luz monocromática que se radia fuera del dispositivo se vaya, mientras que la luz monocromática que se radia al dispositivo se refleja de vuelta de nuevo. Por tanto, muy poca de la energía lumínica incidente que incide sobre el dispositivo se permite que pase a través del mismo. En cambio, se transforma en luz monocromática y a continuación se refleja.

Como resultado, el filtro TSOD exhibe tres comportamientos distintos: a baja temperatura pasa energía lumínica

a través del mismo. A temperatura intermedia refleja o radia aproximadamente la mitad de la energía lumínica que incide sobre el mismo, y transmite la otra mitad. A temperatura alta, refleja o radia casi toda de la energía lumínica incidente. Por tanto, el filtro TSOD puede utilizarse para regular las temperaturas internas de edificios y otras estructuras controlando la cantidad de radiación solar que absorben.

El filtro TSOD presenta una aplicación particular, pero no exclusiva al regular las temperaturas de edificios controlando la cantidad de radiación solar que absorben. Además, es posible potenciar el rendimiento del filtro TSOD mejorando su absorción de luz en estado frío o rechazo de luz en estado caliente, o reduciendo su conductividad térmica. Además, es posible aumentar la transparencia del filtro TSOD ajustando el grosor, densidad óptica o disposición de la capa de conversor descendente (por ejemplo, alternando franjas o huecos de material de conversor descendente con material transparente). Por tanto, el filtro TSOD puede verse potenciado funcionalmente para determinadas aplicaciones a través de la adición de características opcionales tales como aletas, colimadores, difusores, atenuadores, revestimientos antireflectantes, lentes de concentración, entrehierros o huecos de vacío, o aislantes térmicos translúcidos incluyendo, pero no limitándose a vidrio espumado y aerogeles de sílice.

Aunque los materiales y estructuras del filtro TSOD pueden ser rígidos, no existe un requisito de rigidez para que realice las funciones descritas en la presente memoria. Además, aunque diversos componentes del filtro TSOD se muestran y describen como que están unidos o en contacto físico directo, el filtro TSOD también funcionará si los componentes son meramente adyacentes pero están separados físicamente. Por tanto, aunque el filtro TSOD puede realizarse como un objeto sólido (por ejemplo, un ladrillo, tímpano o panel móvil) o grupo de objetos sólidos (por ejemplo, componentes fijados a una mesa de trabajo óptica), también puede realizarse como un objeto flexible tal como, por ejemplo, un material de carpa, manta, cortina o una película bordada que puede aplicarse a la superficie de ventanas de vidrio, tímpanos o materiales de construcción de bloque de vidrio.

Aunque el control máximo sobre transporte de energía para el filtro TSOD se produce cuando la longitud de onda de salida del conversor descendente lo más grande posible, la longitud de onda de salida puede seleccionarse para que se produzca dentro del espectro visible por razones estéticas, o como una fuente de luz útil. La longitud de onda de salida del conversor descendente puede elegirse adicionalmente para proporcionar una longitud de onda de emisión para una catálisis óptima de reacciones químicas o bioquímicas. Por ejemplo, la longitud de onda de emisión puede optimizarse para estimular la fotosíntesis o el bronceado, o para producir efectos ópticos particulares tales como la excitación de un cristal, como en un láser. Debido a las propiedades fotoluminiscentes del conversor descendente, la salida de luz de colores del filtro TSOD es significativamente más brillante de lo que podría conseguirse simplemente haciendo pasar luz blanca a través de un filtro de colores. Además, es posible añadir un "color" reflectante a la superficie del dispositivo, con un efecto mínimo sobre su eficacia, añadiendo uno o más filtros de bloqueo de banda adicionales para reflejar longitudes de onda de luz particulares. Las propiedades ópticas resultantes no parecen mucho a las de cualquier otro material de construcción.

La figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de una realización del filtro TSOD 100 que representa una capa 102 de conversor descendente introducida entre dos filtros de bloqueo de banda 101 y 103, y unida a un sustrato transparente 104. En el caso más general la fuente de luz externa será luz blanca, es decir, luz con intensidad significativa a través de un ancho de banda significativo del espectro visible, UV cercana e IR cercana. En una utilización a modo de ejemplo del filtro TSOD 100, la fuente de luz externa es el sol. Sin embargo, el filtro TSOD 100 también funcionará cuando la fuente de luz externa no sea blanca, como por ejemplo la energía radiante difusa del cielo azul.

En primer lugar, la luz entrante pasa a través del filtro de bloqueo de banda exterior 101. En una realización, el filtro de bloqueo de banda presenta una banda eliminada extremadamente estrecha (ancho de banda de 100 nm o menos) en la parte infrarroja del espectro (es decir, longitudes de onda de 750 nm o superiores). Formas del filtro de bloqueo de banda 101 a modo de ejemplo incluyen un reflector distribuido de Bragg (DBR) o filtro rugoso. Ambos tipos de reflectores pueden estar realizados de una variedad de materiales. En implementaciones a modo de ejemplo, el filtro de bloqueo de banda 101 puede ser un DBR compuesto por capas alternas de dos polímeros transparentes diferentes, tales como poliestireno (PS) y polimetilmetacrilato (PMMA). Un experto en la materia comprenderá que estas capas pueden formarse mediante una variedad de técnicas de deposición convencionales que no necesitan elaborarse en este caso. Sin embargo, en implementaciones a modo de ejemplo, estas capas pueden formarse mediante un revestimiento giratorio de capas sobre un sustrato con líquidos que consisten en un único polímero disuelto en un disolvente.

La parte del espectro entrante que se encuentra dentro de la banda eliminada se refleja hacia fuera mediante el filtro de bloqueo de banda 101. Sin embargo, el ancho de banda y la longitud de onda central de la banda eliminada se seleccionarán generalmente de manera que estas pérdidas de reflexión se minimicen. Por ejemplo, solamente el 2% del espectro solar a nivel del mar se produce entre las longitudes de onda de 2000 y 2200 nm. Por tanto, un filtro de bloqueo de banda que refleje luz en este intervalo transmitirá, no obstante, hasta el 98% de luz solar entrante.

Una vez que ha pasado a través del filtro de bloqueo de banda exterior 101, la luz entrante (por ejemplo, luz



solar) entra en el convertidor descendente 102, que es un dispositivo o material que absorbe luz de alta energía a una variedad de longitudes de onda y reemite la luz en una banda estrecha, única de longitudes de onda que son siempre iguales a o mayores que las longitudes de onda absorbidas. Por ejemplo, un convertidor descendente 102 a modo de ejemplo con un pico de emisión a 2000 nm absorberá la luz con una longitud de onda más corta que esta, y reemitirá la energía en una banda Gaussiana, estrecha de aproximadamente 2000 nm. En general, el convertidor descendente 102 será transparente a longitudes de onda mayores que su pico de emisión, de modo que cuando se expone a la luz solar que pasa a través del filtro de bloqueo de banda exterior 101, el convertidor descendente 102 a modo de ejemplo permitirá que la radiación entrante con una longitud de onda superior a 2000 nm, aproximadamente el 7% de la energía total, pase a través del mismo sin atenuarse.

Una variedad de dispositivos y materiales exhiben este comportamiento, incluyendo cuerpos negros que absorben y vuelven a radiar térmicamente y semiconductores de relleno cuyo pico de emisión se produce en su energía de banda prohibida. Sin embargo, estructuras de confinamiento cuántico tales como pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos presentan generalmente una eficacia óptica más alta que los semiconductores de relleno, de modo que la mayoría de la luz entrante se absorbe y transforma, reflejándose hacia fuera solamente una pequeña parte, transmitida a través de o disipada como calor residual. En algunas implementaciones, el convertidor descendente 102 consiste en una pluralidad de partículas de punto cuántico embebidas en un polímero transparente. Sin embargo, el convertidor descendente también podría ser un pozo cuántico, una disposición de hilos cuánticos, un material de relleno tal como un semiconductor, un material fotónico estructurado o dopado, o un elemento de absorción/radiación de cuerpo negro.

La estructura, composición, fabricación y función de las partículas de punto cuántico se enseña generalmente en la publicación de solicitud de patente US 2003/0066998 de Lee *et al.*, que se incorpora a la presente memoria a modo de referencia a pesar de que se explica al completo a la presente memoria. La estructura, composición, fabricación y función de dispositivos de punto cuántico a modo de ejemplo se enseña en la patente US nº 5.889.288 de Futatsugi, que se incorpora a la presente memoria a modo de referencia a pesar de que se adjunta al completo a la presente memoria. La estructura, composición y fabricación de matrices de punto cuántico que pueden dirigirse se enseña en la patente US nº 6.978.070 de McCarthy *et al.*, que se incorpora a la presente memoria a modo de referencia a pesar de que se adjunta al completo a la presente memoria. Se comprenderá por un experto habitual en la materia que cualquier estructura de confinamiento cuántico o dispositivos empleado en el filtro TSOD como convertidor descendente puede presentar un diseño diferente que aquellos descritos por Lee *et al.*, Futatsugi, y McCarthy *et al.*, al tiempo que sigue realizando la función esencial de conversión descendente óptica.

La acción de la luz entrante se representa en la figura 1 para el estado frío del filtro TSOD 100. El convertidor descendente 102 absorbe la luz entrante y reemite a una longitud de onda que está dentro de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda exterior 101. Por tanto, cualquier luz emitida por el convertidor descendente 102 en la dirección hacia fuera se refleja de vuelta al dispositivo. Sin embargo, en el estado frío la longitud de onda de salida del convertidor descendente 102 está fuera de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda interior 103. Por tanto, cualquier luz emitida por el convertidor descendente en la dirección hacia dentro se hace pasar a y a través del sustrato transparente 104.

La figura 2 es una vista en sección transversal, esquemática de la realización de la figura 1, excepto en que la acción de la luz entrante se representa para el estado caliente del filtro TSOD 100. El convertidor descendente 102 absorbe la luz entrante y reemite a una longitud de onda que está fuera de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda exterior 101. Por tanto, cualquier luz emitida por el convertidor descendente 102 en la dirección hacia fuera se permite que escape. Sin embargo, en el estado caliente la longitud de onda de salida del convertidor descendente 102 está dentro de la banda eliminada del filtro de bloqueo de banda interior 103. Por tanto, cualquier luz emitida por el convertidor descendente 102 en la dirección hacia dentro se refleja de vuelta, y no alcanza o pasa a través del sustrato transparente 104.

