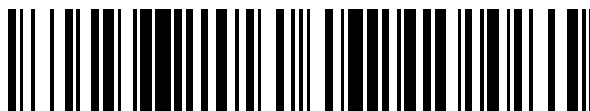


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 643**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/01** (2006.01)

**G02F 1/19** (2006.01)

**G02B 27/22** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/GB2014/053825**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15097468**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14815855 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 3087430**

54 Título: **Dispositivo de visualización basado en materiales de cambio de fase**

30 Prioridad:

**23.12.2013 GB 201322917**

**10.10.2014 GB 201417974**

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

**03.07.2018**

73 Titular/es:

**OXFORD UNIVERSITY INNOVATION LIMITED  
(100.0%)**

**Buxton Court, 3 West Way, Botley  
Oxford OX2 0JB, GB**

72 Inventor/es:

**BHASKARAN, HARISH y  
HOSSEINI, PEIMAN**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 674 643 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 visualización basado en materiales de cambio de fase

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de visualización.

Se han producido avances considerables en las tecnologías de visualización, por ejemplo, en el campo de los dispositivos informáticos y comunicación portátiles. Algunas tecnologías de visualización, como las pantallas en color retro iluminadas, tienen un consumo de energía relativamente alto y son complejas de fabricar. Las diferentes tecnologías proporcionan pantallas en blanco y negro sin retroiluminación, pero tienen velocidades de conmutación lentas, por lo que no son capaces de mostrar video y, por supuesto, carecen de color. Otras tecnologías requieren tensiones de accionamiento elevadas, que son poco prácticas de generar y tienden a tener un alto consumo de energía. Con todas estas tecnologías, también existe el problema de producir pantallas de alta resolución.

15 El documento US 2007/125997A1 desvela una estructura de control de la luz, en el que la estructura incluye: un primer electrodo; un segundo electrodo que está dispuesto separado del primer electrodo; al menos una unidad emisora de calor que está conectada eléctricamente a los electrodos primero y segundo; y un material de cambio de fase, cuya permeabilidad a la luz cambia de acuerdo con la temperatura, que está dispuesto para hacer contacto con la unidad emisora de calor.

20 El documento US 6 819 469 B1 desvela un modulador espacial de luz de alta resolución que incluye una matriz de elementos reflectantes ópticamente multiestables dispuestos sobre un sustrato, en el que cada uno de los elementos reflectantes es capaz de un cambio estructural en uno de una pluralidad de estados estables en el que cada uno de los elementos reflectantes mantiene una propiedad óptica estable. Un ordenador controla selectivamente el estado de la matriz de elementos reflectantes para provocar de este modo que cada elemento reflector de la matriz refleje selectivamente la luz incidente de tal manera que la matriz de elementos reflectantes pueda generar una imagen holográfica u óptica deseada.

30 El documento US 2011/149371 A1 desvela un dispositivo termocromático que incluye un sustrato aislante, un elemento de color, un elemento de calentamiento, un primer electrodo y un segundo electrodo. El elemento de color está localizado en el sustrato aislante e incluye un material de color cambiabile. Una fase del material de color cambiabile puede cambiarse entre un estado cristalino y un estado amorfo. Un cambio de fase de temperatura del material de color cambiabile es superior a 40 °C. Una primera reflectividad del material de color cambiabile en el estado cristalino y una segunda reflectividad del material de color cambiabile en el estado amorfo son diferentes. El elemento de calentamiento se localiza adyacente al elemento de color e incluye una estructura de nanotubos de carbono. El primer electrodo y el segundo electrodo están conectados eléctricamente al elemento de calentamiento.

35 Noboru Yamada: "Origin, secret, and application of the ideal phase-change material GeSbTe", Physica Status Solidi (B), vol. 249, n.º 10, 1 de octubre de 2012, páginas 1837-1842, desvela unos ejemplos de materiales de cambio de fase.

40 El documento US 5 764 317 A desvela una pantalla de multicapa volumétrica que incluye una pluralidad de capas eléctricamente conmutables que se apilan y son coextensivas, incluyendo cada una de la pluralidad de las capas eléctricamente conmutables: un primer sustrato dieléctrico transparente que tiene un primer lado y un segundo lado; un primer electrodo transparente recubierto en el primer lado del primer sustrato transparente; y un polímero eléctricamente conmutable dispersado en una película de cristal líquido recubierta en el primer electrodo transparente.

50 El alcance de la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención permite un dispositivo de visualización a fabricar que puede funcionar a alta velocidad, y proporcionar color. La invención proporciona un dispositivo de visualización que puede ser simple de fabricar y puede ofrecer una visualización de alta resolución. El dispositivo de visualización de una realización de la invención es compatible con otros productos electrónicos comerciales y de tecnología industrial fácilmente disponibles, y puede fabricarse en una variedad de sustratos, incluyendo sustratos flexibles.

A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, por medio de un solo ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

60 la figura 1 es una sección transversal esquemática de una parte de un dispositivo de visualización de acuerdo con una realización de la invención.

la figura 2 es una gráfica de las características de corriente-tensión de un material de cambio de fase usado en una realización de la invención;

65 las figuras 3(a) y 3(b) son unas gráficas de reflectividad frente a la longitud de onda para varios espesores diferentes de la capa separadora transmisora de un elemento de visualización de acuerdo con una realización de la invención, la figura 3(a) es para el material de cambio de fase que está en la fase cristalina, y la figura 3(b) es

para el material de cambio de fase que está en la fase amorfa;

la figura 4 es una representación gráfica del espacio de color CIE que muestra el color de un elemento de visualización de un dispositivo de visualización de acuerdo con una realización de la invención, para un intervalo de diferentes espesores de la capa separadora, y tanto para la fase amorfa como para una fase cristalina del material de cambio de fase de estado sólido;

la figura 5 es una representación gráfica del cambio porcentual en la reflectividad óptica frente a la longitud de onda de un elemento de un dispositivo de visualización de acuerdo con una realización de la invención, para varios espesores de capa separadora diferentes.

la figura 6 es una ilustración esquemática, en una vista en planta, de la disposición de los electrodos para una matriz de píxeles de un dispositivo de visualización de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 7 es una sección transversal esquemática de una parte de una visualización de acuerdo con otra realización de la invención.

la figura 8 es una sección transversal esquemática de una parte de una visualización de acuerdo con una realización adicional de la invención;

la figura 9 es una sección transversal esquemática de una parte de una visualización de acuerdo con una realización adicional más de la invención;

las figuras 10(a) a 10(e) son unas secciones transversales esquemáticas de una parte de un filtro transmisor para una pantalla de acuerdo con aún unas realizaciones adicionales de la invención;

la figura 11 ilustra una realización de un circuito de activación para un píxel de una pantalla; y

la figura 12 muestra un ejemplo de una pantalla 3D de acuerdo con una realización de la invención.

