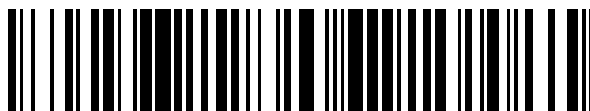


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 628**

51 Int. Cl.:

G02F 1/01 (2006.01)

G02F 1/19 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2016 E 16203522 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3333618**

54 Título: **Dispositivo de pantalla transreflectivo basado en PCM**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.06.2020

73 Titular/es:

**BODLE TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
Begbroke Science Park Woodstock Road
Begbroke
Oxford OX5 1PF, GB**

72 Inventor/es:

**HOSSEINI, PEIMAN;
BHASKARAN, HARISH y
BROUGHTON, BEN**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 767 628 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de pantalla transreflectivo basado en PCM

5 **Antecedentes**

La invención se refiere en general al campo de los dispositivos de pantalla basados en materiales de cambio de fase (PCM) y métodos de operación relacionados. En particular, se dirige a una pantalla transreflectiva.

10 Ha habido una considerable investigación sobre la tecnología PCM y su uso en dispositivos optoelectrónicos, como pantallas reflectantes de resolución ultra alta, pantallas transparentes y sensores de fuerza. Los PCM incluyen materiales que pueden conmutarse eléctricamente entre dos o más fases que tienen diferentes propiedades optoelectrónicas. Los PCM bistables son particularmente atractivos porque después de completar una transición de fase no es necesario aplicar energía continuamente para mantener el dispositivo en el nuevo estado. De esta forma, las pantallas se pueden fabricar con bajo consumo de energía. Para minimizar aún más el consumo de energía, se han propuesto pantallas PCM reflectantes. En una pantalla reflectante, un espejo colocado debajo del elemento PCM refleja la luz ambiental incidente en la pantalla, que pasa efectivamente por el dispositivo dos veces, entendiéndose que la luz ambiental puede ser generada naturalmente o no. Esto, en principio, elimina la necesidad de una retroiluminación y reduce aún más el consumo de energía de la pantalla. Asimismo, a plena luz del sol, la pantalla es totalmente visible, a diferencia de las pantallas con retroiluminación que tienden a estar parcial o totalmente oscuras por los altos niveles de luz ambiental. Sin embargo, una desventaja de las pantallas reflectantes es que, por lo general, no se pueden ver con poca luz ambiental u oscuridad, ya que no generan luz propia.

25 Por otro lado, se conocen pantallas transreflectivas de cristal líquido, que combinan las ventajas de las pantallas reflectantes con alguna forma de retroiluminación, permitiendo así que se utilicen en condiciones de poca luz. Por ejemplo, El documento US2003067760 (A1) describe una guía de onda que se puede usar en una disposición de borde iluminado, que tiene un alto brillo y hace un uso eficiente de la luz acoplada al mismo, para uso en pantallas de cristal líquido.

30 El documento WO 2015/097468 A1 divulga un dispositivo de pantalla que comprende una pluralidad de píxeles, cada píxel tiene una porción de estado sólido, material de cambio de fase como germanio-antimonio-telururo (GST) o dióxido de vanadio, en el que el material de cambio de fase se puede llevar reversiblemente a un estado amorfo o cristalino y tiene un índice de refracción que es reversiblemente, controlable eléctricamente. Se proporcionan una pluralidad de electrodos, al menos dos de los cuales entran en contacto con dicha porción de material. Se proporciona un controlador que está adaptado para aplicar al menos una tensión a dicho material, a través de dichos electrodos, cambiar dicho índice de refracción. Se puede disponer una matriz de tales porciones de material para hacer una pantalla pixelada, por ejemplo, una pantalla estereoscópica del tipo volumétrico.

40 El documento US 2006/119774 A1 divulga un dispositivo de pantalla que incluye un panel de pantalla y un módulo de retroiluminación. El panel de pantalla incluye una capa de ánodo transparente, una capa de cátodo transparente y una capa de material de cambio de fase intercalada entre ellas. El módulo de retroiluminación está dispuesto junto al panel de pantalla. El dispositivo de pantalla utiliza un material de cambio de fase para servir como un interruptor de luz y puede utilizar completamente la luz disponible emitida desde el módulo de retroiluminación para fines de pantalla, permitiendo así que se realice una alta eficiencia de utilización de la luz. Además, la función de un interruptor de luz se logra mediante la transición de electrones que ocurre en el material de cambio de fase.

50 El documento JP 2009 086060 A describe un modulador de luz espacial en el que un material de cambio de fase que cambia reversiblemente a una fase cristalina y una fase no cristalina se usa en una capa de modulación óptica. El calentamiento en julios de la capa de modulación óptica en sí que se controla eléctricamente se usa para calentar la capa de modulación óptica para la transición de fase, y se controla la velocidad de enfriamiento de la capa de modulación óptica, por lo que se puede proporcionar una respuesta rápida de orden nsec y un alto índice de modulación óptica.

55 El documento WO 2016/125491 A1 describe un filtro de color reflectante conmutable para uso en un dispositivo de pantalla. El filtro de color reflectante conmutable incluye una pluralidad de regiones de subpíxeles de al menos dos tipos de color, cada uno incluye una capa de material de cambio de fase que se puede conmutar entre un primer estado y un segundo estado, los estados primero y segundo son dos estados sólidos pero estructuralmente distintos que tienen propiedades ópticas diferentes. Cada región de subpíxeles incluye además dos capas de electrodos, una capa de espejo y una capa espaciadora o espacio de aire. La capa de material de cambio de fase en cada región de subpíxel se coloca entre las dos capas de electrodos y se separa de la capa de espejo por la capa espaciadora o espacio de aire. El filtro de color reflectante conmutable puede incorporarse en un dispositivo de pantalla que incluye un absorbedor conmutable pixelado. El absorbedor conmutable pixelado atenúa de forma controlable una luminancia de luz coloreada reflejada desde cualquiera de las regiones de subpíxeles.

65 El documento CN 105 938 261 A describe un dispositivo de pantalla que comprende una serie de puntos de píxel, y cada punto de píxel comprende una capa reflectora depositada sobre un sustrato, una capa aislante depositada en la

- capa reflectante, una capa de cambio de fase en estado sólido depositada en la capa de aislamiento y una capa de cobertura depositada en la capa de cambio de fase en estado sólido; las capas reflectantes tienen una reflectividad del 80 % o superior en el rango de luz visible y se utilizan para suministrar reflexión posterior; las capas aislantes se usan para ajustar la reflectividad de todo el dispositivo; las capas de cambio de fase en estado sólido pueden transformarse de manera reversible entre un estado cristalino y un estado no cristalino bajo la conducción de tensión o láser para causar cambios en la reflectividad de los materiales de cambio de fase, para que cambien los colores de todos los puntos de píxel; las capas de cobertura se usan para recibir la tensión ejercido externamente. Se puede apilar una gran cantidad de puntos de píxel para formar una matriz de pantalla a través de la estructura espacial.
- 10 El documento CN 104 730 796 A describe una unidad de pantalla no volátil de una estructura tipo intercalada compuesta por un electrodo conductor de capa superior, un electrodo conductor de capa inferior y una porción de pantalla de cambio de fase intermedia. Los materiales de cambio de fase tienen una estructura de estado de fase variable a través de la acumulación de calor de diferentes impulsos eléctricos, y se reflejan diferentes colores correspondientes a diferentes propiedades de refracción y propiedades de absorción. La porción de pantalla de cambio de fase se forma combinando una pluralidad de capas de material de cambio de fase a través de múltiples modos de disposición diferentes, y los materiales y espesores de todas las capas de material de cambio de fase pueden ser idénticos o diferentes. El estado de fase de la porción de pantalla de cambio de fase se cambia a través de los electrodos conductores, y luego se cambia el color de toda la unidad de pantalla.
- 15
- 20 **Sumario**
- De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 1. Proporcionar la unidad de retroiluminación como una unidad de retroiluminación de borde de la manera descrita permite utilizar un espejo completamente reflectante (con una reflectancia cercana al 100 % en el rango espectral visible) ya que la retroiluminación de borde no requiere que el reflector sea parcialmente transparente. El uso de estructuras ópticas reflectantes superiores permite una mayor flexibilidad en el diseño de los dispositivos de pantalla.
- 25
- De acuerdo con un aspecto alternativo de la invención, se proporciona un dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 2. Los espaciadores se aprovechan para actuar como guías de onda.
- 30
- En realizaciones preferidas, la estructura de energización es una estructura de calentamiento que está aislada eléctricamente de las porciones PCM pero en comunicación térmica con ellas, a través de los espaciadores. La estructura de calentamiento se extiende preferiblemente debajo del uno o más reflectores o lateralmente al mismo, o son integrales con el mismo. Los separadores son térmicamente conductores y el controlador de pantalla está configurado para energizar la estructura de calentamiento para calentar selectivamente las porciones PCM de los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro.
- 35
- Confiar en la activación térmica de los píxeles PCM permite conmutar regiones más grandes de las porciones PCM, que, a su vez, mejora las propiedades ópticas de los dispositivos, en comparación con los dispositivos en el que los píxeles PCM se conmutan eléctricamente, por ejemplo, aplicando una tensión, lo que generalmente da como resultado una conmutación filamental de una región (más pequeña) del PCM. La conmutación térmica se habilita a través de los espaciadores, que necesitan ser térmicamente conductores. Los separadores tienen la ventaja adicional de que contribuyen a difundir el calor de los elementos calefactores de la estructura de calentamiento, que eventualmente permite un cambio más uniforme del PCM y, por lo tanto, regiones más grandes de las porciones PCM que se cambiarán, lo que finalmente mejora las propiedades ópticas de los dispositivos.
- 40
- 45
- En las realizaciones, el dispositivo comprende un filtro de paso de banda estrecha, el último incluye una pila de capas, en el que una o más de las capas de la pila actúan como dicha capa reflectante, la pila de capas está diseñada de otra manera para filtrar un rango espectral de luz que sale hacia las porciones PCM desde dicha guía de onda, en funcionamiento. El filtro de banda estrecha condiciona el rango espectral de la retroiluminación de la guía de onda que pasa a través de la pila PCM, permitiendo un control más preciso de las características espectrales de cada píxel.
- 50
- 55 Preferentemente, el dispositivo comprende además una palanca de cambio de longitud de onda en la parte superior de la capa reflectante, opuesto a la guía de ondas con respecto a la capa reflectante, de modo que la iluminación UV de la luz solar se pueda convertir en luz visible para aumentar el brillo de la pantalla.
- 60
- En realizaciones preferidas, cada uno de los píxeles tiene una estructura de capa que incluye un distintivo, porción de capa de PCM biestable, el último incluye una porción PCM que tiene al menos dos estados reversiblemente conmutables. Tener una porción de capa PCM distinta por píxel mitiga el riesgo de conmutación accidental de porciones PCM vecinas.
- 65
- De acuerdo con un aspecto alternativo de la invención, se proporciona un dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 11.

Se describirán ahora dispositivos y métodos que realizan la presente invención, a modo de ejemplos no limitativos, y en referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de las distintas vistas de los dibujos

5 Las figuras 1 - 9 muestran vistas en sección transversal en 2D de componentes de dispositivos de pantalla basados en PCM de acuerdo con realizaciones. En detalle:

10 - las figuras 1, 2 y 8 muestran vistas en sección transversal 2D de un píxel PCM implicado en dispositivos de pantalla de acuerdo con una primera clase de realizaciones;

- o La figura 1 muestra un píxel PCM acoplado a un controlador de pantalla y una unidad de retroiluminación directa, de acuerdo con realizaciones;
- o Las figuras 2A - 2B ilustran el funcionamiento de un píxel PCM como en la figura 1; y + la figura 8 representa un píxel PCM en el que un espaciador de la estructura de píxeles actúa como una guía de onda para propagar la retroiluminación, dicho espaciador incluye además estructuras reflectantes, como en realizaciones,

15 - las figuras 3 - 9 representa un píxel PCM acoplado a una unidad de retroiluminación de borde, de acuerdo con realizaciones de segunda clase. En concreto:

- o las figuras 3A - 3B ilustran el funcionamiento de un píxel PCM acoplado a una unidad de retroiluminación de borde, en el que un espaciador actúa como una guía de ondas para propagar la luz emitida desde la unidad de retroiluminación de borde, de acuerdo con realizaciones;
- o Las figuras 4 - 7 muestran píxeles de PCM en los que se usa una guía de onda distinta para propagar la luz emitida desde la unidad de retroiluminación de borde, como está implicado en otras realizaciones (las figuras 6B y 7B ilustran reflectancias como se obtienen típicamente con dispositivos como en las figuras 6A y 7A, respectivamente); y
- o la figura 9 muestra un píxel PCM en el que se proporciona una guía de onda adicional en la parte superior para propagar la retroiluminación, como en realizaciones,

20 la figura 10 es un diagrama esquemático de una pantalla transreflectiva, de matriz pasiva basada en PCM, de acuerdo con realizaciones;

35 La figura 11 es una vista superior de una estructura de píxeles PCM desplazada, mostrando conexiones a electrodos en un punto de cruce, como implican en las realizaciones; y

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas de operación de alto nivel de un dispositivo de pantalla de acuerdo con realizaciones.

40 Los dibujos adjuntos muestran representaciones simplificadas de dispositivos (o partes de los mismos), como implican en las realizaciones, o su funcionamiento. Las características técnicas mostradas en los dibujos no están necesariamente a escala. A los elementos similares o funcionalmente similares en las figuras se les ha asignado las mismas referencias numéricas, a no ser que se indique lo contrario.

45 Descripción detallada de realizaciones de la invención

La siguiente descripción está estructurada de la siguiente manera. En primer lugar, se describen realizaciones generales y variantes de alto nivel (sección 1). La siguiente sección describe realizaciones como se representa en las figuras; 1 - 9. La última sección aborda realizaciones más específicas y detalles de implementación técnica (sección 3).

1. Realizaciones generales y variantes de alto nivel

55 Con referencia a las figuras 1 - 11, primero se describe un aspecto de la invención, que se refiere a un dispositivo de pantalla transreflectivo 1, 1a - 1h (en adelante denominado "pantalla", para abreviar).

60 La pantalla comprende notablemente un conjunto de píxeles 2, 2a - 2h. Cada uno de los píxeles 2, 2a - 2h comprende una porción de biestables, material de cambio de fase (PCM) 10, de aquí en adelante referido como una porción PCM. Una porción PCM significa una porción de capa de material de cambio de fase 10, que contiene una región R que potencialmente se puede activar con la energización. La porción PCM tiene al menos dos estados reversibles conmutables, en los que tiene dos valores diferentes de índice de refracción y/o absorción óptica. La capa PCM comprende un material biestable, para que no se necesite aplicar energía continuamente después del cambio.

65 La pantalla comprende además uno o más espaciadores 14, que son ópticamente transmisivos y se extienden bajo las porciones PCM 10 del conjunto de píxeles 2, 2a - 2h. Curiosamente, el espesor de los espaciadores 14 puede variar de un píxel al otro, para explotar los efectos de interferencia, como se explica más adelante en detalle.

"Ópticamente transmisivo", como se usa en el presente documento, generalmente significa permisivo a la luz en el rango óptico (100 nm - 1 mm, según DIN 5031), y preferiblemente lo más transparente posible en este rango. "Extender debajo" significa que, en un marco de referencia dado en el que los píxeles sobresalen en la parte superior para tener una superficie de pantalla en la parte superior (como se supone en las figuras 1 - 9), los espaciadores se encuentran debajo de las porciones PCM. Los espaciadores pueden, por ejemplo, extenderse directamente debajo de las porciones PCM (la capa PCM cubre la capa(s) espaciadora), a menos que se necesite otra capa intermedia, por ejemplo, para lograr aislamiento eléctrico, si fuera necesario.