Por tanto, en su estado frío el filtro TSOD 100 transmite la mayor parte de la energía lumínica que incide en su superficie exterior, reemitiéndola como luz de longitud de onda mayor (por ejemplo, luz infrarroja) a través de la superficie interior, mientras que en el estado caliente, el filtro TSOD 100 reemite esta energía de vuelta a través de la superficie exterior, rechazándola o reflejándola de manera eficaz hacia fuera. Como resultado, el filtro TSOD 100 puede utilizarse para regular el flujo de luz o calor radiante en una estructura basándose en la temperatura del filtro TSOD 100.

A partir de la descripción anterior, un experto habitual en la materia comprobará que en esta realización, el sustrato transparente 104 está presente solamente por razones de soporte estructural y conveniencia. Este componente puede eliminarse sin alterar significativamente la función del filtro TSOD 100. Alternativamente, el sustrato transparente 104 podría colocarse en la superficie exterior del filtro TSOD 100 en lugar de la superficie interior, o los sustratos transparentes 104 podrían colocarse en ambas superficies, o incluso insertarse entre una o más de las capas funcionales del filtro TSOD 100, sin alterar significativamente su función. Además, si el sustrato transparente 104 se ubica en la superficie interior del dispositivo tal como se muestra en las figuras 1 y 2, no necesita ser transparente para todas las longitudes de onda, y, de hecho, puede ser un filtro de paso largo,

de paso corto o de paso de banda siempre y cuando la longitud de onda de salida del conversor descendente 102 se encuentre dentro del paso de banda del sustrato 104. Dicho de otro modo, el sustrato 104 solamente necesita ser transparente para las longitudes de onda emitidas por el conversor descendente 104 en su estado frío. Sin embargo, por motivos de conveniencia y coste, generalmente será más sencillo de utilizar un material transparente habitual tal como vidrio o una sustancia acrílica como sustrato 104.

La figura 3 es un diagrama de intensidad lumínica frente a longitud de onda que representa el espectro de emisión de la fuente de luz externa, el espectro de fluorescencia o espectro de fotoluminiscencia del conversor descendente 102 en los estados caliente y frío y el espectro de reflexión de los dos filtros de bloqueo de banda 101 y 103 de una implementación de un filtro TSOD 100. A medida que la temperatura del filtro TSOD 100 varía, el pico de emisión del conversor descendente 102 se desplaza hacia atrás y hacia delante, encontrándose dentro de la banda de reflexión del filtro de bloqueo de banda exterior 101 a una temperatura baja y dentro de la banda de reflexión del filtro de bloqueo de banda interior 103 a una temperatura alta. A temperaturas intermedias, la banda de emisión puede encontrarse fuera de las bandas de reflexión de ambos filtros 101, 103. Sin embargo, bajo ninguna circunstancia se encuentra dentro de las bandas de reflexión de ambos filtros. Por tanto, dependiendo de la temperatura del filtro TSOD 100, la luz emitida por el conversor descendente 102 o bien se refleja dentro, o bien se refleja fuera, o bien se radia de igual manera en ambas direcciones.

Aunque por motivos de conveniencia el filtro interior 103 se describe como un filtro de bloqueo de banda, puede sustituirse por un filtro de paso largo cuya banda eliminada presenta la misma longitud de onda de corte superior que el filtro de bloqueo de banda equivalente, pero cuya longitud de onda de corte inferior se extiende, en principio, hasta cero. Esto no afectará el funcionamiento esencial del filtro TSOD 100, aunque impedirá que el filtro TSOD 100 transmita a longitudes de onda demasiado largas como para absorberse por el conversor descendente 102.

Asimismo, es posible diseñar una realización del filtro TSOD 100 en la que el conversor descendente 102 no es termocrómico, es decir, exhibe un único pico de emisión para todas las temperaturas. En este caso, el filtro de bloqueo de banda exterior 101 y el filtro de bloqueo de banda interior 103 deben ser, en cambio, termocrómicos. Esto se producirá, por ejemplo, en un reflector distribuido de Bragg compuesto por materiales con un coeficiente muy alto de expansión térmica. Tales efectos pueden ser difíciles de emplear excepto sobre intervalos de temperatura muy amplios, pero una realización de este tipo puede ser apropiada para determinadas aplicaciones.

La figura 4 es una representación en sección transversal esquemática de otra realización del filtro TSOD 100, en la que existen huecos 105 en el conversor descendente 102 para permitir que parte de la luz blanca procedente de la fuente externa pase a través del filtro TSOD 100 sin modificación. Estos huecos 105 pueden adoptar la forma de orificios o franjas, o alternativamente el propio material de conversor descendente puede aplicarse en franjas o puntos. Debe observarse que si el conversor descendente 102 consiste en un líquido o material particulado (por ejemplo, una pluralidad de puntos cuánticos suspendidos en un polímero transparente), este material podría disolverse en un disolvente y "pintarse encima" a través de una plantilla perforada con una pluralidad de orificios. Entonces, como con cualquier otra pintura, el disolvente podrá evaporarse, dejando atrás el material de conversor descendente en un patrón de puntos, o cualquier otro patrón que contenga la plantilla. Sin embargo, un experto habitual en la materia comprenderá que existen numerosos procedimientos alternativos para conformar los huecos 105 que no necesitan elaborarse en este caso. Esta realización puede ser útil, por ejemplo, en ventanas que se necesita que ofrezcan una vista relativamente clara desde dentro hacia fuera. En este caso, la atenuación u obstrucción del conversor descendente 102 sería similar a mirar a través de una pantalla de ventana normal.

La utilización de un conversor descendente 102 con huecos 105 en lugar de un conversor descendente uniforme aumenta la transmisión de energía a través del filtro TSOD 100 bajo todas las condiciones, y por tanto reduce la capacidad del filtro TSOD 100 a rechazar el calor radiante en su estado caliente. Sin embargo, esta disposición puede ser ventajosa bajo circunstancias en las que rendimiento en estado frío es más importante que rendimiento en estado caliente.

La figura 5 es una representación en sección transversal, esquemática de una realización adicional del filtro TSOD 100 en la que se han añadido varios componentes opcionales con el fin de mejorar el rendimiento y la estética del dispositivo. El funcionamiento del filtro de bloqueo de banda exterior 101, conversor descendente 102, filtro de bloqueo de banda interior 103 y sustrato transparente 104 es idéntico al descrito para las figuras 1 y 2. Sin embargo, cada uno de los componentes opcionales cumple una nueva función que afecta al rendimiento y/o la estética del dispositivo en general. Todos estos componentes opcionales funcionan de manera independiente uno con respecto a otro, es decir, ninguno de ellos depende de ningún otro componente opcional con el fin de realizar su función. Por motivos de conveniencia, esta realización se describirá tal como se muestra en la figura 5 con todos los componentes opcionales en su sitio simultáneamente, pero un lector experto en la materia comprenderá que con algunos componentes opcionales presentes y otros no, las modificaciones posibles son extremadamente numerosas y no necesitan comentarse de manera individual.

Antes de que la luz entre en el filtro de bloqueo de banda exterior 101, en primer lugar, pasa a través de un conjunto de aletas 108. En la realización más sencilla, estas aletas 108 son tiras paralelas, horizontales de un material opaco, reflectante o translúcido que permite que la luz entrante pase a su través sin verse afectada cuando incide en un ángulo que es perpendicular o casi perpendicular a la superficie del filtro TSOD 100, pero limitan, bloquean, absorben, reflejan o atenúan la luz que incide en un ángulo más cercano a la paralela de la superficie del dispositivo. En el caso en el que la luz entrante sea luz solar y el filtro TSOD 100 se oriente verticalmente (por ejemplo, como parte de una pared o ventana), esta disposición permitirá que entre más luz cuando el sol está bajo en el cielo (por ejemplo, durante el invierno), y permitirá que entre menos luz cuando el sol está alto (por ejemplo, en el verano). Por tanto, el filtro TSOD 100 presenta una capacidad mejorada para excluir calor radiante de fuera en tiempo cálido. Un experto habitual en la materia comprenderá que estas aletas pueden asumir una variedad de otras formas sin alterar su función esencial. Podrían presentar una forma diferente que la mostrada en este caso, incluyendo cuñas y cilindros opacos, o lentes transparentes de una variedad de formas. Alternativamente, podrían utilizarse una red de difracción, lentes Fresnel u otros elementos ópticos unidos o integrados en la superficie del filtro TSOD 100 para difuminar la luz entrante de manera que solamente se permita que los fotones que entran al dispositivo en ángulos particulares alcancen el conversor descendente 102.

Después de pasar a través de las aletas 108, la luz entrante, a continuación, entra en un colimador 107. El fin del colimador 107 es "enderezar" la luz entrante de modo que toda viaje en perpendicular a las capas del filtro TSOD 100 al tiempo que permanece dentro del colimador 107. Para conversores descendentes 102 o filtros de bloqueo de banda 101, 103 que incorporan disposiciones similares a cristal periódicas de granos microscópicos, células, partículas o capas, el ángulo de incidencia puede presentar un efecto significativo sobre las propiedades ópticas, y la adición de un colimador 107 puede ayudar a reducir tales efectos cuando no se desean. Formas a modo de ejemplo de un colimador 107 pueden incluir una disposición de cilindros huecos, fibras ópticas fusionadas, o el mineral ulexita (también conocida como "piedra TV"), aunque también existen otras formas.

Después de pasar a través del colimador 107, la luz entrante entra en un atenuador 106. La forma más sencilla de atenuador 106 es un filtro de densidad neutra que bloquea un porcentaje de la luz entrante en todas las longitudes de onda, reduciendo por tanto la intensidad de la luz sin afectar significativamente a su espectro. La adición de un atenuador 106 de este tipo reducirá la transmisión de energía lumínica a través del filtro TSOD 100 en todos los estados de temperatura, limitando por tanto la capacidad del filtro TSOD 100 de dirigir el calor radiante en el estado frío. Esto puede ser ventajoso en aplicaciones en las que el rendimiento en estado caliente es más importante que el rendimiento en estado frío. El lector experto en la materia observará que para algunas aplicaciones puede ser ventajoso colocar otros componentes, tales como el atenuador 106 o conversor descendente 102 en el interior del colimador 107, aunque no se muestra de este modo en la figura 5.

Alternativamente, en otras aplicaciones puede ser más favorable utilizar un atenuador 106 con densidad no neutra, es decir, un filtro de color. Por ejemplo, un filtro de paso corto podría utilizarse para reflejar hacia fuera longitudes de onda de luz demasiado largas para absorberse y volver a radiarse por el conversor descendente 102, ya que estas longitudes de onda no pueden controlarse por la conmutación basada en temperatura del filtro TSOD 100. El atenuador 106 también puede ser un filtro de bloqueo de banda tal como un reflector distribuido de Bragg o filtro rugoso que refleja la luz dentro de un intervalo estrecho de longitudes de onda. Esto reducirá ligeramente la cantidad de energía disponible para el conversor descendente 102, lo que puede ser ventajoso para determinadas aplicaciones, y también proporcionará un "color" reflectante para la superficie exterior del filtro TSOD 100, que puede desempeñar un fin estético cuando el color se encuentre dentro del espectro visible.