Una realización de un dispositivo de visualización se describirá haciendo referencia a la figura 1, que muestra una estructura de capas en sección transversal. Una parte del material de estado sólido 10 se proporciona en forma de una capa. El material de esta capa tiene un índice de refracción que puede cambiarse de manera permanente, aunque reversible, mediante la aplicación de una tensión eléctrica apropiada. Un material de este tipo, también conocido como material de cambio de fase (PCM), experimenta un cambio drástico tanto en el índice de refracción real como en el imaginario cuando se conmuta entre las fases amorfa y cristalina. En la presente realización preferida, el material es  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST).

La parte del material 10 se proporciona en un reflector 12, que en esta realización es una capa de un metal tal como platino o aluminio. Una capa separadora 14 está intercalada entre el material 10 y el reflector 12. Una capa de tapado 16 se proporciona en la parte superior de la capa de material 10. En esta realización específica, la superficie superior 18 de la capa de tapado 16 constituye la superficie de visualización del dispositivo de visualización, y el reflector 12 es el reflector posterior. La luz entra y sale a través de la superficie de visualización 18, como se indica mediante las flechas de la figura 1. Sin embargo, debido a los efectos de interferencia que dependen del índice de refracción de la capa de material 10 y del espesor del separador 14, la reflectividad varía significativamente en función de las longitudes de onda de la luz, como se ilustrará más adelante.

El separador 14 y la capa de tapado 16 son ambos ópticamente transmisores, y son idealmente tan transparentes como sea posible. En esta realización, el separador 14 y la capa de tapado 16 también tienen la doble función de ser electrodos para usar en la aplicación de una tensión a la capa de material 10 que está intercalada entre estos electrodos. Por lo tanto, el separador 14 y la capa de tapado 16 están fabricados de un material transparente, eléctricamente conductor tal como óxido de indio y estaño (ITO).

Toda la estructura que se muestra en la figura 1, puede proporcionarse sobre un sustrato (no mostrado) tal como una oblea de semiconductor,  $\text{SiO}_2$ , o un sustrato flexible tal como una película de polímero. Las capas se depositan usando deposición electrolítica, que puede realizarse a una temperatura relativamente baja de 100 grados Celsius. Las capas también se pueden modelar como se requiera, usando técnicas convencionales conocidas a partir de litografía u otras técnicas, por ejemplo, de impresión. También pueden proporcionarse capas adicionales para el dispositivo de acuerdo como se necesiten.

En la realización preferida, la capa de material 10, compuesta de GST, es de menos de 100 nm de espesor, y preferentemente de menos de 10 nm de espesor, tal como 6 o 7 nm de espesor. La capa separadora 14 se hace crecer para tener un espesor normalmente en el intervalo de 10 nm a 250 nm, en función del color y las propiedades ópticas requeridas, como se analiza a continuación. La capa de tapado 16 es, por ejemplo, de 20 nm de espesor.

El material de la capa 10, en esta realización GST, puede someterse a un cambio de fase reversible eléctricamente inducido. Se deposita en el estado amorfo. La figura 2 muestra las características eléctricas de una película de este material. La curva inferior corresponde al estado amorfo, con una resistencia relativamente alta. Cuando la tensión aplicada alcanza una tensión umbral de aproximadamente 3,5 V, se produce una transición electrónica que permite el flujo de una corriente mucho mayor, lo que genera que el material se caliente y cristalice. (En el ejemplo de la figura 2, la corriente máxima está limitada a 120 mA con el fin de proteger el dispositivo de daños procedentes de un aumento de corriente repentino después del evento umbral). Cuando la tensión se reduce, la característica de corriente sigue la línea superior, cuyo gradiente muestra que la conductancia de la fase cristalina es alrededor de 350 veces mayor que la de la fase amorfa. El material es ahora indefinidamente estable en la fase cristalina bajo condiciones ambientales. Para conmutar de nuevo al estado amorfo, se aplica una tensión más alta, tal como 5 V,

que funde el material y, si la tensión se elimina con la suficiente rapidez, el material vuelve a congelarse en la fase amorfa.

Como se ha explicado anteriormente, existe un cambio sustancial en el índice de refracción cuando se conmuta el material entre las fases amorfa y cristalina. El material es estable en cualquier estado. Esto significa que la tensión puede eliminarse por completo cuando la visualización está en estado estable (no conmutando), por lo que el consumo de energía del dispositivo es bajo. La conmutación puede realizarse de manera eficaz un número ilimitado de veces. La velocidad de conmutación también es muy rápida, normalmente menos de 300 ns, y ciertamente de varias órdenes más rápidas de lo que el ojo humano puede percibir.

Se proporciona un controlador 19 (representado esquemáticamente en la figura 1) para aplicar las tensiones necesarias para las duraciones necesarias para conmutar la capa de material 10 del dispositivo de la figura 1 entre las fases amorfa y cristalina que tienen diferentes índices de refracción específicos, y viceversa. El controlador puede comprender una circuitería electrónica específica accionada por un microprocesador. Algunas o todas las circuiterías del controlador pueden proporcionarse integradas en un sustrato con las capas ópticas de la figura 1, o pueden proporcionarse como una circuitería dedicada por separado.

Las figuras 3(a) y 3(b) muestran la respuesta óptica del dispositivo de la figura 1. Para un espesor específico de la capa separadora 14, las figuras 3(a) y 3(b) muestran cómo la conmutación entre los estados cristalino y amorfo modifica la reflectividad en función de la longitud de onda de la luz incidente. Las figuras 3(a) y 3(b) también muestran cómo el uso de diferentes espesores de la capa separadora 14 influye en las posiciones de los picos y valles de la reflectividad en función de la longitud de onda.

Por lo tanto, al ver el dispositivo de la figura 1, parece que tiene un color específico, y que se obtienen fácilmente diversos colores mediante la elección del espesor de la capa separadora 14. El color aparente del dispositivo puede hacerse que cambie conmutando la capa de material 10 entre los estados amorfo y cristalino.

Otra forma de presentar estos resultados se ilustra en la figura 4. La figura 4 muestra una parte del espacio de color CIE y representa gráficamente las coordenadas de color XY del color aparente del dispositivo en que el espacio de color para un observador de dos grados y un iluminador D50. Cada espesor fabricado de la capa separadora 14 se muestra mediante los símbolos en la clave en el lado derecho de la figura 4. Para cada símbolo hay dos puntos representados gráficamente en el espacio de color correspondiente a la capa de material 10 que está en la fase cristalina (indicada por un # adyacente al símbolo), y que está en la fase amorfa (símbolo sin un #). Como puede verse, puede producirse una amplia gama de colores en función del espesor seleccionado de la capa separadora 14. Además, puede lograrse un cambio significativo en el color percibido en la mayoría de los casos conmutando entre las dos fases de la capa de material 10.

La figura 5 muestra el cambio de porcentaje en la reflectividad óptica entre los estados cristalino y amorfo de la capa 10,  $(R_{cris}-R_{amo}) \times 100/R_{amo}$ , donde  $R_{cris}$  y  $R_{amo}$  son las reflectividades del dispositivo cuando la capa de material 10 está en los estados cristalino y amorfo, respectivamente. Las representaciones gráficas son espectros y muestran la respuesta para varios espesores diferentes de la capa separadora 14. Como puede verse, puede obtenerse una modulación muy grande en la reflectividad para longitudes de onda específicas, seleccionable mediante la elección del espesor de la capa separadora 14.