Uno o más reflectores (es decir, espejos) 15 se proporcionan además en el dispositivo, que se extienden debajo del uno o más espaciadores 14 en ese mismo marco de referencia. Los reflectores pueden, por ejemplo, extenderse directamente debajo de los espaciadores (la capa(s) espaciadora cubren la capa(s) del reflector), a menos que se necesite otra capa intermedia. El reflector (es decir, un espejo formado por una capa reflectante) puede extenderse bajo uno o más (o posiblemente todo el conjunto) de los píxeles PCM, en realizaciones específicas como se discute a continuación.

En algunas realizaciones descritas en el presente documento, la capa PCM 10 también puede extenderse a través de varios píxeles. Por tanto, los píxeles PCM pueden usar porciones de capa PCM distintas o explotar una misma capa PCM, en el que distintas regiones *R* se pueden conmutar, a nivel de cada uno de los píxeles. En este último caso, se necesitan estructuras ópticas adicionales, como se discute más adelante. En todos los casos, cada píxel implica regiones distintas, conmutables *R* de la capa PCM (o porciones de capa), en virtud de la localidad relativa del fenómeno de conmutación (solo una región relativamente pequeña, local de una capa PCM puede, por ejemplo, conmutarse). Por tanto, independientemente de si está involucrada una amplia capa PCM o una porción de capa PCM, una porción del PCM puede conmutarse selectivamente en todos los casos, a nivel de cada píxel, para que cada píxel PCM exhiba al menos dos estados de índice de refracción y/o absorción óptica conmutables reversiblemente.

Normalmente se proporciona una capa de cobertura adicional 16 en la parte superior de los píxeles, que puede ser, por ejemplo, del mismo material que los separadores inferiores 14. El experto apreciará que la mayoría de las capas de material (por ejemplo, capas 10, 14, 15, 16) como se evoca en el presente documento, de hecho, puede descomponerse en una pila de subcapas, si es necesario estructurada, para lograr o mejorar una función deseada.

Asimismo, una estructura de energización 17, 21, 221, 222 está involucrada para conmutar las porciones PCM. Para ese fin, la estructura de energización está en comunicación térmica o en comunicación eléctrica con las porciones PCM 10, a través del uno o más espaciadores. En otras palabras, la estructura de energización puede confiar en una simple actuación eléctrica, utilizando electrodos y materiales conductores de electricidad, o en activación térmica, usando electrodos, materiales térmicamente conductores pero no materiales conductores de electricidad para evitar cortocircuitos eléctricos, como se discute más adelante en detalle. Se prefiere confiar en la activación térmica, ya que esto permite que se cambien regiones más grandes de las porciones PCM.

La pantalla incluye además un controlador de pantalla 30 (de aquí en adelante un "controlador"), que está configurado para energizar selectivamente porciones PCM de los píxeles a través de la estructura de energización 17, 21, 221, 222, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles 2, 2a - 2h de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro. El esquema de energización es selectivo, para conmutar selectivamente porciones PCM de los píxeles, de acuerdo con las imágenes u otros pictogramas que se mostrarán. Como es habitual en las aplicaciones de pantalla, los píxeles activados pueden actualizarse a una frecuencia de actualización dada (es decir, volvió a un primer estado y nuevamente a un segundo estado de acuerdo con dicha frecuencia).

El controlador de pantalla generalmente se implementará como un circuito integrado (o IC, el último posiblemente involucra diferentes elementos IC) que produce señales (por ejemplo, señales de vídeo) para el sistema de pantalla, por ejemplo, genera el tiempo de las señales y la señal de intervalo de supresión.

El dispositivo incluye además una unidad de retroiluminación 40, configurada en el dispositivo para permitir la iluminación de las porciones PCM a través del uno o más espaciadores 14. La unidad de retroiluminación puede estar dispuesta en el dispositivo para permitir la retroiluminación directa o de borde (lateral). La unidad de retroiluminación generalmente usa los LED 46 (ver la figura 1), que posiblemente puede emitir luz blanca o luz que tiene una distribución espectral dada. Las unidades de retroiluminación son conocidas *per se*.

Finalmente, un controlador de unidad de retroiluminación 42 se usa en el dispositivo para modular una o más propiedades físicas de la luz emitida desde la unidad de retroiluminación 40. Dichas propiedades pueden incluir notablemente la intensidad y la distribución espectral (por ejemplo, la longitud de onda promedio) de la retroiluminación.

La modulación de hecho se puede restringir, en escenarios simples, a una simple conmutación, por lo que la unidad de retroiluminación se puede encender y apagar, bajo condiciones dadas (por ejemplo, un usuario acciona un interruptor o un sensor de iluminancia detecta que se ha alcanzado un umbral de iluminancia externo). En enfoques

más sofisticados, se utiliza un sensor de luz ambiental para modular progresivamente la intensidad de la luz emitida por la unidad de retroiluminación. La intensidad de la retroiluminación puede ser configurable por el usuario, al igual que el esquema de modulación, por ejemplo, basado en parámetros de consumo de energía y/o preferencias de propiedades ópticas (contraste, brillo, etc.) seleccionables por el usuario.

5 El enfoque actual amplía la gama de aplicaciones de pantallas conocidas, reflectantes basadas en PCM y permite una pantalla basada en PCM, transflectiva, que combina las ventajas de las pantallas basadas en PCM y las pantallas transflectivas, es decir, este enfoque permite una pantalla reflectante con retroiluminación, permitiendo así que se use en condiciones de poca luz, mientras que también permite una operación de baja potencia bajo iluminación ambiental.

10 Como se explica posteriormente, el enfoque actual aprovecha los espaciadores ópticos, para que tengan funcionalidades adicionales y permitan pantallas transflectivas.

Como puede ser realizado, la presencia de los reflectores 15 no obstaculiza la iluminación de la unidad de retroiluminación, debido a los diseños de pantallas originales como se propone en este documento. La iluminación de la retroiluminación puede involucrar a los reflectores 15, de manera directa o indirecta. Es decir, la iluminación puede ocurrir directamente a través del reflector (cuando se usa una retroiluminación directa, el reflector es por lo tanto parcialmente transparente) o, cuando se usa una retroiluminación de borde, gracias a las estructuras ópticas dispuestas en el reflector o en sus proximidades para permitir que la luz salga de una guía de ondas utilizada para propagar la retroiluminación y alcanzar los píxeles PCM.

15

20

Notablemente, los espaciadores 14 pueden tener múltiples funciones: no solo se pueden usar para transmitir o propagar y transmitir luz, sino que, además, sus espesores pueden variar de un píxel a otro para aprovechar los efectos de interferencia óptica. Asimismo, también sirven como un canal para transmitir la energía eléctrica o térmica necesaria para conmutar las porciones PCM de los píxeles.

25 Ópticamente hablando, los espaciadores 14 sirven como: (i) una capa óptica en la que la luz pasa varias veces cuando la luz es simplemente reflejada por los reflectores (modo reflexivo: la retroiluminación es entonces baja o apagada); y (ii) como medio para transmitir retroiluminación directa o posiblemente como una guía de onda para propagar la luz emitida lateralmente desde una unidad de retroiluminación de borde. Así, y como se han dado cuenta los inventores actuales, se pueden diseñar dispositivos en los que los materiales que forman los separadores 14 se pueden seleccionar adecuadamente y se pueden diseñar disposiciones estructurales adecuadas para que los separadores cumplan una pluralidad de funciones, que mitiga la necesidad de capas de material o componentes adicionales. Todo esto ahora se explica en detalle, en referencia a realizaciones particulares de las invenciones.

30

35 Con referencia ahora simultáneamente a las figuras 1, 10 y 11, la estructura de energización está diseñada preferiblemente como una estructura de calentamiento 17, 21, 221, 222. Este último está aislado eléctricamente de las porciones PCM 10 o, al menos, la conductividad eléctrica de los espaciadores no causa cortocircuitos en los PCM (solo se desea una conmutación térmica en ese caso). Todavía, la estructura de calentamiento debe estar en comunicación térmica con los PCM, a través de uno o más espaciadores ópticos, por ejemplo, a través de las respectivas porciones de la capa espaciadora de los píxeles o una capa espaciadora compartida por un subconjunto o, incluso, el conjunto de píxeles.

40

La estructura de calentamiento puede incluir, por ejemplo, un calentador resistivo 17 dispuesto entre los electrodos 221, 222, que están conectados eléctricamente a un circuito controlado por el controlador 30, tal como se asume en la figura 1, que solo muestra una porción del circuito que se conecta a un píxel, por simplicidad. Tal y como se muestra en la figura 1, el elemento calentador 17 posiblemente se extenderá debajo de los reflectores 15. Incluso, en variantes, el elemento calentador puede extenderse lateralmente, por ejemplo, al mismo nivel que la capa reflectora 15 o, incluso, ser integral con el mismo (o formar parte integral del mismo).

45

50 En la figura 1, el controlador 30 está configurado para energizar la estructura de calentamiento, y en particular el elemento 17, por ejemplo, a través de los electrodos 221, 222, para calentar selectivamente porciones PCM de los píxeles. Como resultado, es posible conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro. Si fuese necesario, está presente un elemento no lineal 21 (como en la figura 1), por razones que se harán evidentes más adelante.

55

La estructura de calentamiento puede estar aislada eléctricamente del PCM 10 gracias a los separadores 14, que pueden hacerse eléctricamente aislantes. Incluso, el aislamiento eléctrico también se puede lograr gracias a otra capa, eléctricamente aislante de la pila, adecuadamente ubicada entre el elemento calentador resistivo 17 y el PCM 10, tal como la capa 18 eléctricamente aislante pero térmicamente conductora en el ejemplo de la figura 1.

60

Si el elemento calentador 17 está ubicado debajo del reflector 15 (como en la figura 1) o forma parte o la totalidad del reflector 15 (en cuyo caso, el elemento calentador 17 puede ser tanto reflectante como calentador de manera resistiva tras la activación), entonces el aislamiento eléctrico puede lograrse notablemente mediante: (i) usar un reflector dieléctrico o como un reflector óptico difuso; (ii) agregar una capa eléctricamente aislante, tal como la capa 18 en la figura 1; o (iii) usar un material eléctricamente aislante (pero térmicamente conductor) para los espaciadores 14. Al menos, la conductividad eléctrica de las capas utilizadas para evitar que los electrones fluyan hacia el PCM 10 debe

65

ser lo suficientemente pequeña, en comparación con la de los elementos 221, 21, 17, 222 involucrados en el circuito, para evitar cortocircuitos eléctricos en el PCM 10.

5 En variantes a estructuras de calefacción, la estructura de energización puede involucrar electrodos y las porciones de PCM son, en este caso, conmutable reversiblemente mediante la aplicación de una tensión a los electrodos. El controlador de pantalla es, en ese caso, adaptado para aplicar una tensión, a través de los electrodos, para conmutar el material 10. Por ejemplo, los espaciadores 14 y las capas de cobertura 16 también pueden usarse como electrodos para usar en la aplicación de la tensión a la capa de material 10, que se encuentra entre los electrodos 14, 16, explotando principios similares a los descritos en el documento WO2015097468 (A1). Aquí otra vez, los espaciadores tienen múltiples funciones.

10 Tal como se muestra en las realizaciones de las figuras 3 - 9, se pueden diseñar dispositivos de pantalla transflectivos 1b - 1h, en el que los reflectores 15 están configurados como una capa reflectante 15, por ejemplo, una sola capa, que se extiende bajo todo el conjunto o un subconjunto de píxeles 2b - 2h. Este puede ser, por ejemplo, el caso en cada una de las realizaciones de las figuras 3 - 9, incluso si este último representa uno o unos pocos píxeles, por simplicidad. Es decir, se puede usar una misma capa reflectante 15 para todos los píxeles o un subconjunto de los mismos. Si fuese necesario, esta capa reflectante puede estructurarse como en las figuras 4 - 5 (en el que la capa 15 comprende orificios 152) o, más generalmente, comprenden estructuras ópticas como en las figuras 3, 6 - 8, para permitir que la luz salga adecuadamente o se acople hacia los píxeles, en funcionamiento.

15 De manera similar, las realizaciones descritas en el presente documento se basan en una capa espaciadora 14 que se extiende bajo varios píxeles PCM. Incluso, los espesores de la capa espaciadora pueden necesitar variar de un píxel a otro, para explotar los efectos de interferencia, que dependen del índice de refracción del material PCM 10 y el espesor del espaciador 14.

20 Una primera clase de realizaciones se discute ahora en referencia a las figuras 2A - 2B, que representan un dispositivo de pantalla transflectivo la, en el que la unidad de retroiluminación 40 es una unidad de retroiluminación directa, como en la figura 1. Es decir, la unidad de retroiluminación 40 está dispuesta en el dispositivo para iluminar las porciones PCM 10 desde una parte posterior del dispositivo 1a, opuesto a la capa PCM 10 con respecto a un plano medio del reflector 15. El reflector 15 puede estar hecho de una sola capa que se extiende bajo varios píxeles 2a o, en variantes, varias porciones de la capa reflectora pueden ser parte de la estructura de la capa de cada píxel. En todos los casos, el reflector(es) debe ser parcialmente reflectante (y por lo tanto parcialmente transparente), para permitir la transmisión de luz emitida desde la unidad de retroiluminación directa 40 (figura 2B).

25 La realización representada en las figuras 2A - 2B es quizás la más fácil de fabricar, dado que no se necesitan componentes adicionales (por ejemplo, guía de ondas, capas de revestimiento o estructuras ópticas para guiar ópticamente o redirigir la luz hacia las porciones PCM).

30 Si se usa una estructura de calefacción para conmutar los píxeles PCM, entonces los separadores 14 pueden hacerse eléctricamente aislantes (o al menos suficientemente aislantes), para garantizar el aislamiento eléctrico del elemento calefactor (consultar la figura 1). De esta forma, no se necesita una capa adicional para lograr el aislamiento eléctrico. Todavía, en variantes, los espaciadores pueden estar recubiertos con un transmisor óptico, se puede proporcionar una capa térmicamente conductora pero eléctricamente aislante para lograr lo mismo, o se puede proporcionar una capa aislante eléctricamente 18 entre el calentador 17 y el reflector 15, como en la figura 1.

35 Como se puede realizar, en realizaciones en el que se usa retroiluminación directa, en las figuras 1 - 2, el reflector 15 necesita ser parcialmente transparente, que afecta ligeramente el rendimiento en términos de iluminación y consumo de energía. Todavía, se puede encontrar una compensación, en el que el reflector 15 es suficientemente transparente para permitir una pantalla reflectante con retroiluminación, mientras que el material PCM permite la operación de baja potencia bajo iluminación ambiental. Por ejemplo, el reflector puede estar hecho de una capa plateada (por ejemplo, 30 - 50 nm de espesor) o de una capa de aluminio (por ejemplo, 20 - 40 nm de espesor), para lograr una reflectividad del 70 al 90 %, por ejemplo, del 80 %.

40 Además, puede preferirse una retroiluminación de borde, como se expuso con referencia a las figuras 3 - 7 y 9. En tales realizaciones, los dispositivos de pantalla transflectiva 1b - 1h comprenden unidades de retroiluminación de borde, dispuestas en los dispositivos 1b - 1h para iluminar los píxeles PCM 2b - 2h (y en particular el PCM 10 de dichos píxeles) desde un lado lateral de los dispositivos. La iluminación se produce a través de una o más guías de onda 11, 12, 14. Estas guías de onda se extienden, cada una, en un mismo plano que es paralelo al plano promedio de los reflectores 15, es decir, paralelo a (x, y) en los dibujos adjuntos.

45 Como se puede realizar, en realizaciones en el que se usa retroiluminación directa, en las figuras 1 - 2, el reflector 15 necesita ser parcialmente transparente, que afecta ligeramente el rendimiento en términos de iluminación y consumo de energía. Todavía, se puede encontrar una compensación, en el que el reflector 15 es suficientemente transparente para permitir una pantalla reflectante con retroiluminación, mientras que el material PCM permite la operación de baja potencia bajo iluminación ambiental. Por ejemplo, el reflector puede estar hecho de una capa plateada (por ejemplo, 30 - 50 nm de espesor) o de una capa de aluminio (por ejemplo, 20 - 40 nm de espesor), para lograr una reflectividad del 70 al 90 %, por ejemplo, del 80 %.