En aún otras circunstancias, el atenuador 106 puede ser un material o dispositivo oscurecedor por luz, fotocromático, oscurecedor por electricidad o electrocromático, además de hardware de soporte que puede requerirse para hacerlo funcionar (por ejemplo, una célula fotovoltaica, un sensor de temperatura y un circuito de control para dar luz y oscurecer un filtro electrocromático basado en electrolito). El atenuador 106 puede ser, incluso, un atenuador mecánico tal como un obturador, una cortina o un conjunto de listones, más cualquier sensor, fuentes de alimentación y sistemas de control necesarios para hacerlo funcionar (por ejemplo, una bobina de dos metales sensible a la temperatura tal como las que se encuentran en determinados tipos de termómetros). También es posible incluir múltiples atenuadores de diversos tipos dentro del mismo filtro TSOD 100.

En una realización el atenuador 106 puede ser un material termocromático u oscurecedor térmico con transmisión, absorción y/o espectros de reflexión que son en función de la temperatura. Formas a modo de ejemplo de material termocromático incluyen óxido de zinc (que cambia de transparente a amarillo cuando se calienta y refleja luz), cristales líquidos (que pueden formularse para absorber o reflejar un porcentaje de la luz visible incidente por encima de una temperatura umbral dada), y óxidos de vanadio dopados con tungsteno (que reflejan la luz por encima de una temperatura umbral, determinada en parte por el porcentaje de tungsteno en la composición del material).

Una vez la luz entrante ha sido sometida a reducción de conversión a luz monocromática en el conversor descendente 102, y ha pasado a través del filtro de bloqueo de banda interior 103 y sustrato transparente 104, la

luz pasa entonces a través de un filtro de color 109 cuyo fin es proporcionar un color reflectante a la superficie interior del filtro TSOD 100 con fines estéticos. En una forma, el filtro de color 109 puede ser un filtro de bloqueo de banda con una banda eliminada que se encuentra dentro del espectro visible. Sin embargo, el filtro de color 109 también puede ser un filtro de paso largo, de paso corto o de paso de banda, o combinación de filtros apilados (es decir, añadidos). Siempre y cuando la banda eliminada o bandas eliminadas del filtro de color 109 no incluyan las longitudes de onda de salida del conversor descendente 102, el funcionamiento del filtro TSOD 100 no se verá afectado, y la capacidad del dispositivo para transmitir energía en su estado frío o rechazar energía en su estado caliente no se verá reducida.

Otro componente opcional es un reflector externo 112 aumentar la zona de recogida de luz del filtro TSOD 100, en la misma manera que un espejo telescópico aumenta la zona de recogida de luz del objetivo. El reflector externo 112 podría adoptar virtualmente cualquier forma y presentar una variedad de posiciones externas demasiado numerosas como para su elaboración en este caso. La forma más simple a modo de ejemplo del reflector externo 112 es un espejo habitual colocado en el suelo, que refleja la luz hasta el filtro TSOD 100. Un componente de este tipo es o bien una mejora externa o está integrado en el filtro TSOD 100 en lugar de un componente del propio dispositivo, pero algunas realizaciones pueden incluir un reflector 112 de este tipo como un componente solidario al filtro TSOD 100.

Otra mejora opcional, no ilustrada en la figura 5, es aplicar revestimientos antireflectantes a la superficies de cualquiera o de todos los componentes en el filtro TSOD, la mayor parte particularmente aquellos expuestos al aire de fuera o a los entrehierros internos, huecos de gas (por ejemplo, huecos llenos de argón o kriptón), o huecos de vacío, u otras superficies de contactos en las que el índice de refracción de un material es significativamente diferente del índice de refracción de su vecino. La utilización del término "entrehierro" en la presente memoria pretende incluir entrehierros, huecos de gas y huecos de vacío en colectivo y debe interpretarse como tal a menos que se especifique lo contrario explícitamente. En general, tales revestimientos son microscópicamente delgados, y varían ampliamente en composición dependiendo de la aplicación exacta y de los índices de refracción de los dos materiales que se juntan. Esta técnica se describe bien en la técnica anterior y no necesita elaborarse en este caso.

La figura 6 es una representación esquemática de una realización adicional del filtro TSOD 100, en la que la luz blanca procedente de la fuente de luz externa se hace pasar a través de una lente de concentración 110 antes de que incida sobre el filtro de bloqueo de banda exterior 101 y el conversor descendente 102. El fin de la lente de concentración 110 es proyectar la luz entrante desde una zona grande de lente sobre una zona pequeña de filtro de bloqueo de banda 101 y conversor descendente 102, o bien aumentar la eficacia óptica aumentando localmente la intensidad de la luz, o disminuyendo los requisitos de material permitiendo filtros de bloqueo de banda 101, 103 y de conversor descendente 102 más pequeños. Esta lente 110 puede asumir una variedad de formas, desde diseños cóncavos y convexos convencionales a formas esféricas, cónicas, cilíndricas u otras diseñadas para concentrar la luz de diferentes maneras, o en diferentes regiones o en diferente medidas, y puede ser una serie de lentes complejas, tal como en una cámara o telescopio.

Dado que la luz concentrada (por ejemplo, luz solar concentrada) conlleva a menudo un peligro de provocar fuego o daños, esta realización también puede incluir un difusor o lente desconcentradora 111 para impedir que la luz salga del filtro TSOD 100 en un haz concentrado. Como la lente de concentración 110, el difusor 111 podría asumir una variedad de formas, aunque estas son menos limitadas que las posibles formas de la lente de concentración ya que la luz desconcentradora o difusora es una aplicación menos demandada. Sin embargo, si el difusor 111 no está incluido, el filtro TSOD 100 presenta aplicaciones como generador de haces infrarrojos, similar en algunos aspectos a un láser (pero no coherente), que podrían utilizarse por ejemplo en dispositivos de cocina y de calentamiento conmutables tales como calentadores de agua que funcionan sobre una distancia modesta.

Un lector experto en la materia observará que el filtro TSOD 100 en cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente, puede funcionar en capacidad degradada con uno de sus filtros de bloqueo de banda eliminado. Con el filtro de bloqueo de banda exterior 101 fuera, el filtro TSOD 100 seguiría funcionando normalmente en sus estados caliente e intermedio, pero no captaría energía tan eficazmente en su estado frío. Es decir, el estado frío se comportará del mismo modo que el estado intermedio, captando aproximadamente la mitad de la energía incidente y radiando el resto de vuelta hacia fuera. Una realización de este tipo puede ser más fácil o menos cara para construir y desarrollar en climas cálidos, en los que el rendimiento en estado frío no es un problema significativo.

Con el filtro de bloqueo de banda exterior 101 presente pero el filtro de bloqueo de banda interior 103 fuera, el filtro TSOD 100 funcionaría normalmente en los estados frío e intermedio, pero no rechazaría energía lumínica tan eficazmente en su estado caliente. Dicho de otro modo, el estado caliente se comportará del mismo modo que el estado intermedio, radiando hacia fuera aproximadamente la mitad de la energía incidente, al tiempo que permite que la otra mitad pase a través del dispositivo. Una realización de este tipo puede ser más fácil o menos cara para construir y desarrollar en climas fríos, en los que el rendimiento en estado caliente no es un problema significativo. En ambos casos, la conmutabilidad del dispositivo puede mejorarse cuando un atenuador

termocrómico 106 se incluye como parte del filtro TSOD 100.

En una realización a modo de ejemplo, la lente de concentración 110 y la lente desconcentradora 111 pueden estar realizadas de un polímero transparente, plano tal como PMMA, grabado con un patrón Fresnel, mientras que los filtros de bloqueo de banda 101, 103, y 109 pueden ser DBR compuestos por múltiples capas de polímeros transparentes (por ejemplo, PS y PMMA), y el convertor descendente 102 puede estar realizado de partículas semiconductoras de punto cuántico (por ejemplo, nanopartículas de telurio de cadmio) suspendidas en un polímero transparente tal como PS. Las aletas 108 pueden estar realizadas de un polímero blanco, reflectante; el colimador 107 puede estar realizado de fibra ópticas fusionadas; y el sustrato transparente 104 puede estar realizado de polímero transparente. El atenuador 106 puede estar realizado de una película de vanadio dopado con dióxido de tungsteno. El filtro TSOD 100 al completo puede formar un panel rígido o película de bordado flexible que puede fijarse a materiales de construcción transparentes tales como ventanas, tímpanos de vidrio y bloques de vidrio, o bien como una actualización de las estructuras existentes o como una estructura de edificio que puede instalarse de manera independiente.

Alternativamente, la lente de concentración 110 y la lente desconcentradora 111 pueden combinarse como un único componente, tal como por ejemplo un vástago transparente o fibra óptica que es delgado en el medio y se ensancha en ambos extremos. Una disposición de este tipo hace posible sustituir componentes transparentes (por ejemplo, el sustrato 104) con componentes opacos que se penetran completamente por un conjunto de fibras ópticas. Esto puede realizarse por razones de coste, mejor aislamiento, resistencia estructural o por otras razones.

La figura 7 es una representación esquemática de una realización adicional del filtro TSOD 100, en el que el filtro de bloqueo de banda interior 103 se ha retirado y el filtro de bloqueo de banda exterior 101 se ha combinado con el sustrato transparente 104 como un único componente. Además, el convertor descendente 102 se ubica en o cerca de la superficie "interior del edificio" y un atenuador termocrómico 106 se ubica en o cerca de la cara hacia el sol de "exterior del edificio" del dispositivo.

Para los fines de este documento, el término "atenuador termocrómico" debe entenderse como que incluye no solamente dispositivos pasivos que cambian el color, opacidad, atenuación o reflectividad en respuesta a la temperatura, sino también dispositivos complejos con múltiples componentes. Por ejemplo, un atenuador electrocrómico, combinado con una fuente de alimentación, sistema de control y sensor de temperatura cumplirían la misma función que un material termocrómico de manera natural y pueden utilizarse indistintamente con el mismo, aunque el dispositivo no se muestra de ese modo en la figura 7.

En esta realización, la luz blanca entra en el atenuador 106, en el que se absorbe o refleja en el estado caliente, de modo que se permite que mínima o ninguna radiación entre al interior del filtro TSOD 100. En el estado frío, el atenuador termocrómico 106 es más transparente, de modo que la radiación (por ejemplo, luz solar) se permite que pase a través del sustrato transparente 104 e incida en el convertor descendente 102.