De esta manera, el dispositivo de visualización de la figura 1 puede fabricarse para que aparezca un color uniforme, que a continuación puede conmutarse para que aparezca un color de contraste, o para que aparezca mucho más oscuro o más claro cambiando la reflectividad. En una forma de un dispositivo de visualización, muchas estructuras tales como la de la figura 1 se fabrican adyacentes entre sí en una matriz, pudiéndose controlar cada estructura eléctricamente de manera individual y constituyendo un píxel de la visualización general. En una variante adicional, cada píxel puede comprender un grupo de varias estructuras tal como el de la figura 1 adyacentes entre sí, pero con cada estructura dentro del grupo teniendo un espesor diferente de la capa separadora 14. De esta manera, cada estructura dentro del grupo puede cambiar entre diferentes colores, y el píxel que comprende el grupo puede fabricarse para que aparezca con una amplia gama de colores diferentes dentro del espacio de color, y no solo conmutar entre dos coordenadas de color. El número de estructuras individuales de diferentes espesores dentro del grupo que comprende un píxel podría ser de tres o incluso más. El controlador está provisto de una transformación para mapear entre un conjunto de coordenadas de color, tal como RGB, y los estados conmutados necesarios de las estructuras dentro de ese grupo que forma el píxel, de tal manera que las imágenes en color puedan mostrarse fácilmente.

Una realización mejorada adicional es que el material de la capa 10 no tiene que conmutarse simplemente entre un estado completamente cristalino y un estado completamente amorfo. Puede lograrse una mezcla de fases, tal como un 20 % cristalino, un 40 % cristalino, etc. La cristalización parcial se logra simplemente limitando la corriente máxima permitida durante un evento de conmutación (por ejemplo, usando una resistencia variable en serie con uno de los electrodos conectados al dispositivo). El índice de refracción efectivo resultante del material está en alguna parte entre los dos extremos de completamente cristalino y completamente amorfo en función del grado de cristalización parcial. Normalmente pueden lograrse entre 4 y 8 fases mixtas distintas, pero con el control apropiado,

puede ser mucho más alta, tal como 128 valores, y efectivamente puede lograrse un continuo de valores de índice de refracción, que corresponde al trazado de una trayectoria a través del espacio de color.

5 La figura 6 muestra, en una vista en planta, una disposición de electrodos para un dispositivo de visualización de acuerdo con una realización de la invención. Se proporciona un sustrato 20, en el que se fabrica un reflector para cada píxel. A continuación, se fabrica una pluralidad de electrodos horizontales 24.1, 24.2, ..., 24.n. Estos electrodos también constituyen la capa separadora 14. La capa de material de cambio de fase de estado sólido se deposita y se modela. A continuación se fabrica la serie de electrodos verticales 26.1, 26.1, ... 26.n. Los reflectores y la capa de material de cambio de fase se modelan de tal manera que solo están presentes en cada una de las intersecciones  
10 de los electrodos horizontales y verticales. Todos los procesos de fabricación, depósito y modelado pueden realizarse usando técnicas litográficas bien conocidas.

Cada intersección de los electrodos horizontales y verticales constituye ahora una estructura de pila, como se muestra en la figura 1, que comprende un píxel controlable eléctricamente de manera individual. Durante la  
15 fabricación, el espesor de la capa separadora/electrodo horizontal (inferior) puede definirse por separado (mediante litografía) de tal manera que cada píxel controla una gama específica de colores, como se explica haciendo referencia a las figuras 3 a 5. Aplicando un perfil de tensión apropiado entre un electrodo horizontal y un electrodo vertical, la fase del material en el píxel en la intersección puede cambiarse como se desee. Sin embargo, los otros píxeles de la matriz no se ven afectados, por lo que el direccionamiento de píxeles es simple.

20 Pueden fabricarse otras realizaciones del dispositivo en las que se fabrican otros componentes electrónicos de una manera integrada para que cada píxel proporcione lo que se conoce en la técnica como una matriz activa.

A continuación, se explicarán unas realizaciones adicionales de los dispositivos de visualización haciendo referencia  
25 a las figuras 7 a 9. Se usan los mismos números de referencia para las partes correspondientes con la realización de la figura 1, y se omitirá la descripción de su composición y función del material para evitar la repetición.

La figura 7 muestra una pantalla transmisora en la que se proporcionan la capa de separación 14, la capa de material de cambio de fase 10 y la capa de tapado 16 en un sustrato de transmisión transparente o al menos  
30 parcialmente transparente 30. Ejemplos de sustratos adecuados incluyen, cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y sustratos de polímeros flexibles, tal como el Mylar. En este caso, el dispositivo de visualización puede usarse en un modo transmisor, y podría proporcionarse en artículos tales como vidrios, ventanas o paneles de visualización transparentes.

La figura 8 ilustra una realización de un dispositivo de visualización que es efectivamente un híbrido de la figura 1 y  
35 la figura 7. Tiene las capas delanteras usuales 16, 10 y 14, así como el reflector posterior 12 más la capa transparente 30. Puede usarse como una pantalla de color no retroiluminada cuando se ve desde la superficie de visualización 18, de la misma manera que como en la realización de la figura 1. Sin embargo, también puede usarse en un modo de visualización retroiluminado. En esta realización, se proporciona una capa adicional 32 que comprende una fuente de iluminación de luz de fondo, tal como una pluralidad de LED. La fuente de luz no tiene que incorporarse como una capa en la pila, siempre que haya un medio adecuado para introducir la luz en la capa  
40 transparente 30 para iluminar por detrás la pantalla.

La figura 9 muestra una disposición alternativa para proporcionar los electrodos que puede usarse con cualquiera de  
45 las realizaciones anteriores. En esta realización, la capa separadora 14 y la capa de tapado 16 son transmisoras de la luz, pero no son eléctricamente conductoras. En su lugar, los electrodos 40, 42 están fabricados en cualquier lado de la parte de material 10, y en contacto eléctrico con la parte de material de cambio de fase 10, de tal manera que la conmutación puede lograrse mediante la aplicación de una tensión apropiada entre los electrodos 40, 42.

Aunque algunas de las realizaciones usan el ITO como el material preferido para los electrodos transparentes, esto  
50 es simplemente un ejemplo, y pueden usarse otros materiales adecuados, tales como los nanotubos de carbono, o una capa delgada de metal, tal como plata. También se entiende que no es esencial que los electrodos sean transparentes cuando se emplea una estructura tal como la de la figura 9, en cuyo caso los electrodos 40, 42 pueden fabricarse a partir de un material conductor, tal como tungsteno o titanio.