50 Además, puede preferirse una retroiluminación de borde, como se expuso con referencia a las figuras 3 - 7 y 9. En tales realizaciones, los dispositivos de pantalla transflectiva 1b - 1h comprenden unidades de retroiluminación de borde, dispuestas en los dispositivos 1b - 1h para iluminar los píxeles PCM 2b - 2h (y en particular el PCM 10 de dichos píxeles) desde un lado lateral de los dispositivos. La iluminación se produce a través de una o más guías de onda 11, 12, 14. Estas guías de onda se extienden, cada una, en un mismo plano que es paralelo al plano promedio de los reflectores 15, es decir, paralelo a (x, y) en los dibujos adjuntos.

55 En tales realizaciones, se puede usar un espejo casi completamente reflectante, es decir, un reflector hecho de una capa de material procesada para proporcionar una reflectancia cercana al 100 % en el rango espectral visible, como se asumen en las realizaciones de las figuras 3 - 9. Sin embargo, se necesitan componentes adicionales (estructuras ópticas 122, 124, 152) para permitir que la retroiluminación salga hacia los píxeles PCM en tales casos. Dichos componentes también pueden afectar ligeramente la reflectividad efectiva del espejo(s) 15.

Las guías de onda pueden comprender típicamente pares de porciones de capa de revestimiento 11, a cada lado de un material central 14, 12 de las guías de ondas, tal como se representa en las figuras 3, 9, para permitir múltiples reflexiones internas y, por lo tanto, propagar la retroiluminación en las guías de onda.

5 Es posible que desee utilizar guías de onda dedicadas para propagar lateralmente la retroiluminación, como en las figuras 4 - 7 y 9. Sin embargo, los espaciadores 14 pueden usarse ventajosamente como guías de onda, para lograr lo mismo, tal y como se muestra en las realizaciones de las figuras 3 y 8. De esta forma, no se necesitan guías de onda adicionales. Incluso, el uso de guías de onda adicionales 12 permite desacoplar parcialmente las propiedades según sea necesario, por un lado, para reflejar y, por otro lado, para propagación de retroiluminación. Esto, eventualmente, puede explotarse para permitir un mejor control sobre la iluminación de la pantalla ya que las guías de onda adicionales 12 pueden optimizarse para fines de iluminación.

15 En el ejemplo de las figuras 3A - 3B, el dispositivo de pantalla transflectivo 1b comprende uno o más espaciadores 14 (debajo del PCM 10), que están revestidos con capas de revestimiento 11, para formar guías de onda que propagan lateralmente la retroiluminación. Este último puede alcanzar las porciones PCM gracias a las microestructuras 144 modeladas en una o cada una de las capas de revestimiento 11. Las microestructuras 144 están convenientemente dispuestas, por ejemplo, a nivel de cada píxel, para permitir que la luz emitida desde la unidad de retroiluminación 40 (y reflejada internamente en los separadores 14) salga hacia las porciones PCM de cada uno de los píxeles 2b, como se representa mediante flechas en la figura 3B. Por tanto, los espaciadores 14 también se pueden usar como guías de onda para transmitir luz desde una unidad de retroiluminación de borde 40, para que no se necesite una guía de onda adicional en ese caso.

25 Las microestructuras 144 típicamente comprenden características con diseño que están diseñadas para permitir que la luz se redirija o se acople hacia los píxeles PCM. Los diseños convenientes de microestructuras se conocen *per se*. En variantes, otras estructuras ópticas podrían usarse para lograr lo mismo, tales como orificios 152 (estructura de espejo agujereado) y/o elementos con lentes 122, como se usa en las realizaciones de las figuras 4 - 5. Ejemplos de microestructuras adecuadas se describen, por ejemplo, en los siguientes documentos: "Optimized pattern design of light-guide plate (LGP)", por YC Kim y compañeros de trabajo, *Optica Applicata*, Vol. XLI, n.º 4, 2011; y "Light-guide plate using periodical and single-sized microstructures to create a uniform backlight system", por J.W. Pan y Y.W. Hu, *Optics Letters* vol. 37, Edición 17, 2012.

35 Si, en lugar de reutilizar los espaciadores 14, se utilizan guías de onda adicionales 12, entonces una opción es usar una guía de onda separada en la parte superior de los píxeles PCM, como en el ejemplo de la figura 9. Aquí, el dispositivo de pantalla transflectivo 1h comprende una o más guías de onda 11, 12 dispuestas en la parte superior de las porciones PCM 10, es decir, opuesto al uno o más reflectores 15, con respecto a la realización de la figura 10. En tal caso, las capas de guía de onda adicionales 11, 12 (incluidas las capas de revestimiento 11) deben diseñarse de modo que tengan el menor impacto posible en la luz reflejada por los reflectores 15 y que atraviesen los píxeles PCM, para minimizar el impacto en las propiedades ópticas del dispositivo de pantalla 1h.

40 Además, la guía de onda adicional 12 se puede organizar debajo de los píxeles PCM, en las figuras 4 - 7. En estos ejemplos, el dispositivo de pantalla transflectivo 1c - 1f comprende una capa reflectante 15 que se extiende debajo de la capa espaciadora 14, mientras que un núcleo de guía de onda adicional 12 se extiende debajo de la capa reflectante 15, opuesto al espaciador 14 con respecto a la capa reflectante 15. Para permitir que la retroiluminación propagada en la guía de onda 12 salga hacia los píxeles 2c - 2f, los dispositivos 1c - 1f comprenden además estructuras ópticas 122, 124, 152, que están dispuestos en (estructuras 122, 152, figuras 4 - 5) o sobre (microestructuras 124, figuras 6 - 7) la capa reflectante 15. En variantes, o además, las estructuras ópticas pueden ubicarse en las proximidades de la capa reflectante 15, tal como las lentes 122 en la figura 5. En todos los casos, tales estructuras ópticas están dispuestas con respecto a los píxeles 2c - 2f para permitir que la retroiluminación emitida desde la unidad 40 y reflejada internamente en la guía de onda 12 salga hacia una porción PCM de cada uno de los píxeles 2c - 2f.

50 En tales realizaciones, las guías de onda 12 son distintas del espaciador(es) 14 y están dispuestas debajo de los píxeles, para no impactar la luz reflejada desde el reflector 15 hacia los píxeles PCM. Incluso, se necesitan estructuras ópticas para que la retroiluminación salga hacia los píxeles. Dichas estructuras ópticas pueden considerarse así como estructuras de acoplamiento óptico o estructuras de salida. Son elementos ópticos diseñados para redirigir la luz, acoplándolo o más generalmente permitiendo que salga hacia los píxeles PCM. Las guías de onda tal como se describen en el documento US2003067760 (A1) pueden usarse, por ejemplo, en el presente contexto.

60 Estas estructuras ópticas pueden estar dispuestas, por ejemplo, en una interfaz con capas reflectantes 15, como en las figuras 6 - 7, o dentro de una capa reflectante (como en la figura 4), o se puede usar una combinación de diferentes tipos de estructuras ópticas 122, 152, como en la figura 5.

65 Se pueden usar diferentes tipos de estructuras ópticas (posiblemente en combinación), como se ilustra en las figuras 4 - 8. Por ejemplo, se pueden usar estructuras con lentes 122, en una interfaz con la capa reflectante 15 (figura 5). Además (figura 5), o independientemente (figura 4), se pueden usar los orificios 152, que se proporcionan (como orificios pasantes) en el espesor de la capa reflectante 15, es decir, para lograr una estructura de espejo agujereado. Además, las microestructuras 124 pueden ser modeladas en la capa reflectante 15 o en una capa 13 en contacto con

la misma, como en las figuras 6 - 7. Se pueden contemplar otros tipos de estructuras ópticas, tales como las características de dispersión 126 (como se usa en la figura 8).

5 En otras variantes, una caja hueca (no mostrada) debajo de los píxeles de PCM puede estructurarse para reflejar adecuadamente la luz según sea necesario para dirigirla hacia los píxeles de PCM.

10 Con referencia ahora a la figura 6A, un dispositivo de pantalla transflectivo le puede, en las realizaciones, comprender un filtro de paso de banda estrecha 13. El filtro 13 típicamente incluye una pila de capas, en el que una o más de las capas pueden actuar como capas reflectantes 15. La pila 13 de capas está diseñada de otra manera para filtrar un rango espectral de luz que sale hacia las porciones PCM 10 desde la guía de ondas 12, en funcionamiento. El filtro de banda estrecha condiciona el rango espectral de la retroiluminación de la guía de onda 12 que pasa a través de la pila PCM, permitiendo un control más preciso de las características espectrales de cada píxel.

15 A continuación, como se ilustra en la figura 7A, un dispositivo de pantalla transflectivo If puede, en las realizaciones, comprender además un desplazador de longitud de onda 154 en la parte superior de la capa reflectante 15. El desplazador de longitud de onda está ubicado opuesto a la guía de onda 12 con respecto a la capa reflectante 15, por ejemplo, en contacto directo con el reflector 15. El desplazador de longitud de onda 154 absorbe fotones de frecuencia más alta y emite fotones de frecuencia más baja. Se pueden contemplar diferentes tipos de desplazadores de longitud de onda. Por ejemplo, puede consistir en un mero material fotofluorescente (fósforo). En variantes, el desplazador de longitud de onda puede implementarse como un conjunto de estructuras de puntos cuánticos. En todos los casos, la palanca de cambio de longitud de onda está dispuesta en la parte superior del reflector(es), tal que la iluminación UV de la luz solar se pueda convertir en luz visible para aumentar el brillo. Incluso, como se puede realizar, el uso de una estructura de puntos cuánticos puede permitir una mejor eficiencia y/o coincidencia de emisiones con la reflectividad de píxeles, en comparación con una capa de fósforo.

25 En las realizaciones, los píxeles 2, 2a - 2b de los dispositivos de pantalla 1, 1a - 1b tienen una estructura de capas que incluye un distintivo, porción de capa PCM biestable para cada uno de los píxeles, tal como se representa en las figuras 1 - 3. Es decir, cada píxel incluye una porción de capa PCM respectiva (es decir, una porción de capa bien delimitada). No obstante, las porciones de capa PCM pueden obtenerse inicialmente de una misma capa PCM, que posteriormente se procesa para dar lugar a porciones de capa distintas. Confiar en distintas partes de la capa PCM mitiga el riesgo de cambio involuntario de regiones PCM vecinas.

30 En variantes, se puede usar una misma capa PCM para un conjunto o un subconjunto de píxeles, como en las realizaciones de las figuras 4 - 8, lo que simplifica la fabricación de los píxeles. Incluso, como se ha indicado anteriormente, se necesitan estructuras ópticas adicionales 122, 124, 126, 152 en tales casos, que definen los píxeles, tales como se muestra en las figuras 4 - 8. Obsérvese que, sin embargo, se pueden usar porciones de capa PCM distintas en lugar de la capa PCM continua 10 en las realizaciones de las figuras 4 - 8. De manera similar, ambas opciones son posibles para la realización de la figura 9.

40 En las realizaciones, la estructura de capas de cada uno de los píxeles 2, 2a - 2h incluye una capa de cobertura 16 sobre el PCM 10, como en las figuras 1 - 9. La capa de cobertura 16 es opuesta a los separadores 14 con respecto al PCM 10. La capa de cubierta 16 comprende preferiblemente un mismo material que los separadores 14.

45 La capa de cobertura 16 puede hacerse eléctricamente aislante, a menos que el PCM esté conmutado eléctricamente y la capa de protección esté ubicada entre los electrodos o sirva como uno de los electrodos. Cada una de la capa de cobertura y el espaciador pueden comprender, por ejemplo, óxido de titanio, óxido de cinc y óxido de indio y estaño. Como apreciará el experto en la materia, los espesores de las capas 14, 16 pueden necesitar ser refinados, para asegurarse de que las capas sean suficientemente conductoras (eléctricamente) o, por el contrario, suficientemente aislantes. Por ejemplo, una capa de óxido de indio y estaño típicamente necesitaría al menos 10 nm de espesor para volverse suficientemente conductora (eléctricamente) para realizaciones en las que el PCM 10 está eléctricamente conmutado. Como se mencionó antes, los espaciadores 14 y las capas de recubrimiento pueden usarse como electrodos en ese caso.

50 Debe observarse que una o ambas capas espaciadoras 14 y la capa de cobertura 16 pueden comprender capas compuestas, que comprenden múltiples capas de material que tienen diferentes índices de refracción, para lograr las propiedades ópticas deseadas.

55 Con referencia ahora más particularmente a la realización de la figura 5, la capa de cobertura 16 del dispositivo 1d puede comprender además estructuras ópticas reflectantes 162, como espejos planos o lentes. Las estructuras ópticas 162 están configuradas para reflejar la luz interior (emitida desde la unidad de retroiluminación 40 y acoplada hacia los píxeles) hacia el reflector(es) 15. Las estructuras reflectantes 162 se pueden disponer notablemente en una matriz, que puede diseñarse ópticamente para modificar el rendimiento del dispositivo. En particular, la sintonización espacial puede explotarse para cambiar efectivamente la función de transferencia espectral de la pila PCM, que, a su vez, permite una mayor flexibilidad en el diseño de la pantalla.

60 Por tanto, los dispositivos actuales pueden comprender un conjunto de píxeles que tienen separadores de espesores

sustancialmente diferentes. Por ejemplo, cada píxel puede descomponerse en un subconjunto de subpíxeles que tienen separadores de distintos espesores.

5 De acuerdo con otro aspecto, la invención puede implementarse como un método para operar un dispositivo de pantalla tal como se describió anteriormente. En referencia al diagrama de flujo de la figura 12, este método comprende básicamente dos etapas principales, que normalmente se implementan simultáneamente.

10 Por un lado, el controlador de pantalla se usa para energizar selectivamente S50 los píxeles, a través de la estructura de energización. Por ejemplo, y como se discutió anteriormente, el controlador de pantalla calienta selectivamente los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de porciones PCM de los mismos.

15 Por otro lado, el controlador de la unidad de retroiluminación 42 modula las propiedades físicas S30 - S40 de la luz emitida por la unidad de retroiluminación 40, tales como colores e intensidad. Como se explicó anteriormente, la modulación puede limitarse a encender o apagar la retroiluminación, tal y como se ilustra en las figuras 2A - 2B o 3A - 3B, lo que equivale a modular abruptamente la intensidad de la luz.

20 En variantes, se puede contemplar una modulación progresiva. En una aplicación típica, la iluminancia externa (luz ambiental) se controla S10 - S20 con un sensor de iluminancia, y las propiedades físicas de la luz emitida por la unidad de retroiluminación se modulan S30 - S40 en función de la iluminancia externa monitoreada, para adaptar las propiedades ópticas de la pantalla a las condiciones de luz ambiental. Se dan más detalles en cuanto a la operación de los dispositivos actuales en la siguiente sección.

25 Las realizaciones anteriores se han descrito sucintamente en referencia a los dibujos adjuntos y pueden acomodar una serie de variantes. Se pueden contemplar varias combinaciones de las características anteriores. Se dan ejemplos en las siguientes secciones.

2. Descripción detallada de los dispositivos de pantalla como se representa en las figuras 1 - 9 y su funcionamiento

30 2.1 Figuras 1, 2A y 2B

Como se describe en la sección 1, los dispositivos representados en las figuras 1 - 2 implican una porción de material activo de estado sólido 10 provisto en forma de una capa o una porción de capa. El material de esta capa tiene un índice de refracción y/o una absorción óptica que es permanente, pero reversiblemente, cambiante como resultado de, por ejemplo, una transición de un estado amorfo a un estado cristalino.