A diferencia de otras realizaciones, el convertor descendente termocrómico 102 en esta realización transforma la radiación entrante en una longitud de onda infrarroja mayor (normalmente  $> 5000$  nm) de manera que a bajas temperaturas su radiación de salida se refleja por el sustrato 104. Esto permite que el sustrato 104 actúe como un filtro de bloqueo de banda 101, de modo que toda la salida del convertor descendente 102 se refleja hacia fuera desde el interior del filtro TSOD 100 y fuera a través de la superficie interior. A temperatura más alta, la salida del convertor descendente 102 varía hacia frecuencias más cortas, hasta que se cruza una temperatura umbral y la radiación emitida empieza a exceder la longitud de onda de corte del sustrato 104, y por tanto a encontrarse dentro de su paso de banda. Para elementos de vidrio y de plástico transparentes, este paso de banda se produce entre las longitudes de onda de aproximadamente 200 nm y aproximadamente 5000 nm. Dicho de otro modo, el sustrato puede transmitir radiación entre estas dos longitudes de onda, y opaco (habitualmente reflectante) a la radiación de mayor o más corta longitud de onda. Sin embargo, en el estado caliente el atenuador 106 limitará o impedirá que la radiación alcance el convertor descendente 102 y por tanto que se reemita.

Una ventaja de esta disposición es que la superficie de "interior del edificio" del convertor descendente 102 puede pintarse de cualquier color, usando prácticamente cualquier pintura, sin alterar la función esencial del convertor descendente 102. Esto es análogo a pintar radiador de vapor antiguo. Alternativamente, la superficie interior puede cubrirse con yeso, estuco u otro tratamiento, con o sin un pigmento.

Además, esta realización incluye una capa de aislamiento transparente 113 opcional. En una realización modo de ejemplo, este aislante podría consistir en aerogel de sílice, posiblemente encapsulado por materiales transparentes. Sin embargo, también pueden utilizarse otros materiales transparentes, incluyendo pero no limitándose a, camas de vidrio o polímero o esferas huecas, plástico de burbujas o láminas de material transparente apiladas de manera secuencial, o bien rígidas o bien flexibles, que interrumpan la conducción y convección de calor al tiempo que presentan poco efecto sobre la transmisión radiante de luz visible e infrarroja cercana.

La figura 8 es una representación esquemática de aún otra realización, en la que el sustrato transparente 104 y el filtro de bloqueo de banda exterior 101 se han combinado en un único componente como en la figura 7, y además el conversor descendente 102 y el atenuador termocrómico 106 se han combinado en un único componente.

En esta forma de realización, el atenuador 106 puede adoptar la forma de un material termocrómico o electrocrómico que es reflectante (por ejemplo, blanco, metálico o espejado) en el estado caliente y absorbente (por ejemplo, negro) en el estado frío. Para fines a modo de ejemplo, la figura 8 muestra el atenuador 106 como un material electrocrómico cuyo color se controla mediante una fuente de alimentación 115, un sensor de temperatura 116 y un controlador 117. En una implementación la fuente de alimentación 115 es una célula fotovoltaica, el sensor de temperatura 116 es un sensor electrónico de estado sólido tal como un termopar, el atenuador 106 y conversor descendente 102 consiste en un material electrocrómico bicolor, de contraste alto tal como "papel electrónico," y el controlador 117 circuito impreso conectado a la fuente de alimentación 115 y el sensor de temperatura 116 mediante hilos. Procedimientos para detectar temperatura, regular energía fotovoltaica y controlar el color de materiales electrocrómicos, se conoce bien en la técnica anterior y no necesita elaborarse en este caso.

Cuando luz blanca (por ejemplo, luz solar) entra en el sustrato transparente 104, se hace pasar a través del atenuador 106, que la refleja en el estado caliente de modo que sale del dispositivo a través del sustrato transparente 104. En el estado frío, la radiación entrante se absorbe mediante el atenuador 106, que entonces calienta y reemite la energía como infrarroja de longitud de onda larga. Por tanto, el atenuador 106 también cumple la función de una forma de conversor descendente 102.

Cuando esta energía se reemite por el conversor descendente 102 en el estado frío como infrarroja, la energía refleja entonces el sustrato transparente 104, como en la figura 7 y se dirige fuera a través de la cara "interior del edificio interior" del filtro TSOD 100. Alternativamente, la energía puede incidir en un espejo o reflector de banda ancha 114 opcional, que la refleja de vuelta al conversor descendente 102 de nuevo. El lector observará que en esta circunstancia, luz infrarroja no puede escapar de la capa de conversor descendente, y todo el calor interior solamente se logra a través de la conducción. En este caso, la geometría y la composición del dispositivo se designarán generalmente de manera que la conducción se produce predominantemente en la dirección deseada (en el edificio) dirección, con fugas mínimas en la otra dirección.

En una realización alternativa, el atenuador 106 es absorbente en el estado frío pero transmite (por ejemplo, transparente o translúcido) en el estado caliente. En esta realización, en el estado caliente la luz blanca entrante pasa a través del atenuador 106 e incide en un espejo 114, que la refleja de vuelta fuera a través del sustrato transparente 114. En el estado frío, la luz se somete a conversión de reducción y después se atrapa en el conversor descendente tal como se describió anteriormente. Sin embargo, esta configuración es particularmente eficaz en rechazar calor, es decir, en dirigir energía radiante hacia fuera en el estado caliente.

La figura 8 también muestra un componente opcional adicional: un material que almacena energía 118, que absorbe calor del conversor descendente 102 y lo vuelve a liberar durante un periodo de tiempo mayor. En una realización, el material que almacena energía 118 es un material que cambia de fase con un calor de fusión muy amplio, con una temperatura de fusión seleccionada para ser próxima a la temperatura ambiental, o a alguna otra temperatura deseada. Tales materiales, generalmente ceras o sales especiales, mantienen una temperatura constante excepto completamente líquidas o completamente sólidas, y por tanto son buenas para suavizar grandes cambios en la radiación entrante. Una cera de cambio de fase a modo de ejemplo que puede utilizarse para almacenamiento de energía es la parafina común. La sal de Glauber (sulfato de sodio deshidratado) es una sal habitual que puede utilizarse para el almacenamiento de energía en algunas implementaciones.

La figura 9 es una representación esquemática de una realización adicional del filtro TSOD 100, en la que el atenuador termocrómico 106 se ha colocado en la superficie interior, en lugar de la superficie exterior, del sustrato transparente 104. Además, el filtro de bloqueo de banda 101 y el aislante transparente 113 se han combinado como un único componente. Esta capa separa el atenuador 106 del interior del edificio, de modo que energía absorbida por el atenuador en el estado caliente no vuelve a radiarse al interior del edificio. Idealmente, el valor de aislamiento del aislante 113 es significativamente superior que el del sustrato 104, de modo que el calor de conducción transportado hacia fuera del atenuador va principalmente al exterior del edificio, en lugar de al interior del edificio. Esta disposición también hace que sea conveniente emplear el dispositivo como una actualización a componentes de construcción transparentes ya existentes, incluyendo ventanas y paredes de bloqueo de vidrio y tímpanos de vidrio, convirtiéndolos en elementos de pared activos, reguladores del calor que pueden o pueden no permitir que la luz visible pase a su través.

En el estado frío, una vez ha pasado la luz entrante a través del sustrato 104, el atenuador 106 y el aislante 113 / reflector de banda 101, incide en el conversor descendente 102, en el que se transforma en infrarrojos, radiados de nuevo y reflejados en reflector de banda 101, de manera que la energía se dirige hacia el interior del edificio en lugar de al exterior del edificio. Es posible presentar un entrehierro entre el conversor descendente 102 y el

aislante 113 / reflector de banda 101, aunque esto es generalmente menos eficiente porque mucha de la energía liberada por el convertor descendente va a calentar este entrehierro en lugar del interior del edificio. En el caso extremo, objetos y superficies dentro del propio interior del edificio pueden desempeñar la función de convertidores descendentes, aunque serán ineficaces en este papel a menos que, por naturaleza, sean altamente absorbentes y radiantes. Sin embargo, en este caso el entrehierro y el aire del interior del edificio son lo mismo.

La figura 10 representa una implementación a modo de ejemplo de un filtro TSOD 100 en forma de un tímpano de vidrio para su utilización en la cobertura exterior de edificios. Los tímpanos son a menudo secciones con un exterior de vidrio (aunque materiales opacos también pueden utilizarse) que son secciones de espacio de un edificio entre ventanas y también aparecen como ventanas, pero de hecho encierran zonas del edificio que alojan elementos mecánicos (por ejemplo, el espacio por encima de falsos techos y el espacio detrás de radiadores de suelo debajo de ventanas). Tal como se muestra en la figura 10, las capas de tímpano que comienzan desde el exterior de un edificio pueden incluir un cristal de vidrio de ventana habitual 104 adyacente a un atenuador termocrómico 106. Una superficie interior del atenuador termocrómico 106 puede estar revestida con una película de baja emisividad 101, por ejemplo, óxido de indio y estaño, que actúa como un bloqueo de banda. Este revestimiento de baja emisividad 101 es opcional para la funcionalidad del filtro TSOD 100 en esta realización de tímpano, pero puede ser de gran ayuda tal como se describe a continuación.

Un radiador de cuerpo negro, por ejemplo, una placa de acero pintada de negro, puede desempeñar la función del convertor descendente 102 y puede estar separada del atenuador termocrómico 106 para formar un entrehierro 113. El entrehierro 113 desempeña la función de un aislante transparente tal como se comentó en las realizaciones anteriores. El primer revestimiento de baja emisividad 101 ayuda a reducir el calentamiento del entrehierro 113 bloqueando el alcance de mucha de la energía infrarroja dentro de la luz incidente para que no alcance el entrehierro 113 y mejorando por tanto la capacidad de aislamiento del entrehierro 113. Un segundo revestimiento de baja emisividad 103, por ejemplo, óxido de indio y estaño, cubre la superficie exterior del convertor descendente 102 para actuar como un bloqueo de banda. Tal como se muestra en la figura 10, un segundo atenuador termocrómico 119 puede insertarse opcionalmente en el interior del entrehierro 113 entre el convertor descendente 102 y el primer atenuador termocrómico 106. Si se utiliza, el segundo atenuador termocrómico debe estar en contacto térmico directo o indirecto con el material de almacenamiento de energía 118 con el fin de responder a cambios en la temperatura del material de almacenamiento de energía 118.