Las realizaciones anteriores se han descrito haciendo referencia al GST ( $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ ) como el material de cambio de  
55 fase de la capa 10, pero esto no es esencial para la invención, y están disponibles muchos otros materiales adecuados, ya sea por separado o en combinación, incluyendo compuestos o aleaciones de las combinaciones de los elementos 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  $\text{Ge}_x\text{Sb}_y\text{Te}_z$ ; y otro material adecuado es el  $\text{Ag}_3\text{In}_4\text{Sb}_7\text{Te}_{17}$  (también conocido como AIST). Además, el material puede comprender uno o más dopantes, tales como C o N.

Aunque en las realizaciones descritas en el presente documento se menciona que la capa de material puede  
65 conmutarse entre dos estados tales como las fases cristalina y amorfa, la transformación podría ser entre dos fases sólidas, incluyendo, pero no limitado a: de cristalina a otra cristalina o una fase cuasi-cristalina o viceversa; de

amorfa a cristalina o cuasi-cristalina/semi-ordenada o viceversa, y todas las formas intermedias. Las realizaciones no están limitadas a solo dos estados.

5 El mecanismo de conmutación no se limita al calentamiento inducido por pulso eléctrico aplicado, sino que podría ser cualquier calentamiento inducido por campo electromagnético, por ejemplo, un pulso de luz de un láser u otra fuente, o podría ser un calentamiento térmico, por ejemplo, usando un calentamiento resistivo eléctrico de una capa adyacente que está en contacto térmico con el material de cambio de fase.

10 Una realización adicional de un dispositivo óptico es para proporcionar una o más capas de material de cambio de fase adicionales 10 y unas capas separadoras 14 a la estructura descrita anteriormente para crear una pila multicapa. Repitiendo las capas alternas, como en esta realización, la anchura del pico de respuesta espectral puede reducirse para hacerlo más específico de la longitud de onda (color). Sin embargo, las pérdidas de absorción también aumentan a medida que se agregan más capas, por lo que el número máximo de capas de material de cambio de fase es normalmente de dos o tres.

15 En el dispositivo óptico de pila multicapa, pueden seleccionarse los espesores de cada una de las capas por separado unas de otras para diseñar las propiedades ópticas deseadas. Por ejemplo, el espesor de cada capa de material de cambio de fase 10 determina el contraste entre los diferentes estados o fases del material 10 a través del espectro. Pueden obtenerse múltiples combinaciones de colores (espectros) cambiando/seleccionando por separado la fase de cada capa de material. Por ejemplo, en el caso de dos capas de material de cambio de fase, pueden obtenerse cuatro colores aparentes diferentes mediante las combinaciones: Am-Am; Cris-Am; Am-Cris; y Cris-Cris (donde los símbolos Am = amorfo, y Cris = cristalino, y los pares de símbolos corresponden a las dos capas). Cada una de las múltiples capas puede conmutarse por separado cuando se proporcionan unos electrodos respectivos apropiados.

20 Un ejemplo adicional de la divulgación es similar a la figura 7 para proporcionar una pantalla transmisora. Sin embargo, este no forma parte de la invención reivindicada. Como se muestra, si la figura 10(a) comprende una capa 50 de material de cambio de fase intercalado entre dos capas finas ópticamente transmisoras 52, 54 para formar un filtro de color en modo de transmisión, también conocido como filtro dichroico o filtro de película delgada. El filtro puede proporcionarse en un sustrato (tal como el sustrato 30 de la figura 7), o puede encapsularse entre unas capas superiores e inferiores adicionales (no mostradas), tales como de SiO<sub>2</sub>. La capa de material de cambio de fase 50 puede conmutarse entre estados para proporcionar un contraste de color. La conmutación se realiza térmicamente calentando el material localmente; el calentamiento puede hacerse eléctrica u ópticamente (por ejemplo, iluminación IR). En una versión, los electrodos con patrones o píxelados permiten el contacto eléctrico con una o más de las capas para permitir el calentamiento y la conmutación. Como se muestra en la figura 10(a), esto puede hacerse aplicando una tensión a través de la capa superior e inferior 52, 54, para pasar una corriente verticalmente a través de la capa 50 para provocar un calentamiento óhmico. Como alternativa, como se muestra en la figura 10(b), la corriente puede pasar lateralmente a través de la capa 50. El calentamiento puede realizarse proporcionando un calentador adyacente a la capa de material de cambio de fase 50. El calentador puede ser una capa conductora transparente 56, tal como el ITO, proporcionado en una o ambas superficies de la estructura de capas, como se muestra en las figuras 10(c), 10(d) y 10(e). Las ilustraciones de la figura 10 son simplemente esquemáticas y muestran solo un único píxel conmutable; una pantalla práctica podría tener millones de píxeles. Además de para pantallas semitransparentes con color, el dispositivo podría usarse como un filtro ajustable para dispositivos optoelectrónicos (por ejemplo, LCD), o para joyas inteligentes o artículos decorativos, tales como baldosas u otra técnica.

45 En las realizaciones preferidas de la figura 10, la capa de material de cambio de fase 50 es el dióxido de vanadio (VO<sub>2</sub>) o más en general VO<sub>x</sub> (en función de la estequiometría), y las capas de intercalación 52, 54 son de plata (Ag) o cualquier capa transparente o semitransparente. El VO<sub>2</sub> es monoestable en la naturaleza: a temperaturas inferiores a 65 °C se encuentra en un primer estado cristalino (monoclínico); cuando se calienta por encima de 65 °C, pasa a un segundo estado cristalino (rutilo), pero vuelve al primer estado tan pronto como se elimina la fuente de calor. Puede lograrse un gran contraste de color entre los dos estados con un intervalo de espesores de las capas. Por ejemplo, el VO<sub>x</sub> puede estar en el intervalo de 20 a 40 nm de espesor, y cada capa de Ag puede estar en el intervalo de 8 a 10 nm de espesor.

50 [0040] Los compuestos de VO<sub>x</sub> son simplemente un ejemplo de materiales de cambio de fase adecuados para estas realizaciones adicionales. Cualquiera de los llamados "Mott memristors" (materiales que se someten a una transición de metal a aislante, MIT, a una temperatura específica) son adecuados, por ejemplo, el NbO<sub>x</sub>. Estos compuestos pueden usarse, por supuesto, en cualquiera de las realizaciones anteriores descritas en el presente documento, a partir de la figura 1 en adelante.

60 Se requiere una circuitería de accionamiento para controlar la conmutación de cada uno de los píxeles compuestos de un material monoestable (tal como el VO<sub>2</sub> descrito anteriormente). El cambio de fase depende de la temperatura, pero no es práctico proporcionar un sistema de retroalimentación de control termopar y de temperatura para cada píxel; sin embargo, también es importante controlar con precisión la corriente suministrada, para evitar el sobrecalentamiento y el consumo de energía innecesario. Una forma adecuada de circuito de excitación es un

circuito autooscilante, tal como un oscilador Pearson-Anson, como se ilustra en la figura 11. Esto requiere muy pocos componentes y puede proporcionar un control pasivo para cada píxel. Cuando un píxel se enciende (tensión de accionamiento aplicada desde la fuente de CC VI mediante el conmutador SW), la constante de tiempo de la oscilación (establecida por una resistencia R1 y el condensador C1) puede tener una frecuencia de MHz, por lo que se percibe continuamente encendido por un observador humano. El valor de la resistencia R1 también controla el ciclo de trabajo de las oscilaciones, y una resistencia adicional R2 en serie con el material de cambio de fase del píxel establece la corriente máxima. Por lo tanto, al cambiar los valores de estas resistencias R1, R2, el brillo y el color percibidos de un píxel conmutado pueden cambiarse fácilmente, garantizando una modulación de escala de grises efectivamente autocontrolada sobre un píxel a nanoescala.