40 El material 10 está dispuesto encima de un reflector 15, que en esta realización es una capa de metal como platino o aluminio que es lo suficientemente gruesa como para reflejar una proporción sustancial de luz incidente, pero no demasiado gruesa, para permitir la retroiluminación transmisiva. Una capa espaciadora 14 se intercala entre el material 10 y el reflector 15. La capa de cobertura 16 se proporciona encima de la capa dieléctrica 10. La superficie superior 16s de la capa de cobertura 3 constituye la superficie de visualización 16s del dispositivo de pantalla 1, la, y el reflector 15 es un reflector posterior. La luz entra y sale a través de la superficie de visualización 16s como se indica por las flechas en la figura 2A. Sin embargo, debido a los efectos de interferencia que dependen del índice de refracción de la capa de material 10 y el espesor del espaciador 14, la reflectividad varía significativamente en función de las longitudes de onda de la luz. El espaciador 14 y la capa de cobertura 16 son ambos ópticamente transmisivos, e idealmente son lo más transparentes posible.

50 Cualquiera de las dos capas espaciadoras y de capa protectora pueden comprender capas "compuestas" de múltiples capas de material que tienen diferentes índices de refracción. De esta forma, se generan reflexiones internas parciales adicionales en las interfaces de estas capas múltiples, proporcionando la posibilidad de modos de interferencia más complejos que pueden permitir un mayor control de los espectros de reflexión de los estados disponibles. Para ese fin, el índice de refracción de la capa de cobertura típicamente sería al menos 1,6, y preferiblemente al menos 1,8, 2,0 o, incluso 2,2. Esto permite: (i) espectros de reflexión con alta reflectividad que se generarán en un rango estrecho de longitudes de onda, produciendo colores más vivos y, por lo tanto, una gama de colores más grande; y (ii) los espectros de reflexión deseados para que se sintonicen más independientemente en los múltiples estados del dispositivo.

La división de las capas de cobertura y espaciadoras en capas compuestas se puede hacer, por ejemplo, utilizando materiales que pueden incluir, por ejemplo, ZnO, TiO₂, SiO₂, Si₃N₄, TaO e ITO.

60 Para conmutar píxeles de área grande, se prefiere un mecanismo de conmutación térmica a la conmutación accionada por tensión. En la figura 1, la pila de capas 15 - 14 - 10 - 16 se deposita en consecuencia sobre una capa barrera 18 (que preferiblemente comprende nitruro de silicio, SiN_x, aunque puede utilizarse SiO₂, en variantes), que proporciona aislamiento eléctrico pero tiene una muy buena conexión térmica con el elemento calentador resistivo 17. La capa de barrera 18 es un aislante eléctrico que es térmicamente conductor de manera que la capa de barrera 18 aísla eléctricamente el elemento calentador resistivo 17 del elemento PCM 10, pero permite que el calor del elemento calentador resistivo 17 pase a través de la capa barrera 18 al elemento PCM 10. De esta forma, uno puede conmutar

el estado del elemento PCM, por ejemplo, entre un estado cristalizado (en respuesta a un primer perfil de calor aplicado) y un estado amorfo (en respuesta a un segundo perfil de calor aplicado).

5 La estructura de capas mostrada en la figura 1 se proporciona sobre un sustrato 23. En la sección 3.1 se dan ejemplos de materiales para las diversas capas 10 - 18, 21, 23.

10 Las capas se depositan mediante pulverización catódica, que se puede realizar a una temperatura relativamente baja de 100C. Las capas también se pueden modelar según sea necesario, utilizando técnicas convencionales conocidas de litografía u otras técnicas, por ejemplo, desde la impresión. Es posible que haya capas adicionales presentes en la estructura de la capa, si fuera necesario.

15 El dispositivo representado en la figura 1 se puede hacer que parezca un color uniforme, que luego se puede conmutar para que aparezca un color de contraste, o para que parezca mucho más oscuro o más claro cambiando la reflectividad. Muchas pilas de capas, como la pila 2 en la figura 1 se fabrican adyacentes entre sí en una matriz, cada estructura es individualmente controlable eléctricamente y constituye un píxel (o un subpíxel) de la pantalla general. En variantes, cada píxel puede comprender un grupo de pilas de capas distintas, como la pila 2 de la figura 1, adyacentes entre sí, en el que cada pila de capas en el grupo tiene un espesor diferente de la capa espaciadora 14, para explotar los efectos de interferencia y lograr diferentes colores de los (sub)píxeles.

20 Ventajosamente, la ubicación del calentador 17 en la pila no perturba la secuencia ordenada de las capas 10 - 14 - 15, que puede, a su vez, ser optimizada en términos de sus propiedades ópticas. Esto permite ajustar el espesor del espaciador, por ejemplo, para cada píxel o subpíxel, para aprovechar los efectos de interferencia que dependen del índice de refracción del PCM 10 y el espesor del espaciador 14. Por tanto, no hay necesidad de usar filtros de color, aunque tales filtros pueden ser usados, complementariamente a los espaciadores, si fuera necesario, por ejemplo, para ajustar aún más las propiedades ópticas. Asimismo, el dispositivo puede incluir atenuadores ópticos o atenuadores electroópticos o, todavía, cualquier filtro configurado para obtener un tono de pantalla deseado.

30 La estructura de la figura 1 hace posible explotar el hecho de que la reflectividad variará significativamente en función de las longitudes de onda de la luz, debido a los efectos de interferencia que dependen del índice de refracción (complejo) del PCM y del espesor de todas las capas de la pila óptica, incluido el del propio PCM. Como resultado, Las propiedades ópticas del dispositivo se pueden ajustar gracias al espaciador (por ejemplo, para conferir un "color" a un subpíxel), sin requerir filtros adicionales. Por tanto, los dispositivos actuales pueden diseñarse para aprovechar dos funciones ópticas, mientras se permite que se cambie una gran porción del PCM, gracias a la activación térmica.

35 Además, no es necesario que el elemento calefactor 17 sea transmisor a la luz, como si estuviera en contacto directo con el PCM, es decir, encima del reflector. En cambio, se puede optimizar con respecto a sus propiedades eléctricas/térmicas deseadas (por ejemplo, para obtener una alta resistencia).

40 En la figura 1, el calentador 17 está conectado en serie entre los electrodos de baja resistividad 221, 222, debajo del reflector 15, para optimizar la conversión de energía mientras se energiza el píxel y minimizar el consumo de energía. Esto simplifica aún más la estructura general, en la medida en que los únicos contactos eléctricos están en la parte trasera de la estructura 2, sin electrodos intercalando las regiones ópticas activas que se necesitan.

45 Asimismo, un elemento no lineal (fuerte) 21 se inserta preferiblemente en serie en las rutas actuales, para calentar más selectivamente el calentador y, a su vez, conmutar el PCM. Esto es útil en pantallas de matriz pasiva, en el que los píxeles PCM están conectados a través de uniones de electrodos de barra transversal de una estructura de dirección matricial, para evitar los 'pasajes furtivos' entre píxeles vecinos, como se discutió en la sección 3.

50 Una operación (simple) de una estructura de píxeles como se muestra en la figura 1 se ilustra en las figuras 2A - 2B. Por simplicidad, las estructuras calefactoras no se muestran en las figuras 2A - 2B y en dibujos posteriores. Sin embargo, en principio se pueden colocar en cualquier lugar que ofrezca un buen enlace termoconductor a la capa PCM 10.

55 Como se mencionó antes, el reflector 15 es parcialmente transparente y parcialmente reflectante. El sistema de retroiluminación 40 comprende típicamente LED 46, aunque podrían usarse otras fuentes de luz. Los LED podrían ser blancos o RGB y proporcionar una iluminación general uniforme para la pantalla. Preferentemente, el reflector 15 está hecho de aluminio; es lo suficientemente delgado como para permitir que la luz de la retroiluminación directa pase a una intensidad suficiente. El reflector 15 está diseñado preferiblemente para tener una reflectividad que esté entre 70 % y 90 %, por ejemplo, del 80 % (y una transmisión del 20 %).

60 En la figura 2A, los niveles de luz ambiental son suficientes para que la luz reflejada desde el espejo 15 sea visible y la retroiluminación esté apagada. Las flechas muestran que, en el modo reflectivo, la luz entra y sale a través de la capa de cobertura 16, pasando así por la pila PCM 14 - 10 - 16 dos veces, aunque se perderá algo de luz a través de la transmisión a través del espejo delgado 15. En la figura 2B, a bajos niveles de ambiente u oscuridad, la retroiluminación se enciende y la luz de los LED sigue el camino indicado por las flechas, pasando por el espejo 15 y la pila PCM solo una vez. La intensidad de la retroiluminación generalmente se puede ajustar para proporcionar una

65

pantalla adecuadamente brillante para el usuario.

Los modos de operación reflexivos y de transmisión implican uno y dos pases a través de la pila PCM, respectivamente. Es de esperar que los colores producidos en cada caso sean diferentes para la luz ambiental y la retroiluminación de la misma composición espectral. Sin embargo, es posible variar la composición espectral de la retroiluminación para compensar esto, equilibrando así el color en ambos modos de operación.

Se puede implementar un tipo similar de compensación en cada realización en el que los dos modos implican diferentes números de pases, por ejemplo, como en la figura 3. Por tanto, los métodos actuales comprenden preferiblemente una etapa adicional de variar la composición espectral de la retroiluminación para compensar las diferencias en los colores de la pantalla que surgen debido a los modos de operación reflectantes y de transmisión.

Una mejora adicional puede ser montar los LED de retroiluminación en un recinto reflectante, aumentando la intensidad de la luz dirigida a través de la pila PCM.

Dado que cada píxel se puede usar tanto para operaciones reflexivas como transmisivas, la resolución general de una pantalla transflectiva basada en PCM sigue siendo la misma independientemente del modo operativo y el nivel de iluminación.

Como apreciará el experto en la materia, muchas de las opciones de diseño discutidas en la sección 2.1 también puede contemplarse en las realizaciones de las figuras 3 - 9.

2.2 Figuras 3A - 3B

Las figuras 3A - 3B ilustran una realización en la que la capa espaciadora 14 sirve tanto como una guía de onda para iluminar de nuevo los elementos de la pila PCM como también como una capa espaciadora para ajustar el color de cada píxel PCM, como se ha descrito previamente. Bajo altos niveles de luz ambiental, la retroiluminación está apagada (figura 3A), la luz ambiental pasa a través de la pila PCM y luego se refleja en el espejo 15, que es lo suficientemente grueso como para garantizar altos niveles de reflectividad. El paso de la luz es como se indica esquemáticamente por las flechas en los dibujos (aquí se utilizan diferentes tipos de guiones para denotar diferentes longitudes de onda de luz incidente/reflejada). Las capas de revestimiento 11 a cada lado de la guía de ondas - capa espaciadora 14 no juegan un papel sustancial en este caso ya que la luz esencialmente pasa a través de ellas.

En la figura 3B, los niveles de luz ambiental son bajos y la retroiluminación se enciende para lanzar la luz a la guía de ondas desde un lado lateral (perpendicular a la dirección de apilamiento z de las capas). Las capas 11, que tienen un índice de refracción más bajo en relación con la guía de ondas - espaciador 14, sirven como revestimiento a la guía de onda para garantizar que se produzca una reflexión interna total en la interfaz y permitir que la guía de onda propague una variedad de modos. La guía de onda 11, 14 puede propagar una amplia gama de modos y, por lo tanto, proporcionar una iluminación sustancialmente blanca. En variantes, se puede emplear un rango más restringido de modos, dependiendo del diseño y aplicación deseados.

Independientemente de la propagación modal de la retroiluminación, es necesario acoplar la luz de la guía de ondas - espaciador 11, 14 y a través de la pila, como lo ilustran las flechas verticales.

Esto normalmente se puede lograr mediante el uso de una superficie de salida microestructurada 144 en la cara lateral de la guía de ondas, tal y como se ilustra en la figura 3. En variantes, el revestimiento podría reducirse en espesor o eliminarse por completo en la región de acoplamiento de la pila PCM - guía de onda. También podrían usarse otras técnicas conocidas en la técnica.

Se usa una matriz de apagón 19 entre los píxeles 2b para garantizar que no haya fugas de luz alrededor de los píxeles.

En las figuras 3A - 3B, se ilustran tres píxeles, que podría funcionar como los píxeles RGB de una pantalla, por ejemplo. El color individual se puede ajustar usando la pila PCM como un filtro, por ejemplo, ajustando el espesor de la pila PCM en su conjunto, en cuyo caso cada pila sería diferente y personalizada de acuerdo con el color de salida requerido. La operación de un solo paso del modo de retroiluminación también debería tenerse en cuenta. Todavía, se pueden contemplar varias opciones, tal como se comenta a continuación.

Por ejemplo, es posible acoplar selectivamente diferentes colores de la guía de ondas - espaciador 11, 14 utilizando superficies de salida microestructuradas 144, en cuyo caso la pila PCM funcionaría predominantemente como un controlador de la intensidad. En variantes, la propia guía de onda propaga solo los colores seleccionados, contribuyendo así al color de cada píxel. En otras variantes, se inyecta una gama de colores diferentes en la guía de onda 11, 14, proporcionando un mayor control de las características espectrales de la pantalla. Se pueden emplear combinaciones de las opciones anteriores para garantizar que la pantalla tenga la gama de colores apropiada requerida para la operación transflectiva.

2.3 Figura 4

La figura 4 ilustra otra realización, operada mientras la retroiluminación está encendida. Se utiliza una guía de onda adicional 12. A diferencia de la figura 9, la realización de la figura 4 usa una guía de onda adicional 12 ubicada debajo del reflector 15. Incluso, el reflector 15 incluye una serie de aberturas 152 debajo (o, en variante, llegando al borde de la capa PCM 10). Las aberturas pueden fabricarse mediante litografía u otras técnicas conocidas en la técnica. La luz se propaga desde la retroiluminación 40 en el borde de la guía de onda 12 por reflexión interna total en la interfaz reflector - guía de onda. Sin embargo, las aberturas 152 en la capa de espejo 15 permiten que la luz escape de la guía de onda 12 y llegue a la pila PCM superior 14 - 10 - 16 (que aquí se puede hacer que se extienda a un subconjunto de incluso el conjunto completo de píxeles), y salga del dispositivo en la parte superior hacia el espectador.

Tenga en cuenta que los revestimientos (no mostrados en la figura 4) normalmente serían necesarios para la guía de onda 12, aunque el reflector 15 ya puede desempeñar el papel de un revestimiento en la parte superior de la guía de onda 12 (aunque una capa de revestimiento entre la guía de onda 12 y el reflector superior 15 puede mejorar el rendimiento). Por tanto, un reflector, una capa de revestimiento o un espacio de aire se pueden proporcionar en el borde inferior del núcleo de la guía de ondas 12.

Cuando el nivel de luz ambiental es suficientemente alto, la retroiluminación se puede apagar y la luz ambiental pasa a través de la pila PCM al espejo en el que se refleja de nuevo a través de la pila PCM al espectador.

2.4 Figura 5

La figura 5 ilustra una variante de la figura 4, en el que la guía de onda adicional 12 incorpora un conjunto de lentes 122 modelado en la interfaz con el reflector 15, para que las aberturas 152 en el reflector 15 se alineen con la matriz de lentes. Un conjunto de espejos 162 alineados de manera similar está modelado en o sobre la capa de cobertura 16.

Con poca luz ambiental, la retroiluminación está encendida y la luz se propaga por la guía de onda 12, igual que antes. Las lentes 122 interceptan la luz y enfocan la luz hacia arriba a través del reflector 15 hacia el conjunto de espejos 162. La luz pasa a través de la pila PCM 14 - 10 - 16 y es interceptada por el conjunto de espejos 162, para que luego se refleje a través de la pila PCM y, a su vez, reflejado nuevamente por el reflector 15. La luz generalmente pasa a través de la pila un máximo de tres veces, pero las matrices se pueden diseñar ópticamente para lograr un nivel intermedio de rendimiento. Una disposición como se muestra en la figura 5 hace posible cambiar efectivamente la función de transferencia espectral de la pila PCM, ofreciendo una mayor flexibilidad en el diseño.