Una placa trasera 120 forma la superficie interior del tímpano. La placa trasera 120 puede ser otra placa de vidrio o una lámina de plástico o metal. La placa trasera 120 está separada del convertor descendente 102 para formar un hueco. El hueco se llena con un material de cambio de fase de almacenamiento de energía 118, por ejemplo, una cera o una sal, que está presente para almacenar y liberar energía térmica. La superficie interior de la placa trasera 120 también puede cubrirse con un tratamiento superficial estético, por ejemplo, pintura o yeso fino.

En funcionamiento, el primer atenuador termocrómico 106 adyacente al vidrio 104 en el lado exterior del tímpano puede elegirse para presentar una temperatura de transición a la que el primer atenuador termocrómico 106 bloquea la luz incidente cuando la temperatura ambiental del exterior está por encima 0°-10°C, por ejemplo. De esta manera, la luz incidente no pasa a través del tímpano para calentar el edificio en un día caluroso o cálido, reduciendo por tanto los requisitos de enfriamiento para el edificio y conservando energía. Sin embargo, cuando la temperatura ambiental del exterior está por debajo de 0°-10° C, por ejemplo, el atenuador termocrómico 106 pasa la luz incidente a través del filtro TSOD 100 al convertor descendente 102. El convertor descendente 102 absorbe la luz incidente y emite energía a longitudes de onda de infrarrojos. El segundo revestimiento de baja emisividad 103 refleja la mayor parte de la energía infrarroja emitida desde el convertor descendente 102 e impide que esta energía salga del filtro TSOD 100 en el exterior del edificio. Por tanto, la mayor parte de la energía infrarroja emitida por el convertor descendente 102 se dirige al material de cambio de fase de almacenamiento de energía 118.

El material de cambio de fase 118 almacena la energía infrarroja como energía térmica, que se transfiere al interior del edificio por medio de conducción a través de la placa trasera 120. Siempre y cuando la temperatura interior del edificio sea menor que la temperatura del material de cambio de fase 118, la conducción térmica transferirá calor desde el material de cambio de fase 118 hasta el edificio. Sin embargo, una vez que el material de cambio de fase 118 se funde completamente, no es posible absorber ninguna energía térmica adicional y radiará cualquier exceso de energía térmica al edificio a medida que el entrehierro 113 frena de manera efectiva la transferencia térmica importante al exterior del edificio. Este estado de escape térmico puede ser aceptable hasta que el interior del edificio alcanza una temperatura ambiental deseada. Sin embargo, sin control adicional del filtro TSOD 100 el material de cambio de fase 118 en escape térmico podría sobrecalentar el edificio.

El segundo atenuador termocrómico 119 puede proporcionarse opcionalmente para regular el escape térmico potencial e impedir el sobrecalentamiento del edificio. En una implementación de este tipo, la temperatura de transición del segundo atenuador termocrómico 119 puede elegirse que sea aproximadamente a temperatura ambiente, por ejemplo, 20°C. Por tanto, por debajo de la temperatura ambiente el segundo atenuador termocrómico 119 pasa toda la luz incidente a través del convertor descendente 102 para calentar el material de cambio de fase 118. Obsérvese que debido al entrehierro 113, el segundo atenuador termocrómico 119 está

aislado de la temperatura ambiental del exterior y solamente se calentará a través de conducción térmica del material de cambio de fase 118 y el interior del edificio. Sin embargo, una vez que el interior del edificio alcanza temperatura ambiente y por tanto el material de cambio de fase 118 y el convertidor descendente 102 están también a temperatura ambiente, el segundo atenuador termocrómico 119 sufre la transición para bloquear el alcance de la luz incidente al convertidor descendente 102, incluso en el estado frío tal como se muestra en la figura 10, y por tanto impide el escape térmico y el calentamiento excesivo del interior del edificio.

Aunque se representan y describen diversas realizaciones a modo de ejemplo del filtro TSOD en la presente memoria, debe entenderse que el filtro TSOD no está limitado a estas configuraciones particulares. Componentes opcionales pueden añadirse o moverse para adecuarse a las necesidades de una aplicación particular o un procedimiento de fabricación particular, y la forma degradada de algunas realizaciones puede producirse, por ejemplo, eliminando componentes tales como un filtro de bloqueo de banda en una realización que normalmente contiene dos. Pueden utilizarse una amplia variedad de otros materiales para la fabricación del filtro TSOD, incluyendo, metales, materiales cerámicos, vidrios, materiales fotónicos nanoestructurados y microestructurados, e incluso materiales helados, líquidos y vapores. El filtro TSOD puede incluir características diseñadas para potenciar sus propiedades de aislamiento térmico que incluyen pero no se limitan a entrehierros, huecos de gas, huecos de vacío, espumas, gotas, material fibroso o aerogeles. Puede ser lo suficientemente grueso y rígido para desempeñar la función de componente estructural de vehículos o paredes de edificio. Puede estar envuelto alrededor de o formado sobre superficies complejas. Puede mejorarse estéticamente con color o puede disimularse para parecerse más a los materiales de construcción convencionales. Pigmentos termocrómicos pueden añadirse a determinadas superficies para indicar cuando están calientes o frías. Pueden añadirse mejoras mecánicas para reorientar componentes, o bien para orientarlos hacia o bien alejarlos de la luz entrante, o para alterar su respuesta de longitud de onda o su grosor aparente. La disposición exacta de las diversas capas puede ser diferente de la que se representa en este caso, y (dependiendo de los materiales y longitudes de onda seleccionados) pueden combinarse diferentes capas como capas únicas, objetos, dispositivos o materiales (por ejemplo, un material de cambio de fase de absorción de energía que también es un atenuador termocrómico o reflector de banda), sin alterar la estructura esencial ni la función del filtro TSOD.

Aunque la descripción anterior contiene muchas particularidades, estas no deben interpretarse como limitativas del alcance de la invención sino más bien deben interpretarse como que simplemente proporcionan ilustraciones de determinadas realizaciones a modo de ejemplo de esta invención. Existen diversas posibilidades para realizar el dispositivo de diferentes materiales, y con diferentes configuraciones. Por ejemplo, la estructura podría ser hinchable o puede optimizarse para su utilización bajo el agua o en vacío en lugar de en aire normal. Los filtros de bloqueo de banda podrían ser termocrómicos, o bien en lugar de o bien además de cualquiera de las propiedades termocrómicas del convertidor descendente. Aunque la conversión ascendente es generalmente menos eficiente que la conversión descendente, un convertidor ascendente podría utilizarse en lugar del convertidor descendente para algunas aplicaciones, particularmente si los avances en la tecnología de conversión ascendente mejoran la eficacia del procedimiento de conversión ascendente. Tales realizaciones se reclaman explícitamente como parte de la presente invención.

Existen diversas variaciones distintas que no afectan a los principios fundamentales del funcionamiento del filtro TSOD. Por ejemplo, el convertidor descendente podría estar compuesto por un único material tal como fósforo o silicio, podría estar compuesto por un semiconductor compuesto tal como telurio de cadmio, o podría estar compuesto por materiales dopados, nanoestructurados o microestructurados incluyendo, pero no limitándose a, cristales fotónicos modificados. El convertidor descendente podría ser amorfo, monocristalino o policristalino. Podría ser un pozo cuántico, una disposición de hilos cuánticos o un "cristal" compuesto por puntos cuánticos separados de manera regular. Es incluso concebible que el convertidor descendente pudiera ser un líquido, un vapor o una suspensión de nanopartículas, nanohilos, nanocopos, etc., en algún medio diferente de un polímero sólido. Uno o más filtros de bloqueo de banda podrían presentar una forma no plana (por ejemplo, parabólica) o podrían incorporarse reflectores de otra forma o dispositivos similares para ayudar a concentrar la luz entrante desde una variedad de ángulos.

La utilización de la presente invención como un material de construcción termorregulador puede mejorarse colocando cuidadosamente el filtro TSOD, por ejemplo situándolo bajo el alero en la cara sur de una casa de modo que el filtro TSOD recibe luz solar completamente durante los días de invierno y está a la sombra en el alero en los días de verano cuando el sol está más alto en el cielo. Alternativamente, el filtro TSOD puede utilizarse en lugar de los tragaluces tradicionales o como un panel o aplique fijados a ventanas de vidrio o bloques de vidrio convencionales.

Aunque diversas realizaciones de esta invención se han descrito anteriormente con un determinado grado de particularidad, o con referencia a una o más formas de realización individuales, los expertos en la técnica podrían realizar diversas alteraciones a las realizaciones dadas a conocer sin apartarse del alcance de esta invención. Todas las referencias direccionales, por ejemplo, proximal, distal, superior, inferior, interior, exterior, hacia arriba, hacia abajo, izquierda, derecha, lateral, frontal, de vuelta, arriba, abajo, por encima, por debajo, vertical, horizontal, en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario al de las agujas del reloj se utilizan solamente con fines de identificación para ayudar al entendimiento del lector de la presente invención, y no crean



5 limitaciones, particularmente en cuanto a la posición, la orientación o la utilización de la invención. Las referencias de conexión, por ejemplo, unido, acoplado, conectado y juntado deben interpretarse ampliamente y pueden incluir elementos intermedios entre un conjunto de elementos y el movimiento relativo entre elementos a menos que se indique lo contrario. De tal manera, las referencias de conexión no implican necesariamente que dos elementos estén conectados directamente y en relación fija entre sí. Se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en los dibujos adjuntos se interprete solamente como ilustrativa y no limitativa. Aquellos cambios en el detalle o en la estructura pueden realizarse sin apartarse de los elementos básicos de la invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Filtro óptico conmutado térmicamente (100), que comprende
- 5 un sustrato (104);
- un conversor descendente (102) soportado por el sustrato (104), en el que el conversor descendente (102) absorbe luz incidente de un ancho de banda amplio y emite luz a una longitud de onda de emisión sustancial o totalmente más largo que longitudes de onda del ancho de banda amplio; y
- 10 un primer filtro de bloqueo de banda (101) soportado por el sustrato (104),
- un segundo filtro de bloqueo de banda (103) soportado por el sustrato (104); en el que el conversor descendente (102) es termocrómico y está intercalado entre el primer filtro de bloqueo de banda (101) y el
- 15 segundo filtro de bloqueo de banda (103), y la longitud de onda de emisión es variable dependiendo de una temperatura del conversor descendente (102) de manera que a medida que la temperatura del filtro (100) varía, un pico de emisión del conversor descendente (102) se desplaza hacia atrás y hacia delante, encontrándose dentro de una banda de reflexión del primer filtro de bloqueo de banda (101) cuando la
- 20 temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente está en un primer intervalo, y dentro de una banda de reflexión del segundo filtro de bloqueo de banda (103) cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente está en un segundo intervalo; y en el que
- el primer filtro de bloqueo de banda (101) bloquea la luz emitida cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente está en el primer intervalo y deja pasar la luz emitida cuando la temperatura del
- 25 filtro óptico conmutado térmicamente está en el segundo intervalo; y
- el segundo filtro de bloqueo de banda (103) deja pasar la luz emitida cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente está en el primer intervalo y bloquea la luz emitida cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente está en el segundo intervalo.
- 30
2. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1 en el que:
- el sustrato (104) es transparente.
- 35
3. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1 configurado como un tímpano.
4. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1 configurado como una ventana.
5. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según cualquier reivindicación anterior 1, que además
- 40 comprende un filtro de paso largo soportado por el sustrato (104), en el que el filtro de paso largo deja pasar la luz emitida cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente (100) está en el primer intervalo y bloquea la luz emitida cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente (100) está en el segundo intervalo.
- 45
6. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende una superficie exterior que recibe la luz incidente; y una superficie interior, en el que
- cuando el primer intervalo es una temperatura baja en comparación con el segundo intervalo, la luz emitida
- 50 sale del filtro óptico conmutado térmicamente (100) desde la superficie interior; o
- cuando el primer intervalo es una temperatura alta en comparación con el segundo intervalo, la luz emitida sale del filtro óptico conmutado térmicamente (100) desde la superficie exterior; o
- cuando la temperatura del filtro óptico conmutado térmicamente (100) está entre el primer intervalo y el
- 55 segundo intervalo, la luz emitida sale del filtro óptico conmutado térmicamente (100) tanto desde la superficie interior como desde la superficie exterior.
7. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, en el que el conversor descendente (102) es un radiador de cuerpo negro.
- 60
8. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 2, 3 o 4, en el que o bien el primer filtro de bloqueo de banda (101), o bien tanto el primer filtro de bloqueo de banda (101) como el segundo filtro de bloqueo de banda (103) es termocrómico.
- 65
9. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1, 2, 3 o 4, en el que