Una variante adicional de cualquiera de las realizaciones anteriores es incluir una pantalla transmisora de cristal líquido (no mostrada), ya sea en la superficie delantera o posterior de la estructura de visualización en capas. La pantalla de cristal líquido puede usarse para proporcionar un control adicional sobre la polarización de la luz que entra y/o sale del dispositivo de visualización.

Los dispositivos de visualización que encarnan la invención pueden producirse teniendo un bajo consumo de energía, pero proporcionando una pantalla a color con alta resolución (la resolución solo está limitada por las técnicas litográficas). Los dispositivos de visualización pueden conmutar a alta velocidad, por lo que pueden mostrar video y tener un amplio ángulo de visión. Los dispositivos pueden fabricarse usando técnicas convencionales, y pueden fabricarse muy finos, y si se desea también flexibles.

Las realizaciones anteriores de la invención proporcionan una pantalla de dos dimensiones (2D). Aunque el panel de visualización puede ser flexible y/o puede proporcionarse en una superficie curvada, sigue siendo básicamente en 2D. Sin embargo, puede ser deseable proporcionar una pantalla tal que los artículos puedan visualizarse en tres dimensiones (3D). Como se ha mencionado anteriormente, la disposición de la figura 7 o de la figura 10 proporciona una pantalla transmisora. Al proporcionar varios de tales paneles de visualización transmisores en 2D paralelos entre sí y en una pila, preferentemente separados unos de otros, como se ilustra en la figura 12, un panel puede reproducir imágenes 3D de los objetos. La caja de control 60 direcciona cada panel de visualización 2D y proporciona a cada panel datos de imagen de una parte del objeto. Las imágenes pueden cambiarse en tiempo real de tal manera que puede visualizarse una película en 3D.

La visualización 3D de esta realización es especialmente adecuada para su uso en cualquier campo que use la tomografía, tal como es común en la representación de imágenes médicas, debido a que los datos se obtienen intrínsecamente como partes del objeto que está representándose como imágenes. La caja de control 60 proporciona a cada panel de visualización 2D los datos de imagen de una parte respectiva del objeto, y el usuario puede moverse alrededor de la visualización 3D para ver el objeto desde ángulos diferentes.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de visualización que comprende:
- 5 una pluralidad de electrodos (24.1-24.n, 26.1-26.n);  
una capa de material de cambio de fase (10) que comprende un material de cambio de fase de estado sólido que  
tiene un índice de refracción que puede controlarse de manera reversible aplicando una tensión a dichos  
electrodos;  
un controlador (19) adaptado para aplicar al menos una tensión, a través de dichos electrodos, para cambiar  
10 dicho índice de refracción de dicho material;  
una superficie de visualización (18);  
una capa separadora (14), que es transmisora de la luz, proporcionada en el lado opuesto de la capa de material  
de cambio de fase (10) desde dicha superficie de visualización; y  
un reflector (12), **caracterizado por que:**
- 15 cuando se proporciona una única capa de material de cambio de fase (10) entre el reflector (12) y la  
superficie de visualización, la capa separadora (14) se proporciona entre el reflector (12) y la capa de material  
de cambio de fase (10); y  
cuando se proporciona una pluralidad de las capas de material de cambio de fase (10) entre el reflector (12) y  
20 la superficie de visualización, se proporciona una pluralidad correspondiente de las capas separadoras (10)  
para formar una pila alterna multicapa de capas de material de cambio de fase (10) y de capas separadoras  
(14), en el que una de las capas separadoras (10) se proporciona entre el reflector (12) y la capa de material  
de cambio de fase (10) más cercana al reflector (12).
- 25 2. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de cada capa de material de cambio de  
fase (10) comprende un compuesto o aleación de una combinación de elementos seleccionados a partir de la  
siguiente lista de combinaciones: GeSbTe, VO<sub>x</sub>, NbO<sub>x</sub>, GeTe, GeSb, GaSb., AgInSbTe, InSb, InSbTe, InSe, SbTe,  
TeGeSbS, AgSbSe, SbSe, GeSbMnSn, AgSbTe, AuSbTe y AISb.
- 30 3. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el material comprende una mezcla de compuestos o  
aleaciones de combinaciones de elementos de dicha lista.
4. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que el material comprende además al menos un  
elemento dopante.
- 35 5. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el material de cada capa de material de  
cambio de fase (10) comprende Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>.
6. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que cada capa de material de cambio de  
40 fase (10) es menor que 100 nm de espesor, preferentemente menor que 10 nm.
7. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que al menos uno de dichos electrodos es  
transmisor de la luz.
- 45 8. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de dichos  
electrodos comprende óxido de indio y estaño o plata.
9. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que cada capa separadora (14) tiene un  
50 espesor en el intervalo de 10 nm a 250 nm.
10. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la capa separadora (14), o, cuando se  
proporcione una pluralidad de capas separadoras (14), una de las capas separadoras (14), comprende uno de  
dichos electrodos.
- 55 11. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una fuente  
de luz (32) dispuesta para iluminar la capa de material de cambio de fase (10) en el lado opuesto de dicha superficie  
de visualización.
- 60 12. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos electrodos están  
dispuestos para pasar corriente a través de dicho material de la capa de material de cambio de fase (10) y/o para  
pasar corriente a través de un calentador adyacente a dicho material, para controlar el índice de refracción del  
material.