2.5 Figuras 6A - 6B

La figura 6A ilustra una realización en la que un filtro de paso de banda estrecha 13 se coloca debajo de la pila PCM 14-10-16 y encima de la guía de onda 12. Una curva de transmisión espectral típica del filtro de banda estrecha 13 se ilustra en la figura 6B.

Con poca luz ambiental, la retroiluminación está encendida y la luz se propaga por la guía de onda 12. La luz se acopla de la guía de onda 12 usando microestructuras 124 o, en variantes, otras estructuras de acoplamiento de salida como se enumeran en la sección. 1, y pasa a través del filtro de banda estrecha 13. El filtro de banda estrecha 13 condiciona aún más el rango espectral de la retroiluminación desde la guía de onda 12 que pasa a través de la pila PCM 14 - 10 - 16, permitiendo un control más preciso de las características espectrales de cada píxel.

2.6 Figuras 7A - 7B

La figura 7A ilustra una realización adicional, en el que una capa de fósforo 154 se coloca entre la pila de PCM 14 - 10 - 16 y el reflector 15. Una fuente de retroiluminación (que normalmente opera en la región UV/azul del espectro) está acoplada a la guía de onda 12 y esta luz se propaga hacia abajo por la guía de onda 12, como antes. Luego, la luz se acopla de la guía de ondas y a través de la capa de fósforo, por ejemplo, usando microestructuras 124 proporcionadas en una interfaz con el reflector 15. La capa de fósforo 154 convierte hacia abajo la iluminación UV/azul en visible después de la transmisión a través del reflector 15, que tiene características espectrales típicas como se muestra en la figura 7B. De esta forma, la luz se puede acoplar eficientemente en la pila PCM 14 - 10 - 16, mientras se asegura que la luz ambiental en el régimen visible se refleje fuertemente por el reflector 15, y esto, sin que sean necesarias aberturas en el reflector.

El uso de un fósforo tiene la ventaja adicional de que la iluminación UV de la luz solar se convierte en luz visible para un mayor aumento del brillo. En lugar de una capa fotofluorescente, se podría usar una estructura de puntos cuánticos para mejorar la eficiencia y/o la coincidencia de emisiones con la reflectividad de píxeles.

2.7 Figura 8

La figura 8 ilustra una variante de la realización de la figura 3, en el que la capa separadora 14 opera de manera similar como una guía de onda iluminada por una retroiluminación del borde 40. El acoplamiento entre la retroiluminación y

la guía de ondas - espaciador 14 se optimiza utilizando un elemento óptico difractivo 50, de modo que no sea necesario el revestimiento. Aquí, la capa de guía de ondas - espaciador incorpora además características de dispersión 126 que tienen una función similar o similar a las microestructuras incorporadas en el revestimiento de la figura 3. Las características 126 coinciden con la posición de los píxeles y, por lo tanto, dirigen la luz hacia la pila PCM superior 14 - 10 - 16. Alternativamente en una escala más fina, tales características 126 pueden usarse para controlar la distribución espacial de la iluminación que pasa a través de pilas de PCM individuales, para optimizar las propiedades ópticas de la pantalla.

2.3 Figura 9

Otra realización se ilustra en la figura 4, en el que una guía de onda adicional 12 se coloca ahora sobre la pila de capas PCM en una configuración de luz frontal. En la figura 4, se supone que la luz ambiental es baja y la retroiluminación está encendida. La luz está acoplada a la guía de onda 12 desde la retroiluminación del borde 40 y se propaga a través de la guía de onda 12, confinado por capas de revestimiento 11. La luz que se propaga alcanza un área de acoplamiento 124 en cuyo punto se dispersa hacia abajo en la pila de capas PCM desde arriba. Como se asume en la figura 9, el área de acoplamiento 15 puede ser una superficie microestructurada que dirige preferentemente la luz hacia la pila PCM 14 - 10 - 16 en lugar de hacia el espectador. Como resultado de la luz acoplada a la pila inferior 15 - 14 - 10 - 16, esta última funciona como un sistema reflectante en el que el reflector 15 es lo suficientemente grueso como para reflejar (casi) toda la luz de la guía de onda 12 de regreso a través de la pila PCM 14 - 10 - 16, y de regreso a través de la guía de onda 12 y fuera de la pantalla para el espectador (en la parte superior).

Como la guía de onda 12 no es parte de la pila PCM, puede estar aquí nuevamente optimizado para la iluminación sin tener que tener en cuenta el funcionamiento de la pila PCM.

3. Realizaciones específicas y detalles de implementación técnica

3.1 Materiales y dimensiones de la capa

Preferentemente, el PCM 10 comprende o está compuesto por $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (también conocido como GST). Todavía, se pueden utilizar otros materiales, incluidos compuestos o aleaciones de las combinaciones de materiales seleccionados de la siguiente lista: GeSbTe , GeTe , GeSb , GaSb , AgInSbTe , InSb , InSbTe , InSe , SbTe , TeGeSbS , AgSbSe , SbSe , GeSbMnSn , AgSbTe , AuSbTe y AlSb . También se entiende que son posibles diversas formas estequiométricas de estos materiales. Por ejemplo, más allá de $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST), se pueden usar otras formas estequiométricas de $\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$. Otro material adecuado es $\text{Ag}_3\text{In}_4\text{Sb}_7\text{Te}_{17}$ (también conocido como AlST). Asimismo, el PCM 10 puede comprender uno o más dopantes, como C o N.

La capa o las porciones de capa 10 tienen preferiblemente menos de 100 nm de espesor, y preferiblemente menos de 10 nm de espesor, como 6 o 7 nm de espesor.

Los PCM preferidos son aquellos que favorecen la conmutación uniforme (masiva), es decir, involucrando una gran porción de material en el proceso de conmutación, a diferencia de la conmutación filamentaria. Sin embargo, el sistema puede estar diseñado para permitir la formación de filamentos múltiples (paralelos), que, eventualmente, también puede reunirse para el presente propósito. Incluso, si el espesor del PCM es demasiado alto, puede que no garantice un cambio adecuado, de ahí la necesidad de restringir el espesor de la capa PCM, como se ejemplificó anteriormente.

Para las realizaciones que se basan en los estados de PCM de distintos índices de refracción, Por lo general, se necesita una diferencia de al menos 0,2 sobre al menos parte del rango de longitud de onda visible para los índices de refracción de los dos estados del PCM. Por ejemplo, uno puede tener $n = 2,4$ en el estado de índice de refracción alto y $n = 1,6$ en el estado de índice de refracción bajo. La diferencia de los índices de refracción en los dos estados generalmente oscilará entre 0,2 y 4. Los valores típicos de los índices de refracción y los coeficientes de extinción para PCM típicos se pueden encontrar, por ejemplo, en "WHP Pernice y H. Bhaskaran, Photonic non-volatile memories using phase change materials, Applied Physics Letters, 101, 011243 2012".

Para realizaciones que dependen de la conmutación térmica, el perfil de temperaturas que se necesita alcanzar en el PCM para que cambie normalmente puede estar en el rango de 500 - 600 °C para GST, o incluso más alto (> 600 °C). La temperatura de conmutación depende del material, y no todos los materiales cambian a las mismas temperaturas.

Cada una de la capa de cobertura y el espaciador pueden comprender, por ejemplo, óxido de titanio, óxido de cinc y óxido de indio y estaño. La capa espaciadora 14 crece para tener un espesor que típicamente está en el rango de 10 nm a 250 nm, dependiendo del color y las propiedades ópticas requeridas, y si dicha capa necesita ser eléctricamente aislante o no. La capa de cobertura 16 puede, por ejemplo, tener 20 nm de espesor.

El aluminio o la plata pueden usarse típicamente para el reflector 15. El reflector puede estar hecho, por ejemplo, de una capa de plata (por ejemplo, 30 - 50 nm de espesor) o de una capa de aluminio (por ejemplo, 20 - 40nm de espesor).

Las dimensiones laterales de los píxeles no están específicamente limitadas (pero son típicamente más de 0,5 nm). La dimensión máxima, lateral de la estructura de capas depende del tipo de pantalla contemplada, su resolución, la arquitectura y los materiales utilizados.

5 Se desea un grado mínimo de transparencia para las capas 16, 10 y 14. Por lo general, se necesita al menos 10 % de transmitancia de luz incidente. Para la capa PCM, por lo general, se necesita un mínimo del 1 %. Los valores exactos de transmitancia dependen del espesor real de las capas. El reflector 15 necesita, en general, típicamente ser ópticamente grueso, excepto en el que se usa retroiluminación transmisiva. En ese caso, el reflector preferiblemente tiene una reflectancia que está entre 70 y 90 %, por ejemplo, del 80 %, de media, sobre el rango de longitudes de onda de interés. Además, su reflectividad puede acercarse al 100 %.

15 El elemento calentador resistivo 17 puede incluir, por ejemplo, un metal o material de aleación metálica que exhibe baja resistividad y una conductividad térmica sustancialmente alta. Por ejemplo, el elemento calentador resistivo puede estar formado de nitruro de titanio (TiN), nitruro de tantalio (TaN), níquel cromo silicio (NiCrSi), níquel cromo (NiCr), tungsteno (W), titanio-tungsteno (TiW), platino (Pt), tantalio (Ta), molibdeno (Mo), niobio (Nb), o iridio (Ir), o cualquiera de una variedad o una combinación de metal o aleaciones metálicas similares que tienen las propiedades anteriores y tienen una temperatura de fusión que es más alta que la temperatura de fusión del elemento PCM 10.

20 El espesor promedio del elemento de calentamiento 17 está preferiblemente entre 20 nm y 2 µm, y más preferiblemente entre 60 nm y 140 nm.

25 El calentador puede necesitar ser sustancialmente transparente para permitir el paso de la luz a través de la pila PCM, especialmente si se encuentra entre la retroiluminación directa y el reflector, como en la figura 1. El calentador puede no contribuir a las propiedades ópticas de cada píxel o puede tener una función activa para determinar la función de transferencia óptica, dependiendo de esta aplicación buscada.

30 La capa de barrera 18 puede estar formada de SiN, AlN, SiO₂, carburo de silicio (SiC), diamante (C) u otro material de barrera que tenga las propiedades requeridas. Su espesor se adaptará para lograr el nivel de aislamiento eléctrico deseado.

35 Si es necesario, se puede confiar en varios tipos de elementos de conmutación resistiva (o RSE, véanse, por ejemplo, elemento 21 en la figura 1), que tienen características no lineales adecuadas. Por ejemplo, y dependiendo de su ubicación en el dispositivo, los RSE pueden diseñarse como dispositivos de conmutación de umbral, por ejemplo, como interruptores de umbral ovónicos, dispositivos de transición de aislante de metal, diodos (por ejemplo, película delgada, plano, etc.), o un umbral de interruptores de vacío. Quizás lo más práctico sea proporcionarlo como una mera porción de capa. Los RSE 21 de la figura 1 pueden comprender, por ejemplo, un óxido, un nitruro, un sulfuro, un oxinitruro y/o diamante. Por ejemplo, un RSE puede comprender uno o más materiales que comprenden, cada uno, uno o más de los siguientes compuestos: NbO_x, VO_x, HfO₂, SiO₂, ZrO₂ y TiO₂. Usando tales materiales, el espesor medio de la RSE (cuando se proporciona en forma de una capa o porción de capa 21 como en la figura 1) está preferiblemente entre 10 y 100 nm, y más preferiblemente entre 10 y 30 nm.

El sustrato 23 (véase la figura 1) sobre el que se estampan los píxeles puede comprender, por ejemplo, una oblea semiconductor, SiO₂, o un sustrato flexible como una película de polímero.

45 3.2 Elementos no lineales para visualización de matriz pasiva

50 Como se evoca justo arriba, el presente dispositivo de pantalla puede comprender además un conjunto de elementos no lineales, RSE monoestable, que puede formar parte de los píxeles, especialmente si los píxeles se conmutan térmicamente. Los RSE son, cada uno, en comunicación eléctrica con un elemento calefactor de uno de los píxeles. Están diseñados para exhibir una baja resistencia, estado inestable y una alta resistencia, estado estable. El estado de baja resistencia permite que el elemento calefactor se energice a través del RSE, para calentar el PCM y cambiar reversiblemente un índice de refracción y/o una absorción óptica del mismo, en funcionamiento. El estado de alta resistencia permite mitigar las corrientes de fuga, para evitar el cambio involuntario del PCM de uno de sus estados al otro, en funcionamiento. Por tanto, el controlador de pantalla puede configurarse para energizar cualquiera de los píxeles a través de uno de los RSE respectivos, para conmutar este último de su estado de alta resistencia a su estado de baja resistencia, para energizar un elemento calefactor respectivo y, a su vez, cambiar reversiblemente un índice de refracción y/o una absorción de un PCM respectivo.

60 Por tanto, los RSE permiten filtrar corrientes parásitas o señales de tensión, tales como corrientes de "pasajes furtivos" o corrientes de fuga y similares. Esto, a su vez, evita el cambio involuntario de los elementos PCM. Esta solución es particularmente beneficiosa para pantallas de direccionamiento de matriz pasiva, tal como se comenta a continuación.

3.3. Conmutación PCM

65 Las señales aplicadas desde el controlador de pantalla 30 pueden, por ejemplo, causar señales S₁, S₂ que se generará en la salida del elemento RSE 21 (figura 1), qué señales de salida tienen características de pulso (amplitud y duración)

que determinan los perfiles de calor logrados posteriormente en el elemento calentador 17 y, a su vez, el calor transferido al PCM 10. Por ejemplo, una señal S_1 con primeras características se proporciona al calentador mientras que el PCM se encuentra en un estado amorfo, para configurar el PCM a un estado cristalino. Por ejemplo, la señal aplicada S_1 hace que se genere un primer perfil de temperatura P_1 en el PCM (desde el elemento calefactor). En respuesta a la aplicación de la primera señal al calentador, este último genera calor que se conduce al PCM para inducir una temperatura T_1 mayor que la temperatura de cristalización T_c , pero menor que la temperatura de fusión T_m , y que permanece mayor que T_c durante un tiempo suficiente para cristalizar el PCM.

De manera similar, bajo la aplicación de una señal adecuada por parte del controlador, se puede generar una segunda señal S_2 con segundas características en la salida del RSE, mientras que el PCM todavía está en un estado cristalino. Esto, a su vez, genera un segundo perfil de calor P_2 en el PCM, que establece el PCM de nuevo a un estado amorfo. El segundo perfil de calor es generado por el elemento calentador resistivo 17 en respuesta a la segunda señal, por el cual el calor se conduce al PCM. Esto resulta, en el PCM, en una temperatura T_2 que ahora es mayor que la temperatura de fusión T_m , e induce una transición a una fase líquida.

Permitir que la temperatura decaiga rápidamente después del borde descendente del pulso aplicado da como resultado la solidificación de PCM en el estado amorfo. Los perfiles de temperatura del calentador T_1 , T_2 generado por el calentador puede tener típicamente la misma forma que los perfiles de intensidad de corriente S_1 , S_2 obtenido en el RSE.

Los pulsos aplicados desde el controlador de pantalla se pueden ajustar y refinar, por ejemplo, por prueba y error, y en base a todos los parámetros relevantes, comenzando con la naturaleza de los materiales involucrados y sus dimensiones. A ese respecto, los materiales 21, 17, 18, 15, 14, 10, 16 pueden seleccionarse y diseñarse (por ejemplo, en términos de espesor) para tener propiedades térmicas, ópticas y/o eléctricas que aseguran una rápida disipación del calor del PCM 10, por ejemplo, mitiga la recristalización de la PCM posterior a la fusión (durante el proceso de amorfización).