la longitud de onda de emisión del conversor descendente (102) se produce en el espectro visible; o

la longitud de onda de emisión del conversor descendente (102) se produce en el espectro infrarrojo; o

5 la longitud de onda de emisión del conversor descendente (102) se selecciona para la catálisis óptima de una reacción química o un efecto óptico particular.

10 10. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 1 o 2, que además comprende un atenuador (106) que bloquea un porcentaje de la luz incidente a través del ancho de banda amplio.

11. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 10, en el que el atenuador (106) comprende uno o más de entre los siguientes:

15 un dispositivo de cristal líquido termocrómico;  
un dispositivo de cristal líquido termotrópico;  
un material ópticamente reflectante termocrómico; o  
un material reflectante de infrarrojos, termocrómico

20 12. Filtro óptico conmutado térmicamente (100) según la reivindicación 10, que además comprende

un sistema de control (117);

una fuente de alimentación (115) conectada al sistema de control (117) y el atenuador (106); y

25 uno o más sensores (116) conectados con el sistema de control; en el que

el atenuador (106) además comprende un material electrocrómico que es activado por el sistema de control (117) basándose en la realimentación procedente de los sensores (116) para dejar pasar o impedir que la luz incidente alcance el conversor descendente (102); o

30 el conversor descendente (102) además comprende un material electrocrómico que es activado por el sistema de control (117) basándose en la realimentación procedente de los sensores (116) para alterar la longitud de onda de emisión de la luz emitida.

35 13. Filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 1 o 2, que además comprende un material de almacenamiento de energía soportado por el sustrato.

40 14. Filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 3 o 13, en el que el material de almacenamiento de energía (118) comprende un material de cambio de fase.

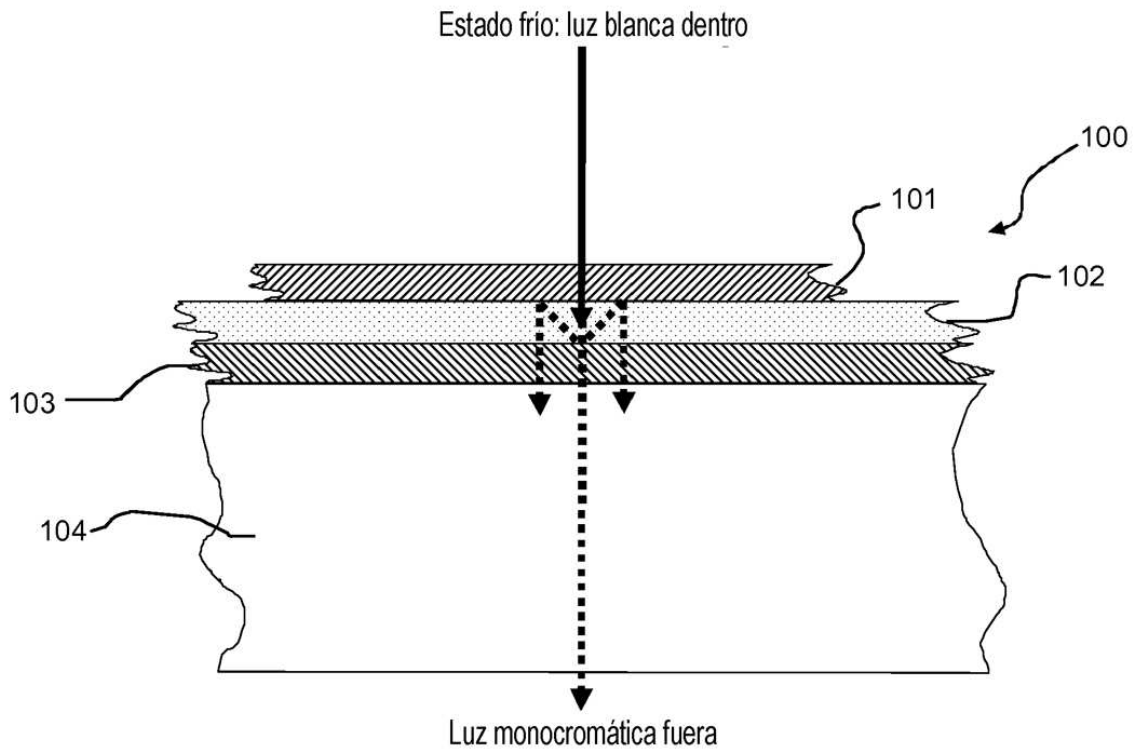
15. Procedimiento para regular el flujo de luz y calor radiante utilizando un filtro conmutado térmicamente según la reivindicación 1.

45 16. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que el filtro conmutado térmicamente además comprende un atenuador termocrómico (106), comprendiendo además el procedimiento dejar pasar y bloquear de manera pasiva y selectiva la luz incidente con el atenuador termocrómico (106) basándose en la temperatura ambiental.

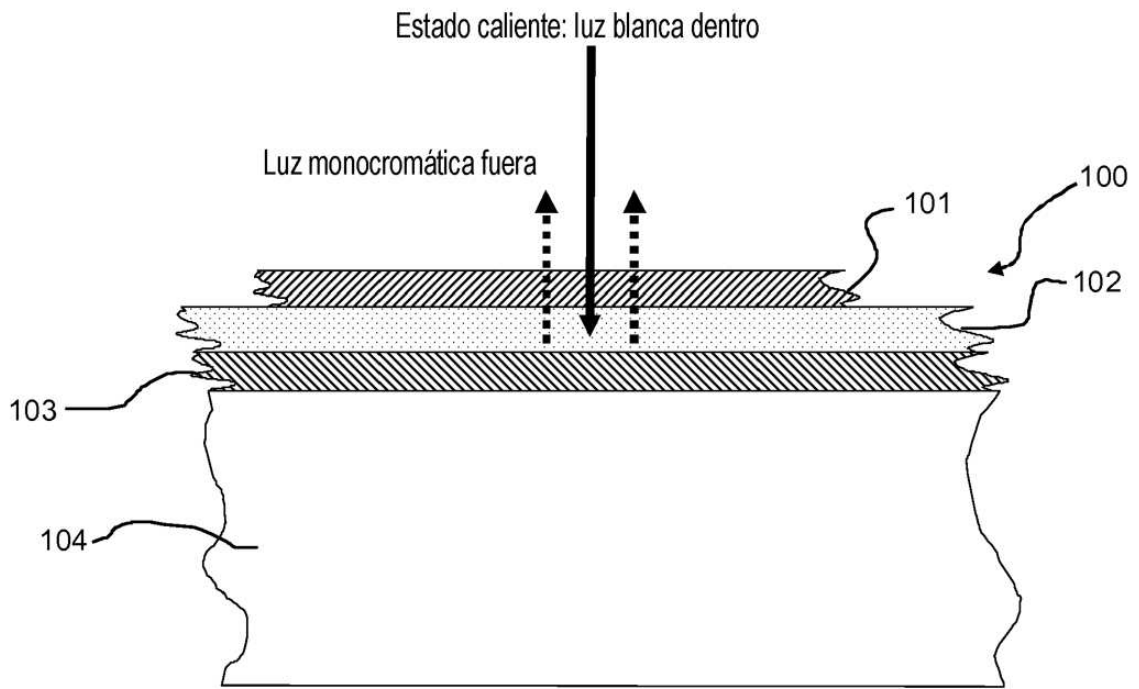
50 17. Filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 1, en el que el conversor descendente es un material fluorescente, fosforescente o fotoluminiscente.

18. Filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 1, en el que el conversor descendente comprende una pluralidad de dispositivos de confinamiento cuántico embebidos en un material transparente.