Fig. 1

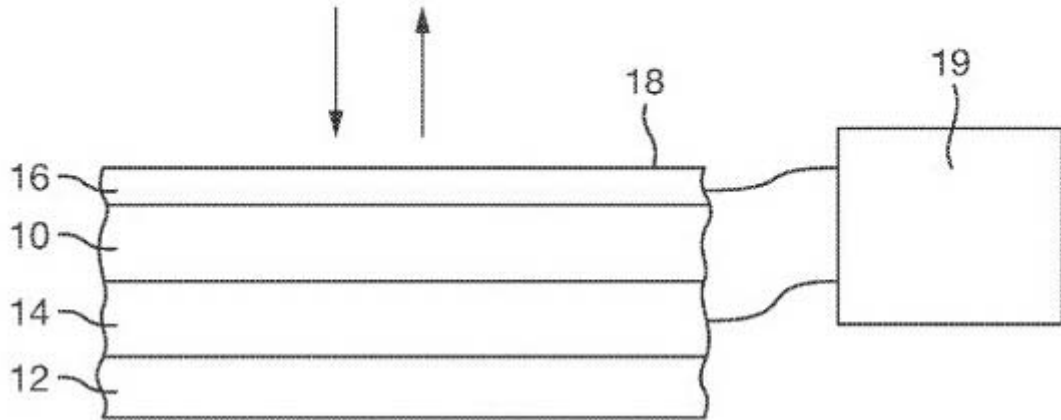


Fig. 2

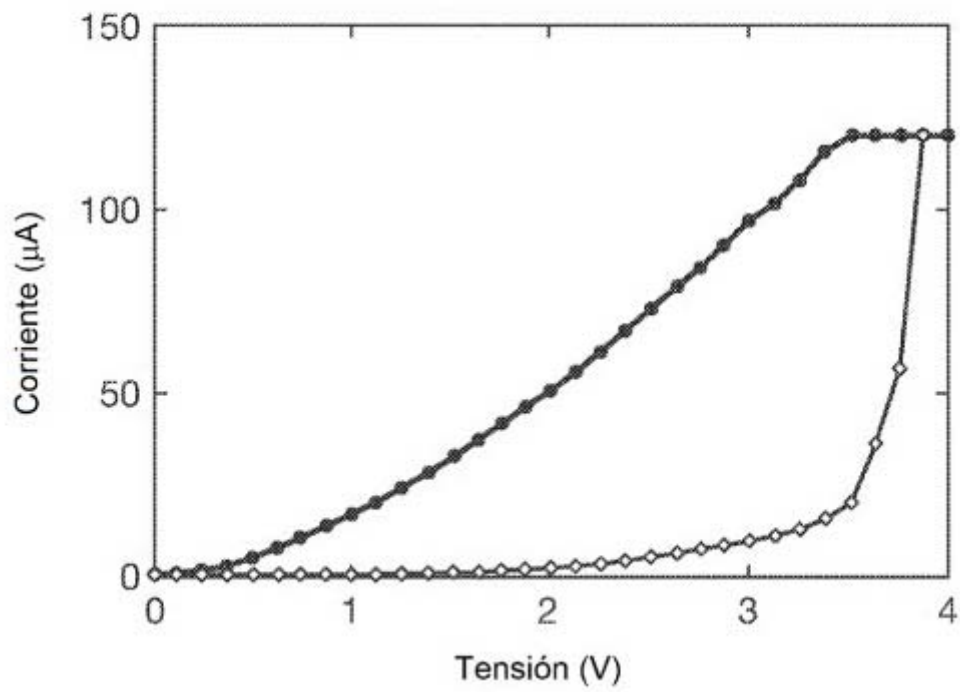


Fig. 3(a)

Cristalino

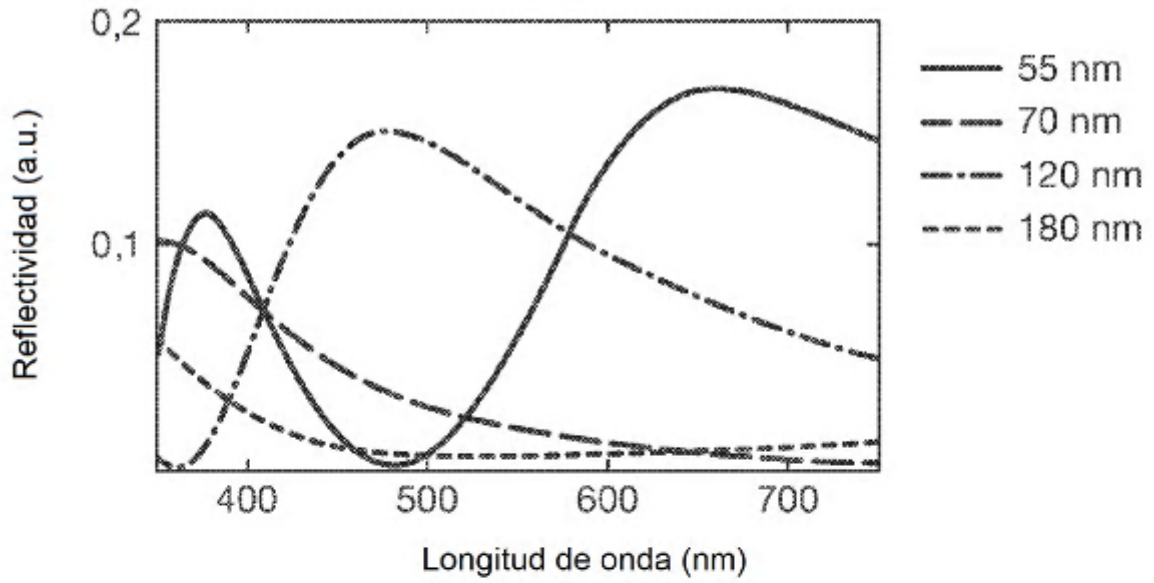


Fig. 3(b)