3.4 Estructuras de barra transversal para pantallas de matriz pasiva

Los dispositivos de pantalla actuales se realizan preferiblemente como pantallas de direccionamiento de matriz pasiva. Dichos dispositivos de pantalla comprenden además una disposición de pares de electrodos, en el que cada uno de los pares de electrodos está en comunicación eléctrica con un elemento calefactor de uno de los píxeles, a través de uno de los RSE respectivos que está conectado en serie entre los electrodos de cada par, para que cada uno de los píxeles sea direccionable individualmente por el controlador en el dispositivo de pantalla.

Por ejemplo, la pantalla esquemática de matriz pasiva de la figura 10 involucra los electrodos de la fila 221 y la columna 222 en una configuración de punto de cruce con los píxeles 2 ubicados alrededor de cada punto de cruce. Por simplicidad, los píxeles 2 se ilustran en cada punto de cruce en el diagrama de la figura 10. En la práctica, sin embargo, los píxeles 2 pueden necesitar un desplazamiento lateral (como se ilustra en la figura 11) desde los puntos de cruce. Todavía, más sofisticado, se pueden idear estructuras 3D, para evitar configuraciones de desplazamiento y aumentar el factor de relleno de píxeles. En el sistema de la figura 10, los electrodos de fila 221 son direccionados por un multiplexor 31 y los electrodos de columna 222 por otro multiplexor 32. Los multiplexores son controlados por un microprocesador 36 mientras que la temporización y las señales son manejadas por un generador de funciones 34. Se puede considerar que los elementos 31 - 36 forman parte del controlador de pantalla 30 discutido previamente. Todos los elementos de interfaz electrónicos necesarios son bien conocidos *per se* en la técnica, por ejemplo, son características estándar de una pantalla de matriz pasiva, que facilitan la interfaz de una pantalla de píxeles PCM. Todavía, el generador de funciones 34 necesita ser alimentado o tener acceso a definiciones de forma de onda adecuadas y sus funciones de temporización deben adaptarse a la temporización involucrada en la secuencia actual de eventos, teniendo en cuenta los tiempos de respuesta de las RSE 21, los elementos calefactores 17 y PCM 10.

En el ejemplo de la figura 1, el RSE 21 está integrado en el píxel, es decir, el RSE se apila en la estructura de capa 2 de los píxeles. Este enfoque simplifica la fabricación del dispositivo 1 ya que el RSE simplemente requiere una deposición de capa adicional cuando se forma la pila. Tenga en cuenta que la pila de capas 2 se encuentra en los electrodos 221, 222, con el RSE 21 uniendo los electrodos, pero la pila de capas 2 no está intercalada entre los electrodos. En ese sentido, el paso eléctrico y los pasos térmicos/ópticos están correlacionados, lo que evita que los electrodos interfieran con las propiedades ópticas de los píxeles. Más generalmente, el paso eléctrico y el paso de calentamiento pueden, en las realizaciones, estar parcialmente correlacionados, dado que los píxeles pueden estar dispuestos al nivel de los electrodos debajo, con una o unas pocas capas de la pila uniendo los electrodos, mientras capas adicionales en la parte superior, que son térmicamente conductores, extenderse más allá del camino eléctrico, sin ser emparedado por los electrodos.

En estructuras usuales de dispositivos de punto de cruce, el elemento activo se fabrica comúnmente en el punto de cruce y se intercala entre los electrodos de la fila y la columna. Sin embargo, en el contexto actual (una pantalla), es posible que desee evitar una configuración tipo intercalada y evitar que los electrodos interfieran con las propiedades ópticas de los píxeles. Esto se puede resolver simplemente desplazando lateralmente los píxeles. Esto se ilustra en la figura 11. Aquí, cada píxel 2 está desplazado lateralmente (es decir, en una dirección perpendicular a la dirección de

apilamiento z de la estructura de capas) desde el punto de cruce formado en la intersección de los electrodos 221, 222. Todavía, los electrodos 221, 222 están en comunicación eléctrica con el RSE (no visible en la figura 11) del píxel representado 2. Por ejemplo, un borde del píxel 2 puede ser paralelo y a una distancia de uno 222 de los electrodos y ser contactado por un brazo auxiliar 222a, formando una unión con la porción de electrodo 222. Otro borde contiguo del mismo píxel 2 puede por lo tanto estar en contacto directo con el otro electrodo 221.

Como resultado de colocar el píxel lejos del punto de cruce, es necesario aislar el punto de cruce de los electrodos de fila y columna, por ejemplo, utilizando un elemento dieléctrico o puente 225. El aislamiento puede, sin embargo, ser ya proporcionado por una capa en la que los electrodos están incrustados.

Por ejemplo, el puente 225 puede fabricarse a partir de un material polimérico que primero se fabrica litográficamente sobre los electrodos de columna 222 en cada punto de cruce, por ejemplo, en la forma de una forma de disco. El disco de polímero se calienta después de la temperatura de transición vítrea de manera que cada disco forme una forma lenticular, que luego se enfría. La fabricación de los electrodos de fila 221 sobre los electrodos de columna 222 y la capa de puente 225 tiene lugar entonces, con la forma lenticular del puente 225 guiando los electrodos de fila 221 sobre cada punto de cruce mientras minimiza los gradientes agudos, lo que podría conducir a una mayor resistencia o fallos. En variantes, el puente puede fabricarse como un óxido (por ejemplo, Si_3N_4), depositado a través de una máscara.

Si bien no permite la mayor densidad de píxeles, la configuración de desplazamiento de la figura 11 es bastante adecuado para muchas aplicaciones de pantalla y normalmente cubrirá el 70 % o más del área activa. Por ejemplo, una matriz negra puede usarse para cubrir áreas restantes (que no sean áreas de píxeles), incluyendo electrodos 221, 22 y puentes dieléctricos 225.

En variantes, se puede contemplar una estructura más sofisticada, que permite un mayor relleno de píxeles. Un aspecto clave de tales variantes es conectar los electrodos 221, 222 a elementos de calentamiento de los píxeles a través de vías transversales. En concreto, cada par de electrodos se puede hacer en comunicación eléctrica con un elemento calefactor de un píxel a través de dos vías transversales (no mostradas), que se extienden, cada una, paralela a la dirección de apilamiento z de la estructura de capas.

En el ejemplo de la figura 10, todos los píxeles 2 en la matriz se pueden abordar de forma independiente mediante una aplicación secuencial de señales entre cada combinación de electrodos de fila (221) y columna (222). Como se evoca en la subsección anterior, esto se puede lograr aplicando una señal de selección de fila (por ejemplo, una tensión de una polaridad y magnitud dada que en sí mismo no es suficiente para activar el RSE, es decir, más pequeña que una tensión umbral dada V_0) a cada electrodo de fila. Mientras esta señal esté vigente para cada fila, una señal de direccionamiento de polaridad opuesta (con magnitud y duración para cristalizar, re-amorfar o dejar sin cambios la región PCM en cada intersección de la fila activa actualmente) se aplica a cada electrodo de columna simultáneamente. La señal de polaridad opuesta a la señal de selección de fila puede causar la tensión total, en combinación con la tensión de selección de fila, a través del calentador y el elemento RSE de los píxeles previstos en la fila, exceder V_0 y dar como resultado el impulso de corriente deseado. De esta manera, cada fila de la matriz se puede direccionar en un período de tiempo determinado, y todas las filas se pueden direccionar secuencialmente dentro del tiempo de cuadro asignado para actualizar la imagen completa en la pantalla.

Tal direccionamiento por filas es un método estándar en la conducción de pantallas. Otros esquemas, de direccionamiento de matriz pasiva más complejos también se conocen, que usan formas de onda ortogonales aplicadas a las filas como señales de activación, permitiendo que se activen varias filas dentro de la matriz al mismo tiempo mientras se mantiene la independencia de la señal de conmutación resultante en cada intersección. Tales esquemas de "unidad de matriz" o "unidad paralela" también pueden aplicarse a pantallas basadas en PCM de acuerdo con realizaciones.

Por el contrario, las filas se pueden direccionar en un orden no secuencial y las filas se pueden direccionar más de una vez en un período de marco determinado, con una porción de los píxeles en cada fila dirigida durante el período de activación, con el fin de separar espacialmente los píxeles que se activan simultáneamente o durante períodos temporalmente cercanos. Esto puede permitir una disipación de calor más efectiva de píxeles individuales y evitar una acumulación local de calor de píxeles que se activan en una sucesión espacial y temporal cercana, que pueden interferir con la re-amorfarización exitosa de los píxeles.

Más generalmente, los métodos para controlar dispositivos de pantalla como se describen en el presente documento pueden comprender, en particular, energizar repetidamente los píxeles, a través del controlador de pantalla 30, para conmutar reversiblemente los RSE 21 en comunicación eléctrica con los respectivos elementos calefactores de los píxeles y energizar los respectivos elementos calefactores 17. Esto, como se mencionó antes, permite que los respectivos PCM 10 se conmuten de forma reversible.

Los dispositivos descritos anteriormente pueden, en general, ser utilizados en la fabricación de pantallas y (sub)píxeles en dispositivos de pantalla. El fabricante puede distribuir los dispositivos resultantes en forma cruda (es decir, como un solo producto que tiene múltiples dispositivos sin empaquetar) o en forma empaquetada. En cualquier caso, el

dispositivo puede integrarse con otros dispositivos, elementos de circuito discreto y/u otros dispositivos de procesamiento de señales como parte de (a) un producto intermedio o (b) un producto final. El producto final puede ser cualquier producto que incluya un dispositivo óptico como el descrito anteriormente, que va desde aplicaciones de gama baja hasta productos avanzados.

5 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a un número limitado de realizaciones, variantes y los dibujos adjuntos, se entenderá por los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, se pretende que esta divulgación no esté limitada a las realizaciones particulares divulgadas, pero que la presente invención incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10

Por ejemplo, se pueden contemplar otros materiales o espesores que los mencionados explícitamente en la descripción, siempre que entren dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de pantalla transreflectivo (1, 1a - 1h) que comprende:

5 un conjunto de píxeles (2, 2a - 2h), en el que cada uno de los píxeles comprende una porción (10) de material biestable, de cambio de fase (10), en adelante una porción PCM, teniendo al menos dos estados reversiblemente conmutables, en el que tiene dos valores diferentes de índice de refracción y/o absorción óptica; uno o más espaciadores (14), ópticamente transmisivo, y se extiende bajo porciones PCM del conjunto de píxeles; uno o más reflectores (15), extendiéndose debajo del uno o más espaciadores (14);

10 una estructura de energización, en comunicación térmica o eléctrica con las porciones PCM, a través del uno o más espaciadores;

un controlador de pantalla (30) configurado para energizar selectivamente, a través de la estructura de energización, porciones PCM de los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro;

15 una unidad de retroiluminación (40), configurada en el dispositivo para permitir la iluminación de las porciones PCM a través del uno o más espaciadores (14); y un controlador de unidad de retroiluminación (42), configurado para modular una o más propiedades físicas de la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40), **caracterizado por que:**

20 la unidad de retroiluminación (40) es una unidad de retroiluminación de borde (40), dispuesto en el dispositivo para iluminar las porciones PCM desde un lado lateral del dispositivo, a través de una o más guías de onda, en el que las guías de onda se extienden, cada una, en un mismo plano que es paralelo a un plano promedio de uno o más reflectores (15);

25 dicho uno o más reflectores (15) comprenden una capa reflectante que se extiende debajo del uno o más espaciadores (14);

la una o más guías de onda están configuradas como una guía de onda que se extiende debajo de dicha capa reflectante, opuesto al uno o más espaciadores (14) con respecto a dicha capa reflectante; y

30 el dispositivo comprende además estructuras ópticas, dispuestas en o sobre la capa reflectante, o en sus proximidades, las estructuras ópticas dispuestas con respecto a los píxeles para permitir que la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40) y reflejada internamente en dicha guía de onda salga hacia una porción PCM de cada uno de los píxeles.

2. Un dispositivo de pantalla transreflectivo (1, 1a - 1h) que comprende:

35 un conjunto de píxeles (2, 2a - 2h), en el que cada uno de los píxeles comprende una porción (10) de material biestable, de cambio de fase (10), en adelante una porción PCM, teniendo al menos dos estados reversiblemente conmutables, en el que tiene dos valores diferentes de índice de refracción y/o absorción óptica; uno o más espaciadores (14), ópticamente transmisivo, y se extiende bajo porciones PCM del conjunto de píxeles; uno o más reflectores (15), extendiéndose debajo del uno o más espaciadores (14);

40 una estructura de energización, en comunicación térmica o eléctrica con las porciones PCM, a través del uno o más espaciadores;

un controlador de pantalla (30) configurado para energizar selectivamente, a través de la estructura de energización, porciones PCM de los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro;

45 una unidad de retroiluminación (40), configurada en el dispositivo para permitir la iluminación de las porciones PCM a través del uno o más espaciadores (14); y un controlador de unidad de retroiluminación (42), configurado para modular una o más propiedades físicas de la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40), **caracterizado por que:**

50 la unidad de retroiluminación (40) es una unidad de retroiluminación de borde (40), dispuesto en el dispositivo para iluminar las porciones PCM desde un lado lateral del dispositivo, a través de una o más guías de onda, en el que las guías de onda se extienden, cada una, en un mismo plano que es paralelo a un plano promedio de uno o más reflectores (15);

55 cada uno de los uno o más espaciadores (14) están revestidos con capas de revestimiento, para formar dichas una o más guías de onda para que la unidad de retroiluminación (40) ilumine las porciones PCM a través del uno o más espaciadores (14); y

una o cada una de dichas capas de revestimiento está modelada con microestructuras o comprende estructuras ópticas diseñadas y dispuestas con respecto a los píxeles para permitir que la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40) y reflejada internamente en los separadores (14) salga hacia las porciones PCM de cada uno de los píxeles.

60

3. El dispositivo de pantalla transreflectivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que:

65 la estructura de energización es una estructura de calentamiento que está aislada eléctricamente de las porciones PCM y en comunicación térmica con ellas, a través del uno o más espaciadores; el uno o más espaciadores (14) son térmicamente conductores; y

el controlador de pantalla (30) está configurado para energizar la estructura de calentamiento para calentar selectivamente las porciones PCM de los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro.

- 5 4. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichos uno o más reflectores (15) están configurados como una capa reflectante que se extiende debajo del conjunto de píxeles.
- 10 5. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas estructuras ópticas comprenden uno o más de: estructuras con lentes, en contacto con dicha capa reflectante; orificios previstos en dicha capa reflectante; microestructuras en dicha capa reflectante o en una capa en contacto con dicha capa reflectante; y características de dispersión.
- 15 6. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende un filtro de paso de banda estrecha, el último incluye una pila de capas, en el que una o más de las capas de la pila actúan como dicha capa reflectante, la pila de capas está diseñada de otra manera para filtrar un rango espectral de luz que sale hacia las porciones PCM desde dicha guía de ondas, en funcionamiento.
- 20 7. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende además una palanca de cambio de longitud de onda en la parte superior de la capa reflectante, opuesto a la guía de ondas con respecto a la capa reflectante.
- 25 8. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho cada uno de los píxeles tiene una estructura de capa que incluye una porción distintiva de capa de PCM biestable, el último incluye una porción PCM que tiene al menos dos estados reversiblemente conmutables.
- 30 9. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la estructura de capas de cada uno de los píxeles incluye una capa de cobertura sobre una porción PCM de la misma, opuesto al uno o más espaciadores (14) con respecto a dicha porción PCM.
- 35 10. El dispositivo de pantalla transflectivo de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la capa de cobertura comprende estructuras ópticas reflectantes, como espejos planos o lentes, configurado para reflejar la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40) y acoplada hacia los píxeles hacia dicho uno o más reflectores (15).
- 40 11. Un dispositivo de pantalla transflectivo (1, 1a - 1h) que comprende:
 un conjunto de píxeles (2, 2a - 2h), en el que cada uno de los píxeles comprende una porción (10) de material biestable, de cambio de fase (10), en adelante una porción PCM, teniendo al menos dos estados reversiblemente conmutables, en el que tiene dos valores diferentes de índice de refracción y/o absorción óptica;
 uno o más espaciadores (14), ópticamente transmisivo, y se extiende bajo porciones PCM del conjunto de píxeles;
 uno o más reflectores (15), extendiéndose debajo del uno o más espaciadores (14); una estructura de energización, en comunicación térmica o eléctrica con las porciones PCM, a través del uno o más espaciadores;
 45 un controlador de pantalla (30) configurado para energizar selectivamente, a través de la estructura de energización, porciones PCM de los píxeles, para conmutar reversiblemente un estado de una porción PCM de cualquiera de los píxeles de uno de sus estados reversiblemente conmutables al otro;
 una unidad de retroiluminación (40), configurada en el dispositivo para permitir la iluminación de las porciones PCM a través del uno o más espaciadores (14); y un controlador de unidad de retroiluminación (42), configurado para modular una o más propiedades físicas de la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40), en el que:
 50 dicho cada uno de los píxeles tiene una estructura de capa que incluye una porción distintiva de capa de PCM biestable, el último incluye una porción PCM que tiene al menos dos estados conmutables reversiblemente; y la estructura de capas de cada uno de los píxeles incluye una capa de cobertura sobre una porción PCM de la misma, opuesto al uno o más espaciadores (14) con respecto a dicha porción PCM, **caracterizado por que:**
 55 la capa de cobertura comprende estructuras ópticas reflectantes, como espejos planos o lentes, configurado para reflejar la luz emitida desde la unidad de retroiluminación (40) y acoplada hacia los píxeles hacia dicho uno o más reflectores (15).