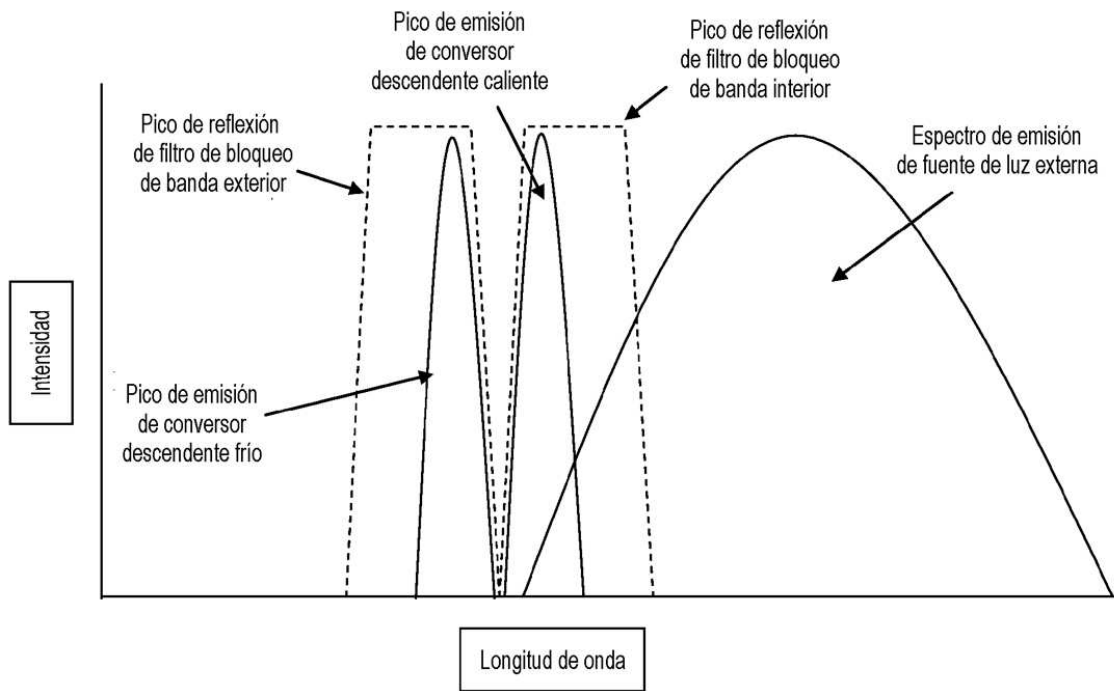
55 19. Filtro óptico conmutado térmicamente según la reivindicación 1, en el que el conversor descendente define aberturas a través de las cuales la luz incidente pasa sin absorción.