Amorfo

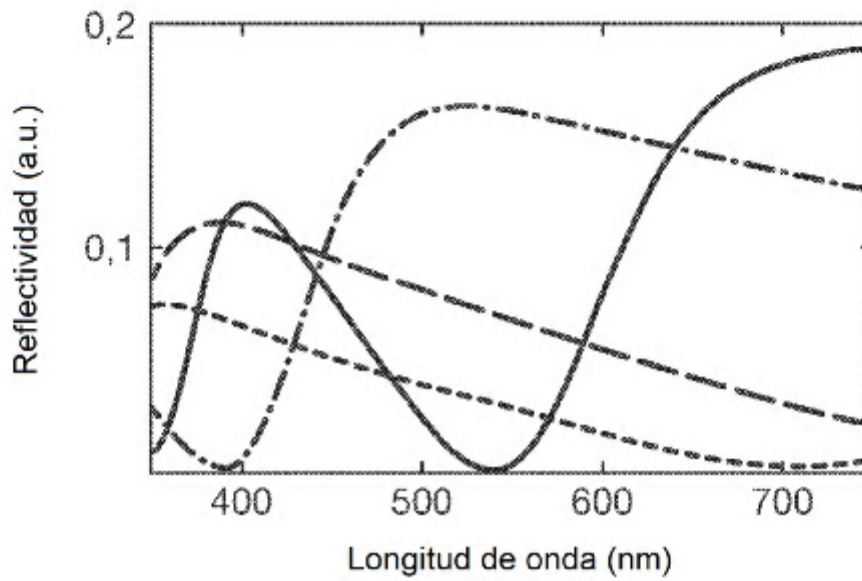


Fig. 4

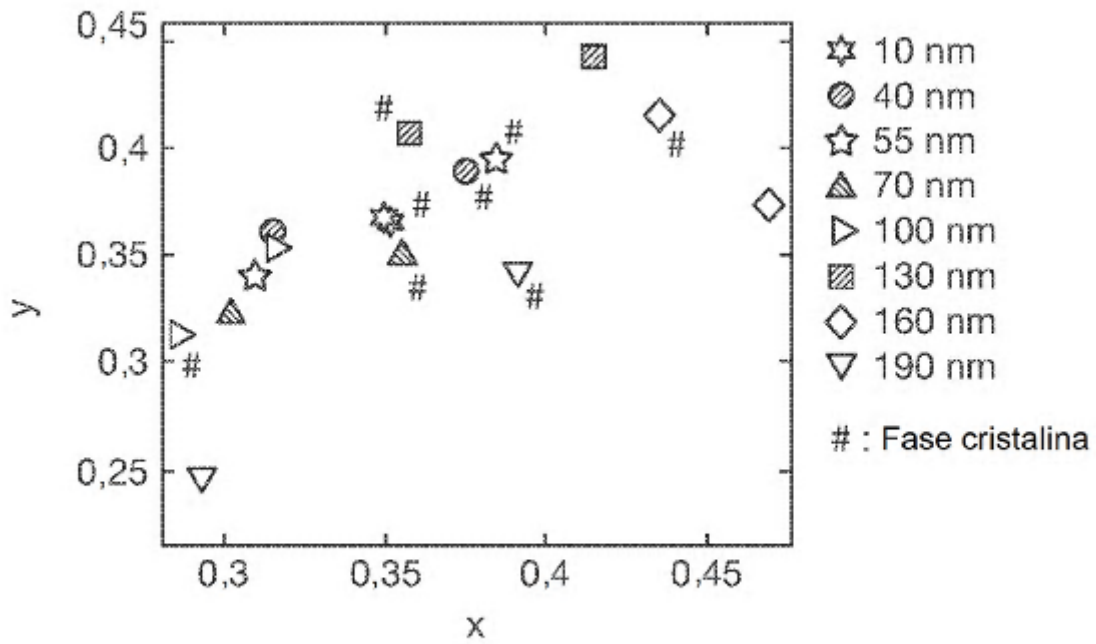


Fig. 5

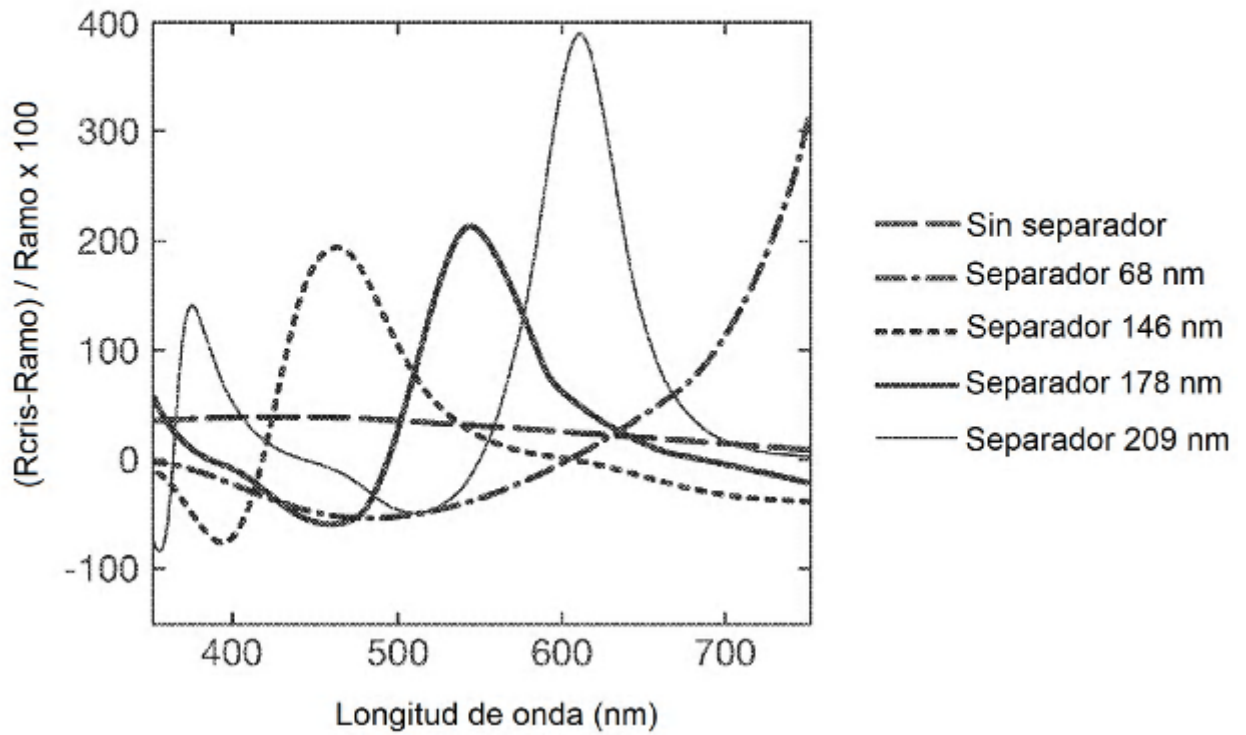


Fig. 6

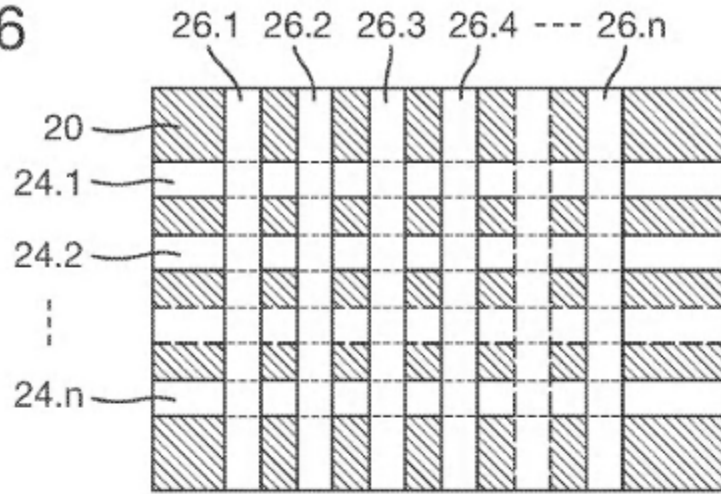


Fig. 7

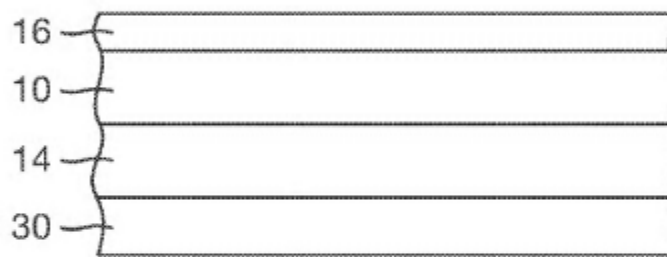


Fig. 8

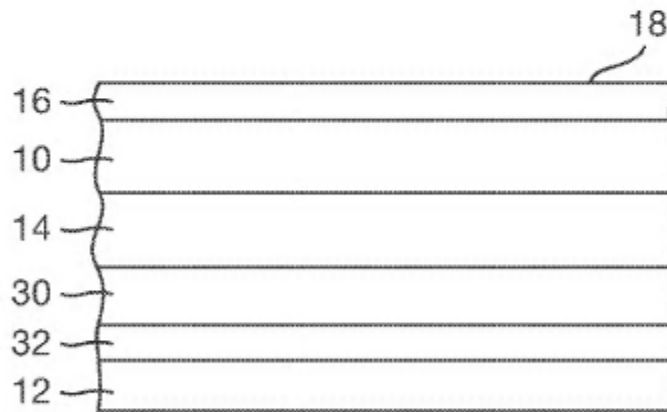


Fig. 9

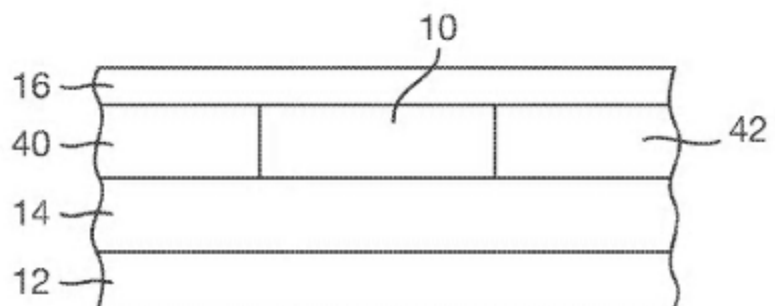