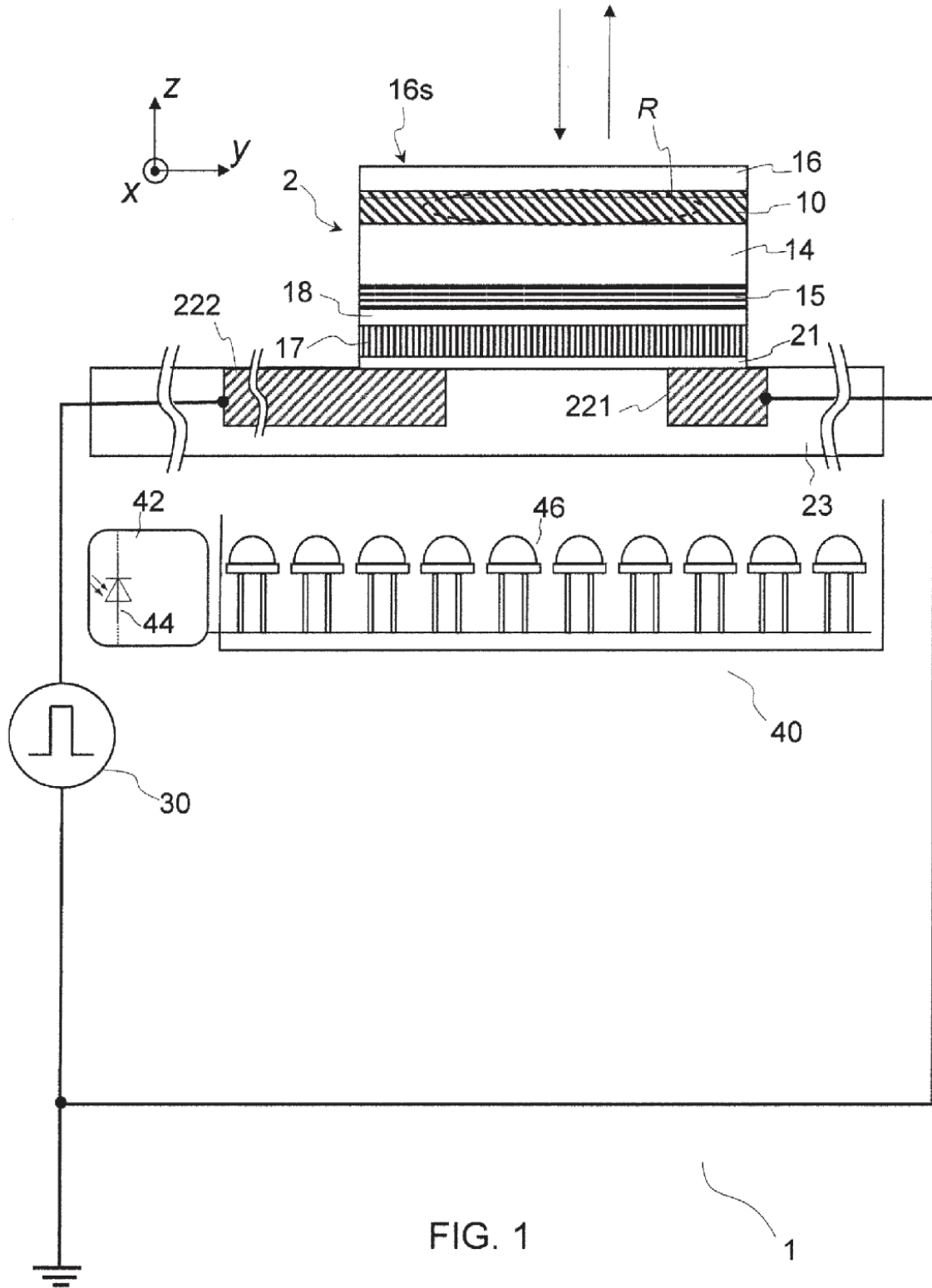


FIG. 1

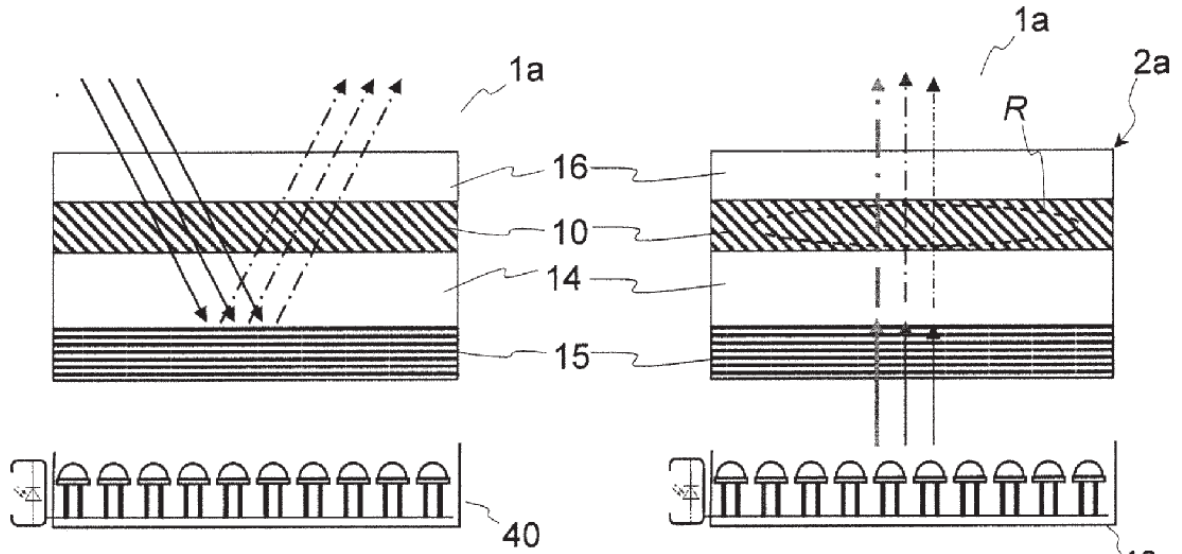


FIG. 2A

FIG. 2B

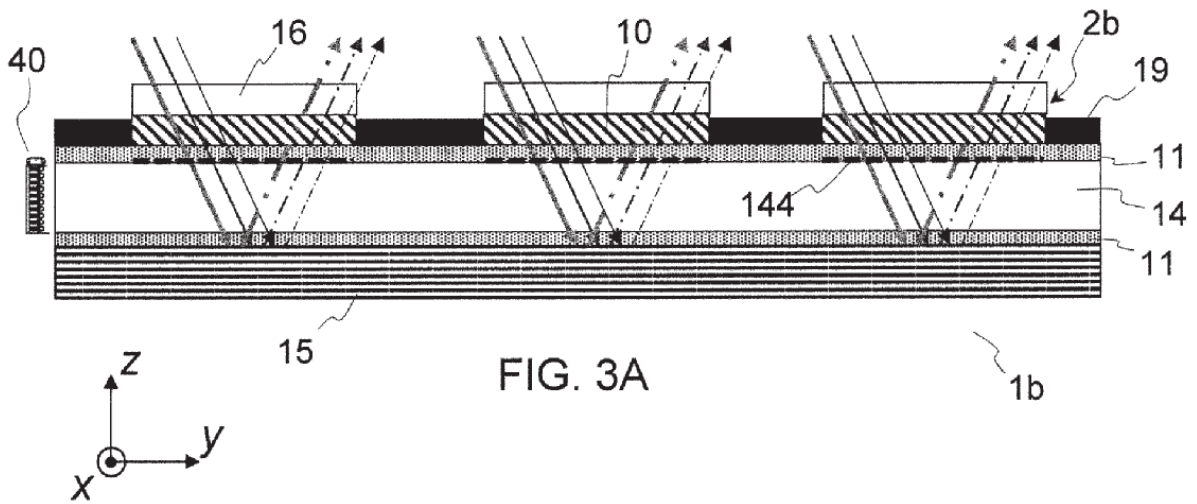


FIG. 3A

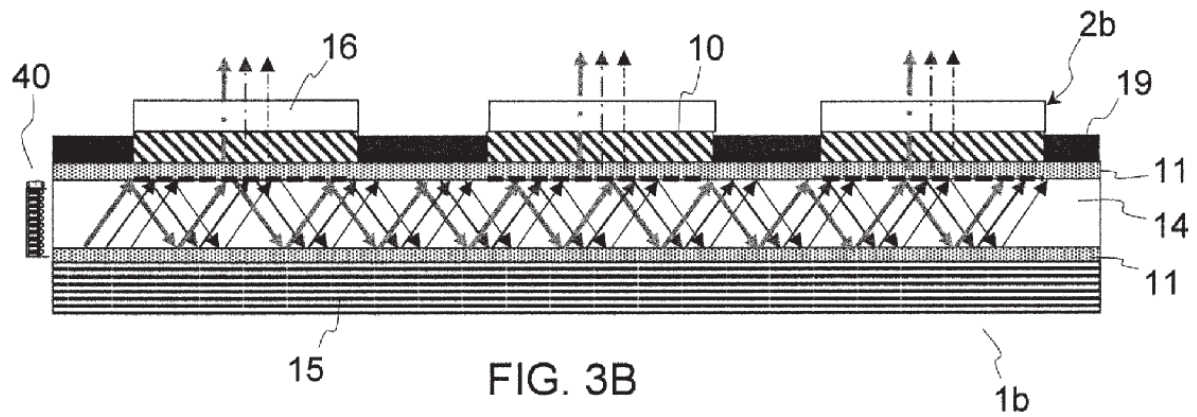


FIG. 3B

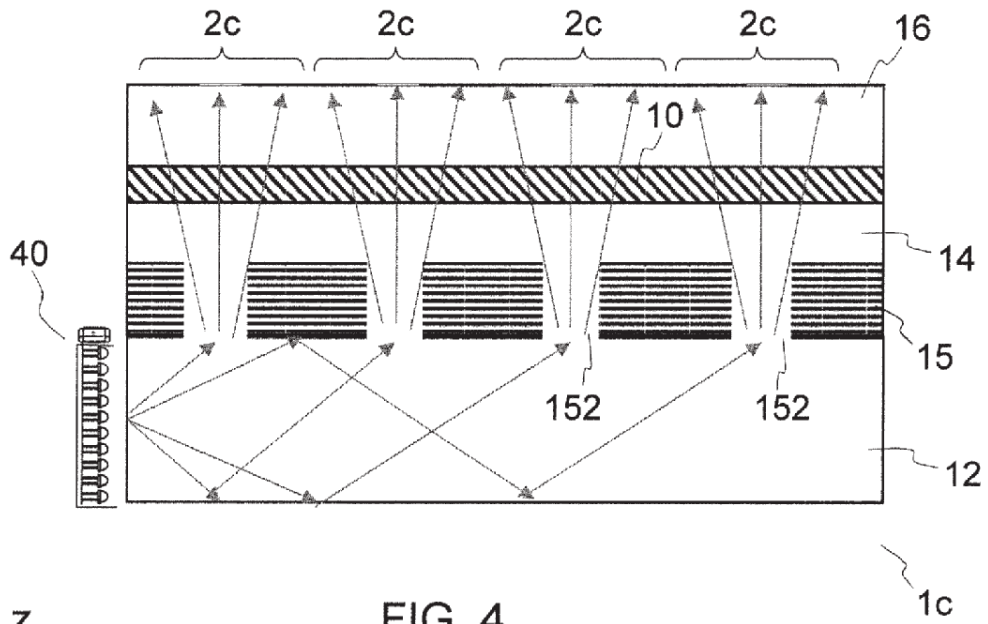


FIG. 4

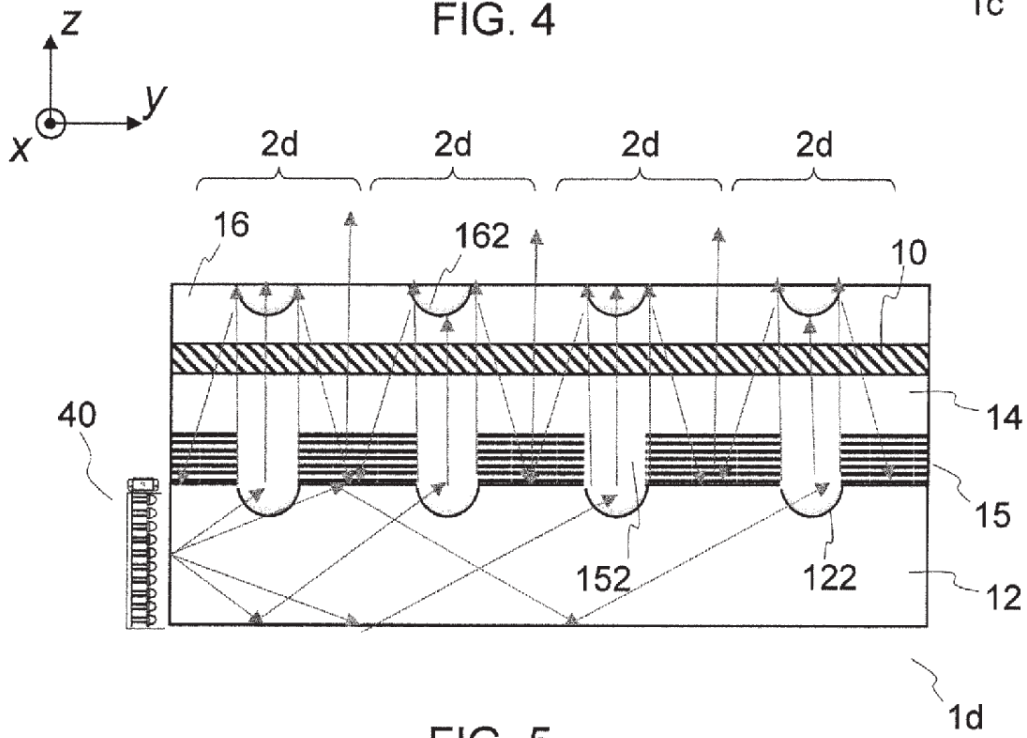
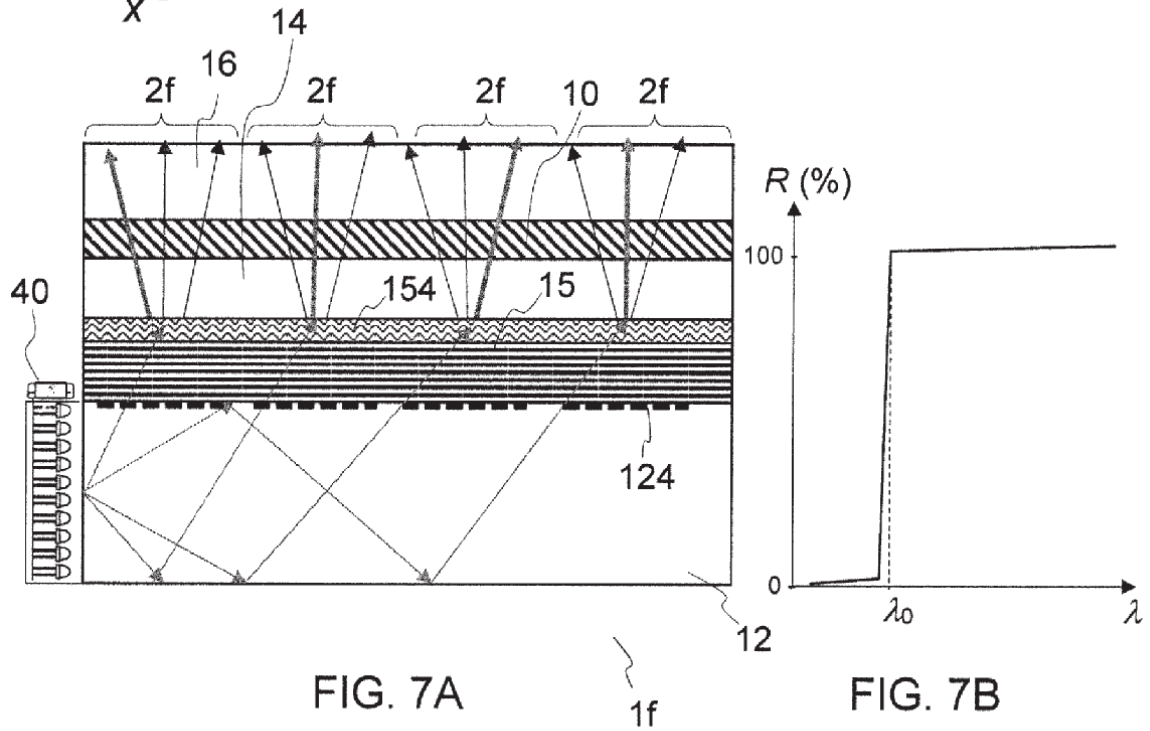