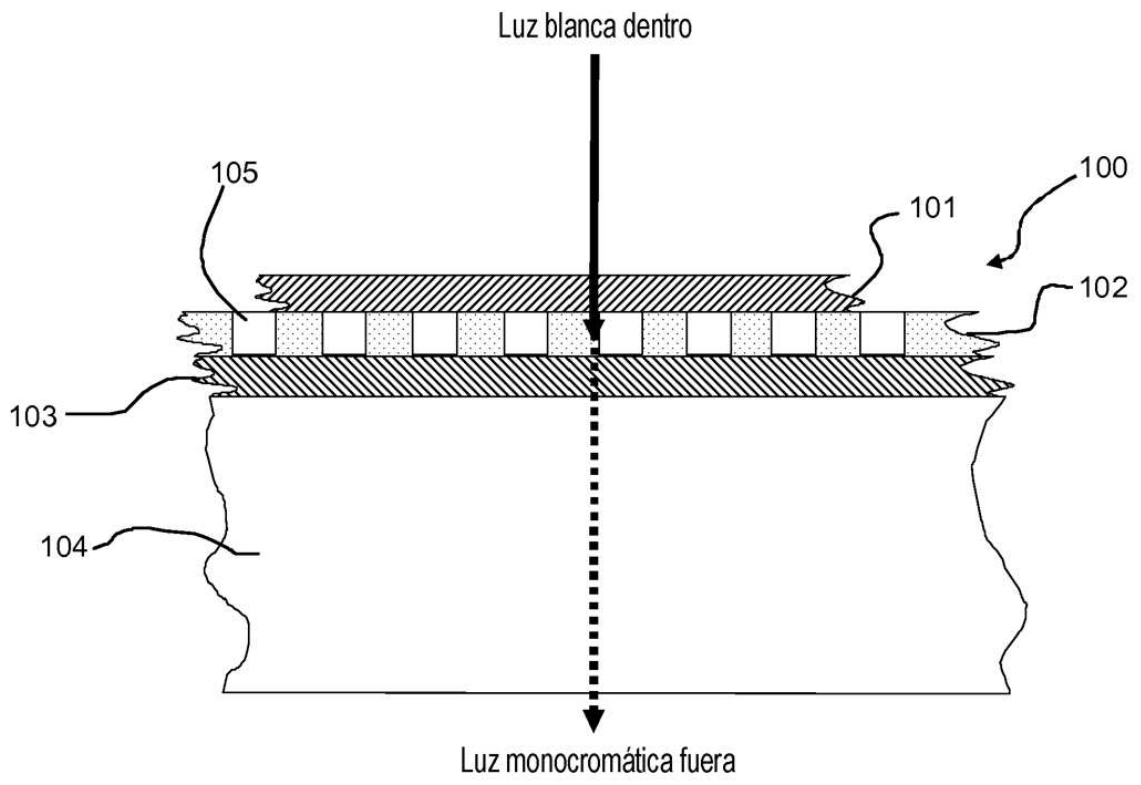
**FIG 1**



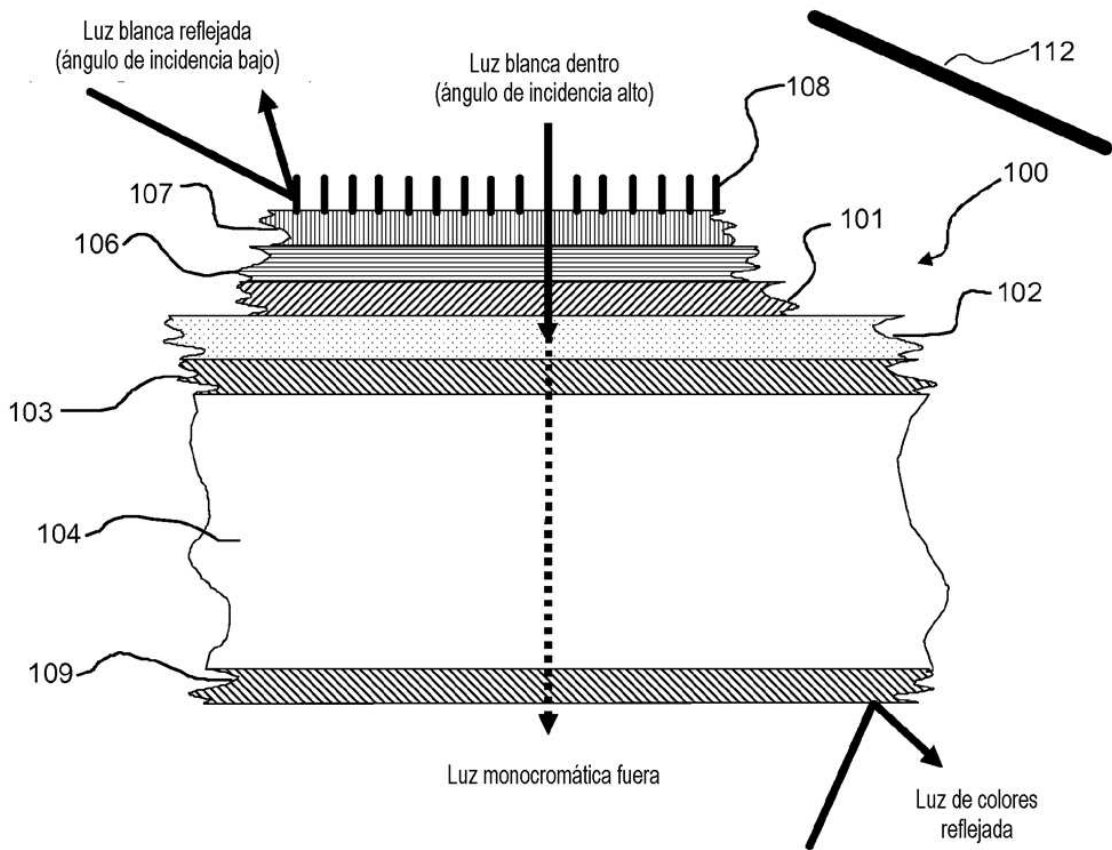
**FIG 2**



**FIG 3**

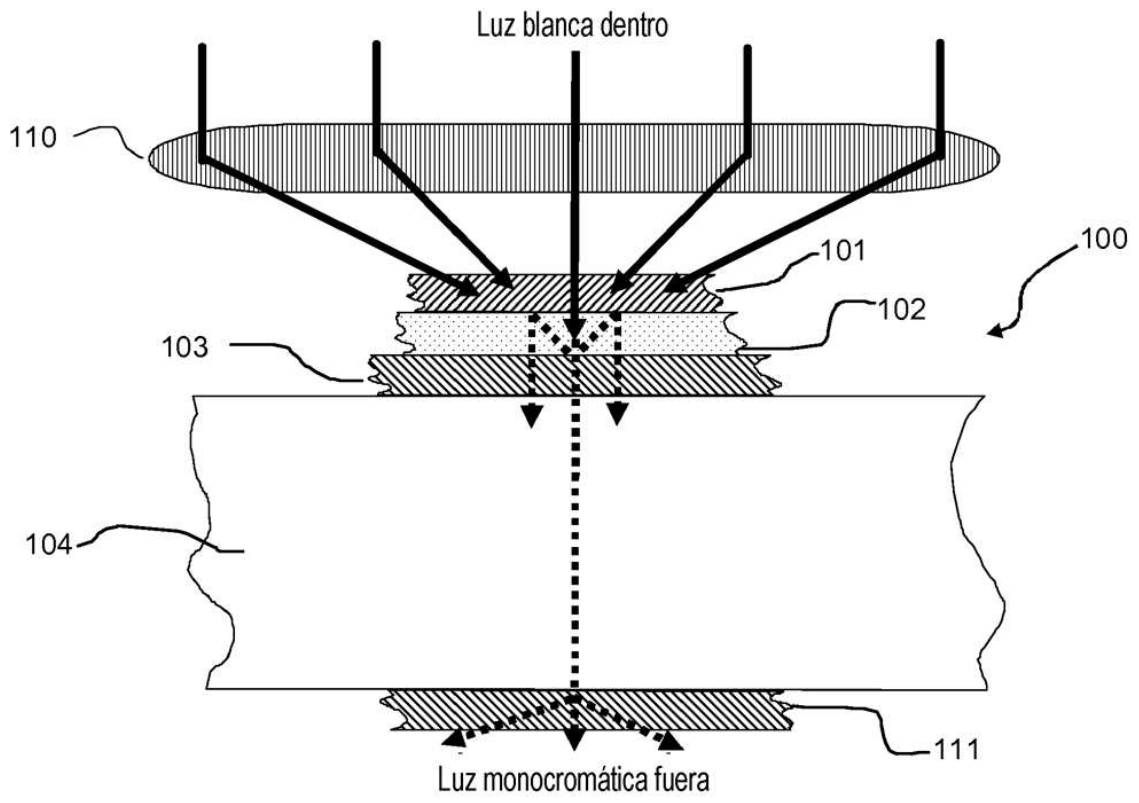


**FIG 4**

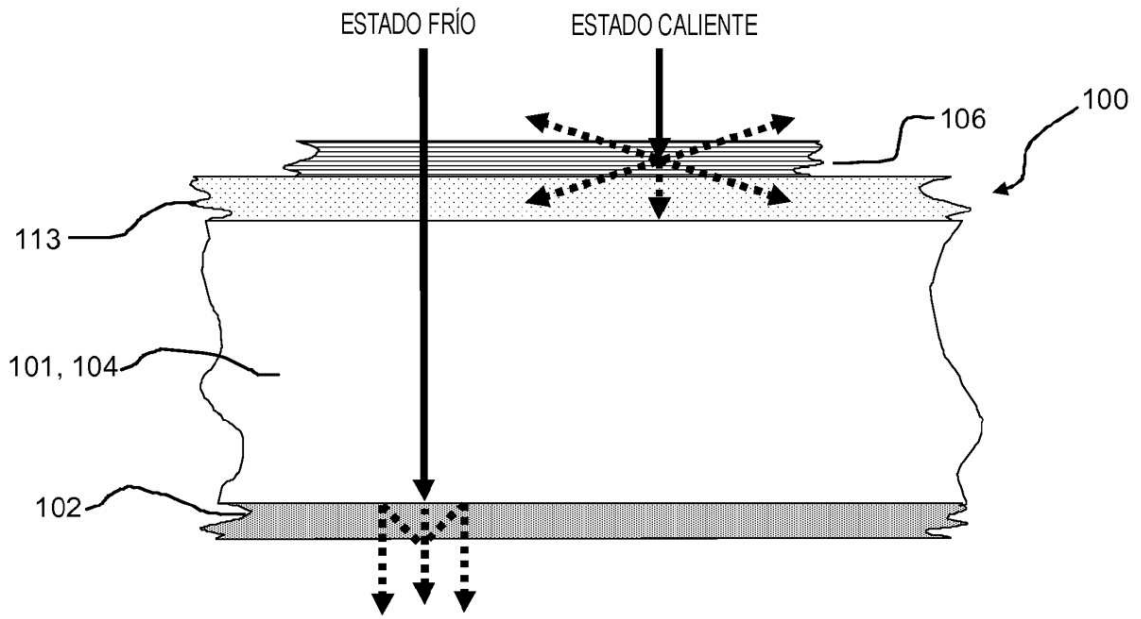


**FIG 5**

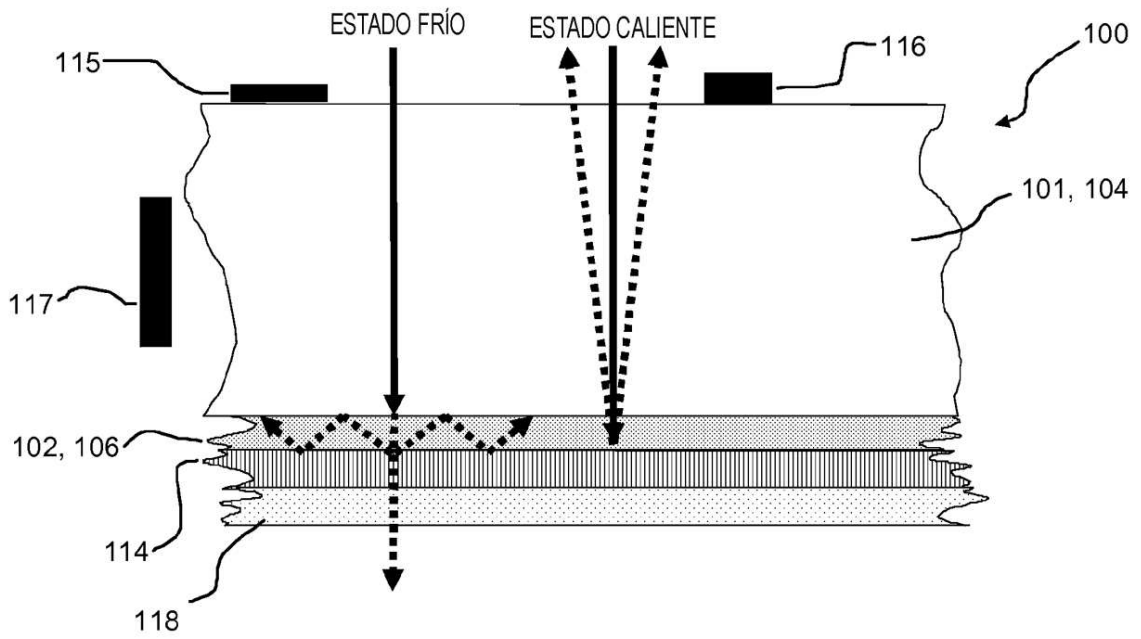




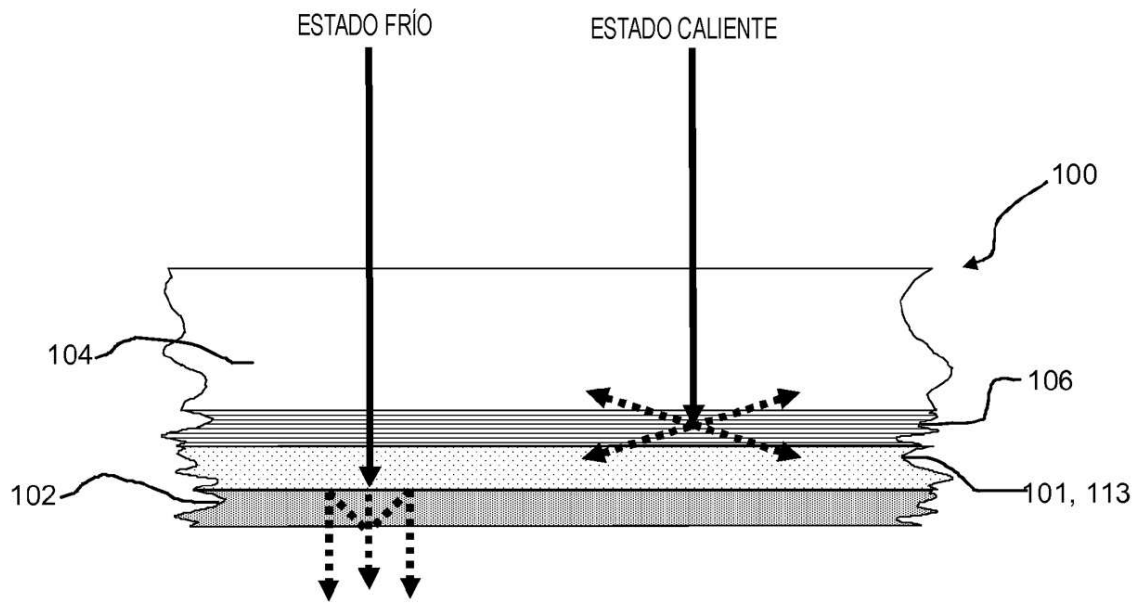
**FIG 6**



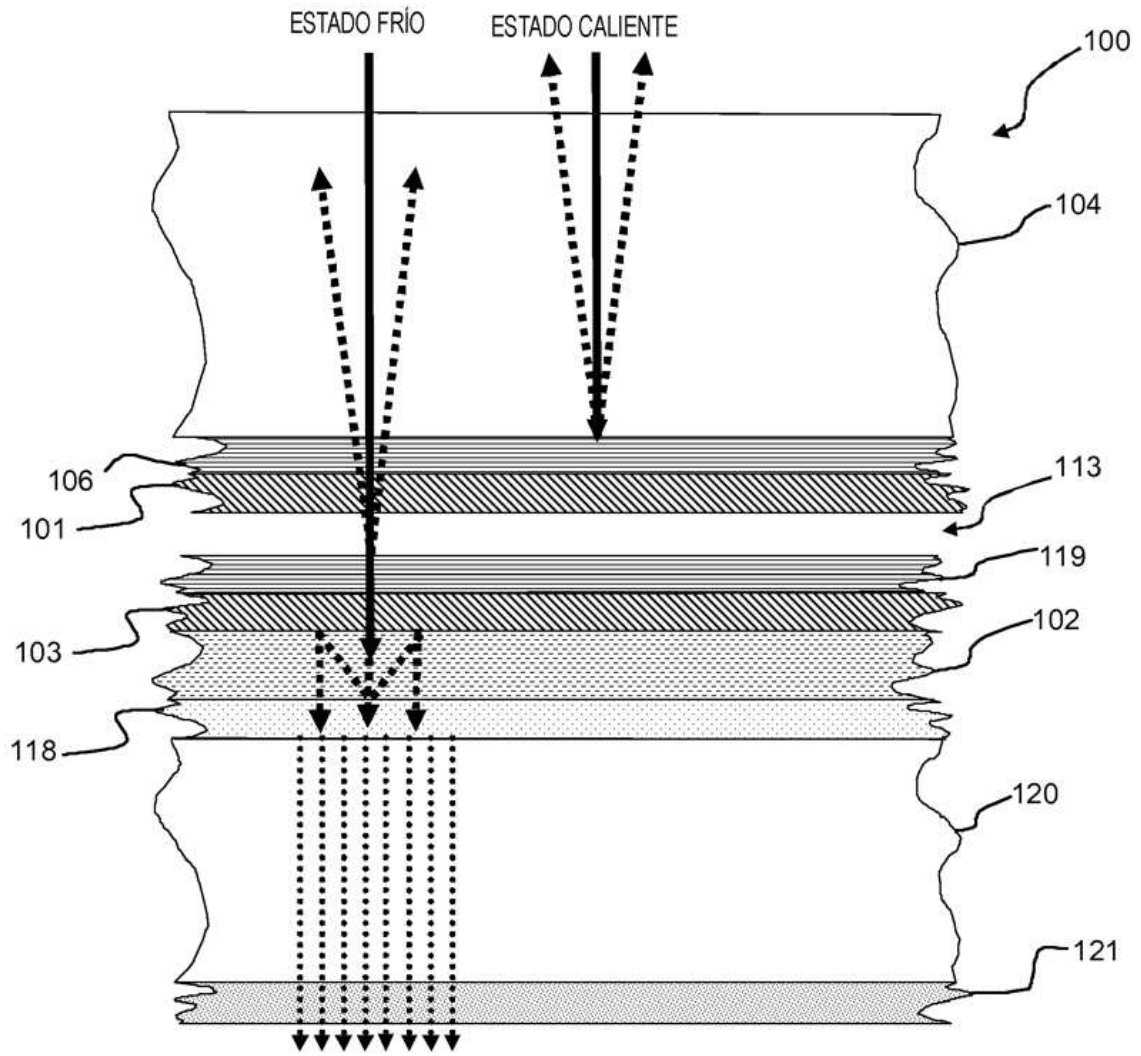
**FIG 7**



**FIG 8**



**FIG 9**



**FIG 10**