Fig. 10(a)

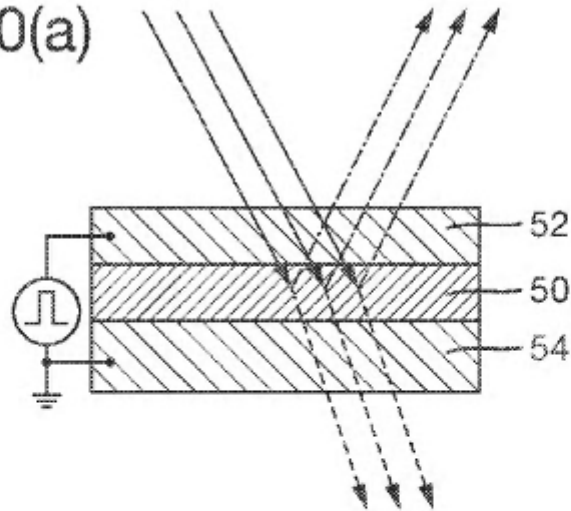


Fig. 10(b)

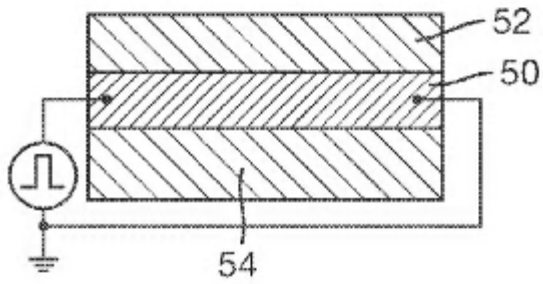


Fig. 10(c)

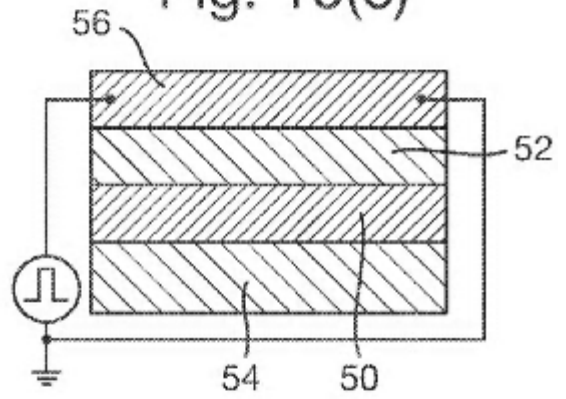


Fig. 10(d)

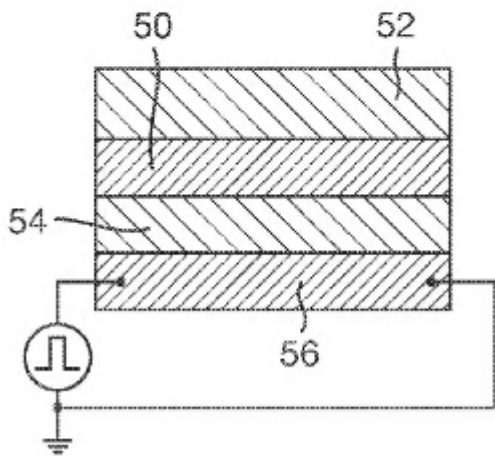


Fig. 10(e)

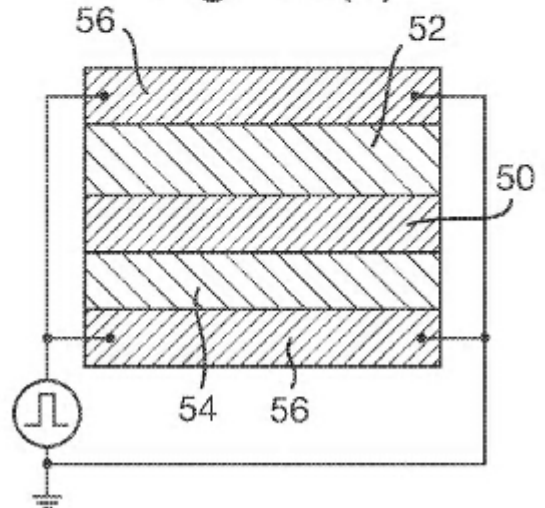


Fig. 11

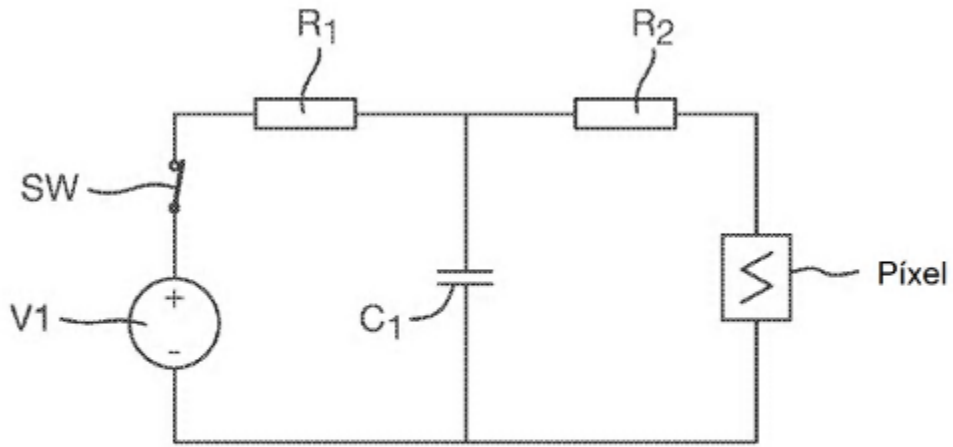


Fig. 12