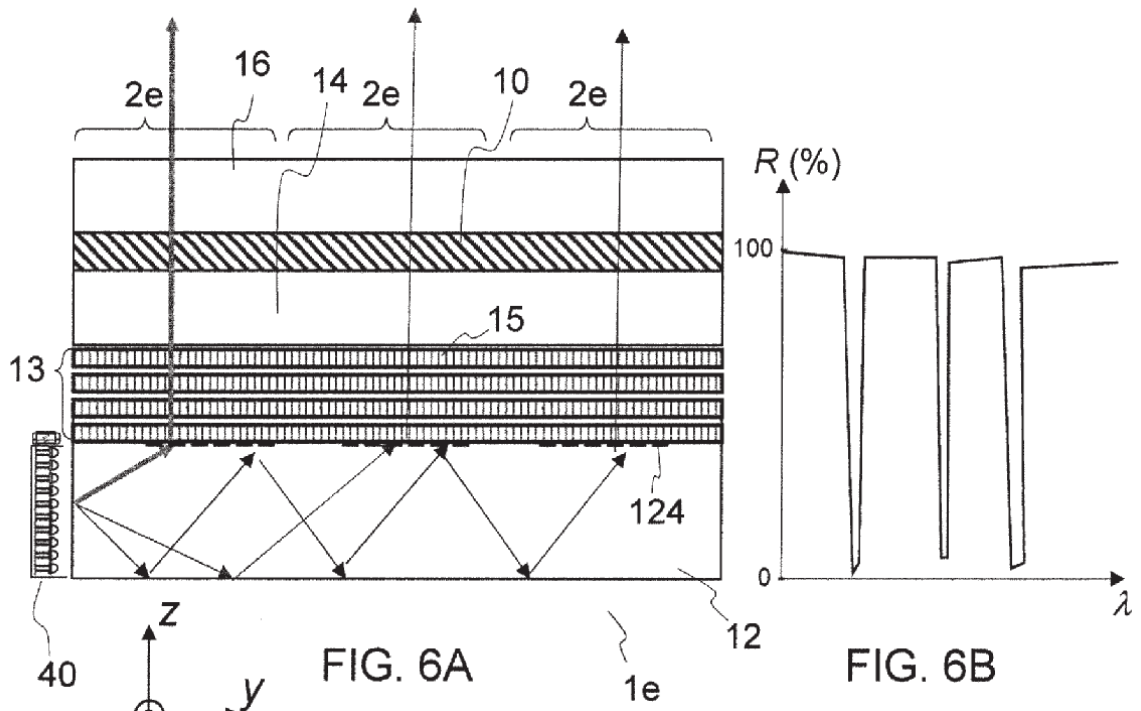


FIG. 5



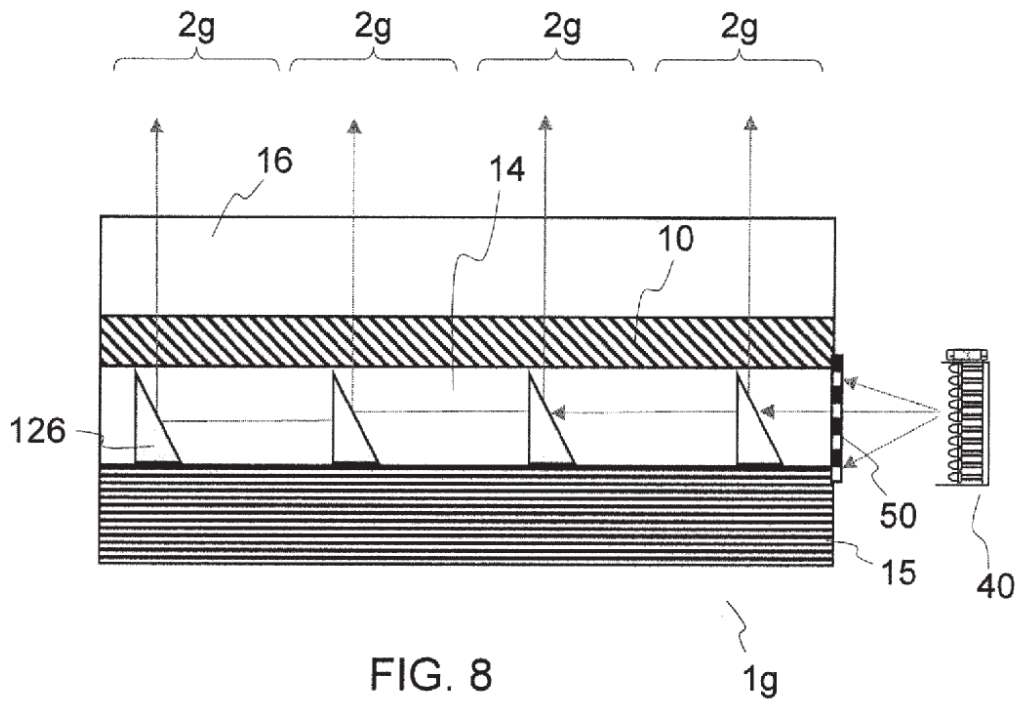


FIG. 8

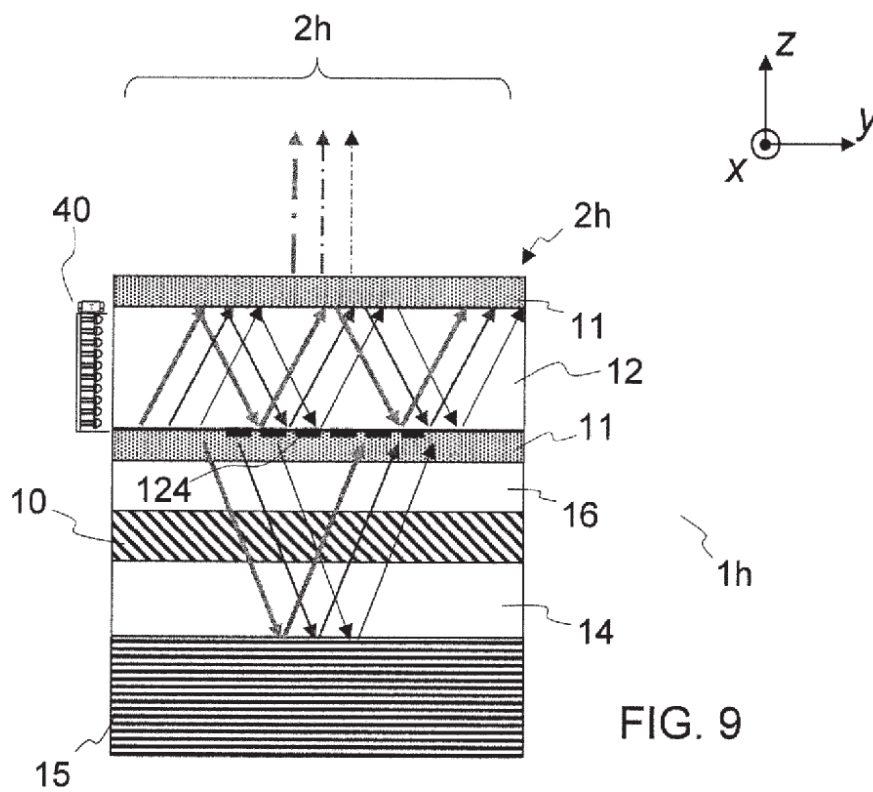


FIG. 9

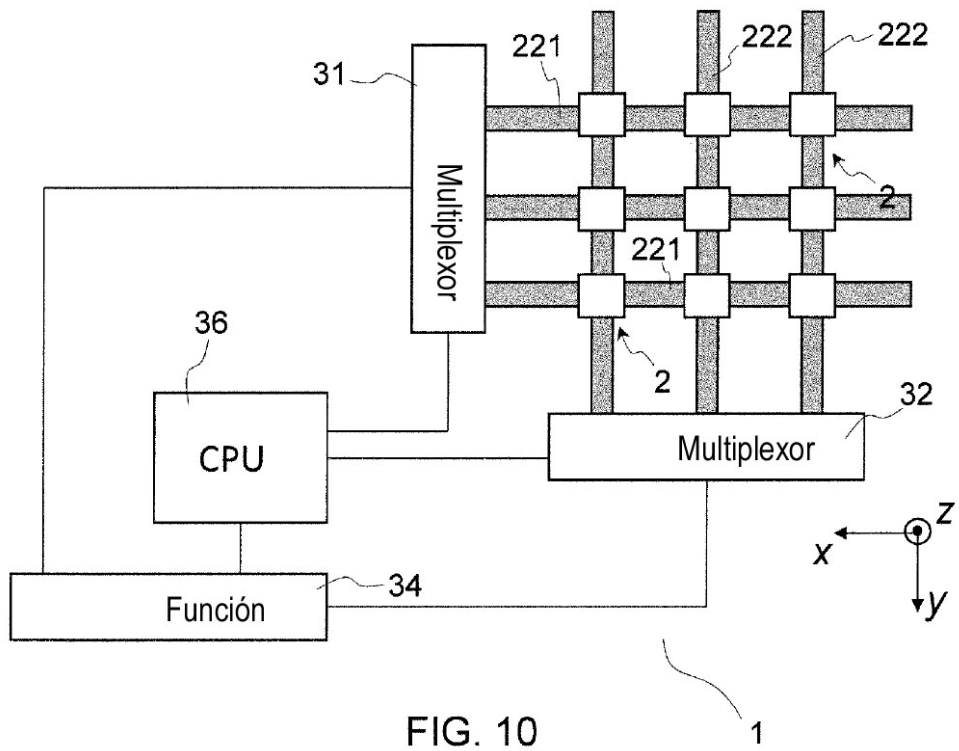


FIG. 10

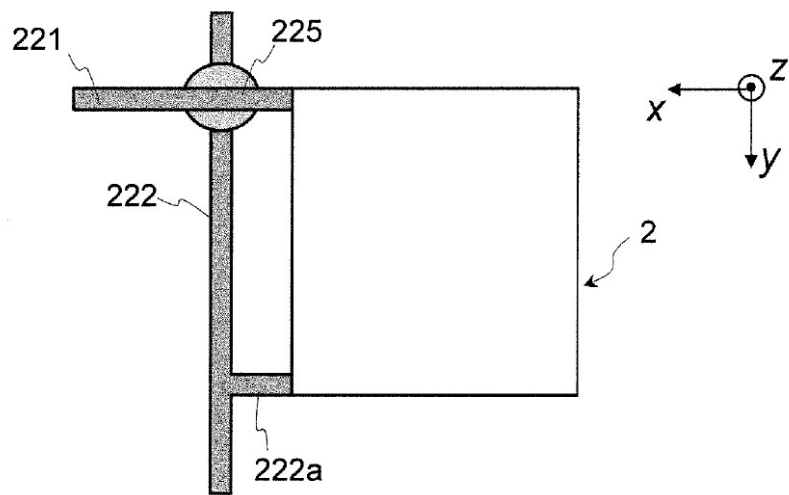


FIG. 11

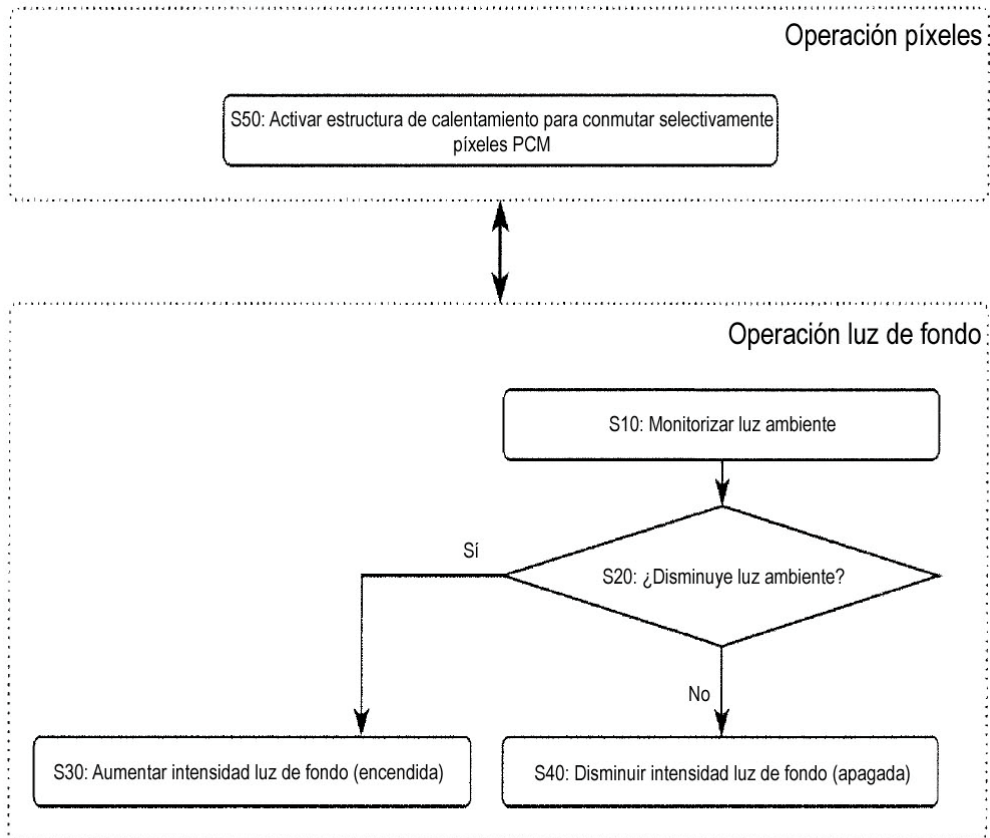


FIG. 12