

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 048**

51 Int. Cl.:

G02F 1/167 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2005 E 16000479 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 3067744**

54 Título: **Procedimiento para activar una pantalla electroforética**

30 Prioridad:

23.03.2004 US 555529 P
07.07.2004 US 585879 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2018

73 Titular/es:

E INK CORPORATION (100.0%)
1000 Technology Park Drive
Billerica, MA 01821-4165, US

72 Inventor/es:

WHITESIDES, THOMAS, H.;
MCCREARY, MICHAEL, D. y
PAOLINI, RICHARD, J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 660 048 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

Procedimiento para activar una pantalla electroforética

- 5 Esta invención se refiere a procedimientos para activar pantallas electroforéticas, especialmente pantallas electroforéticas utilizadas como moduladores de luz, es decir a ventanas de transmisión variable, espejos y dispositivos similares diseñados para modular la cantidad de luz u otra radiación electromagnética que pasa a través de los mismos; por motivos de conveniencia, el término "luz" se utilizará de manera normal en el presente documento, aunque este término se entenderá en un sentido amplio incluyendo radiación electromagnética a
- 10 longitudes de onda no visibles. Por ejemplo, como se mencionará más abajo, la presente invención puede aplicarse para proporcionar ventanas que puedan modular radiación infrarroja para controlar temperaturas dentro de edificios. Más específicamente, esta invención se refiere a moduladores de luz que utilizan medios electroforéticos a base de partículas para controlar la modulación de luz.
- 15 Las pantallas electroforéticas a base de partículas, en las que una pluralidad de partículas cargadas se mueven a través de un fluido de suspensión bajo la influencia de un campo eléctrico, han sido durante años objeto de una investigación y desarrollo intensos. Este tipo de pantallas pueden tener atributos de buen brillo y contraste, ángulos de visión amplios, biestabilidad de estado y bajo consumo de energía en comparación con las pantallas de cristal líquido.
- 20 Los términos "biestable" y "biestabilidad" se utilizan en el presente documento en su significado convencional en la técnica para hacer referencia a pantallas que comprenden elementos de visualización que tienen unos estados de visualización primero y segundo que difieren en al menos una propiedad óptica, y de modo que después de activar cualquier elemento dado, por medio de un pulso de direccionamiento de duración finita, para adoptar su estado de
- 25 visualización primero o segundo, después de que el pulso de direccionamiento haya terminado, ese estado persistirá durante al menos varias veces, por ejemplo al menos cuatro veces, la duración mínima del pulso de direccionamiento necesaria para cambiar el estado del elemento de visualización. En la solicitud de patente estadounidense publicada n.º 2002/0180687 se muestra que algunas pantallas electroforéticas a base de partículas que pueden soportar la escala de grises, son estables no sólo en sus estados extremos de negro y blanco sino
- 30 también en sus estados intermedios grises, y ocurre lo mismo en algunos otros tipos de pantallas electroópticas. Este tipo de pantalla se denomina de manera adecuada "multiestable" en lugar de biestable, aunque por motivos de conveniencia en el presente documento puede utilizarse el término "biestable" para abarcar las pantallas tanto biestables como multiestables.
- 35 No obstante, problemas con la calidad de la imagen a largo plazo de estas pantallas han impedido su uso extenso. Por ejemplo, las partículas que constituyen las pantallas electroforéticas tienden a sedimentar, dando como resultado una vida útil inadecuada para estas pantallas.
- 40 Como se indicó anteriormente, los medios electroforéticos requieren la presencia de un fluido de suspensión. En la mayoría de los medios electroforéticos de la técnica anterior, este fluido de suspensión es un líquido, aunque pueden producirse medios electroforéticos utilizando fluidos gaseosos de suspensión; véase, por ejemplo, Kitamura, T., et al., "Electrical toner movement for electronic paper-like display", IDW Japón, 2001, artículo HCS1-1, y Yamaguchi, Y., et al., "Toner display using insulative particles charged triboelectrically", IDW Japón, 2001, artículo AMD4-4). Véanse también las solicitudes de patente europeas 1.429.178; 1.462.847; 1.482.354; y 1.484.625; y las
- 45 solicitudes internacionales WO 2004/090626; WO 2004/079442; WO 2004/077140; WO 2004/059379; WO 2004/055586; WO 2004/008239; WO 2004/006006; WO 2004/001498; WO 03/091799; y WO 03/088495. Este tipo de medios electroforéticos a base de gas parecen ser susceptibles a los mismos tipos de problemas por la sedimentación de partículas que los medios electroforéticos a base de líquido, cuando se utilizan los medios en una orientación que permite tal sedimentación, por ejemplo en un anuncio en el que el medio se dispone en un plano
- 50 vertical. De hecho, la sedimentación de partículas parece ser un problema más grave en los medios electroforéticos a base de gas que en aquéllos a base de líquido, puesto que la menor viscosidad de los fluidos gaseosos de suspensión en comparación con los líquidos permite una sedimentación más rápida de las partículas electroforéticas.
- 55 Recientemente se han publicado numerosas patentes y solicitudes cedidas a o a nombre del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y E Ink Corporation que describen medios electroforéticos encapsulados. Tales medios encapsulados comprenden numerosas cápsulas pequeñas, cada una de las cuales comprende a su vez una fase interna que contiene partículas que pueden moverse por electroforesis, suspendidas en un medio líquido de suspensión, y una pared de cápsula que rodea la fase interna. Normalmente, las cápsulas se mantienen en sí mismas dentro de un aglutinante polimérico para formar una capa coherente situada entre dos electrodos. Medios encapsulados de este tipo se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses n.ºs 5.930.026; 5.961.804; 6.017.584; 6.067.185; 6.118.426; 6.120.588; 6.120.839; 6.124.851; 6.130.773; 6.130.774; 6.172.798; 6.177.921; 6.232.950; 6.249.271; 6.252.564; 6.262.706; 6.262.833; 6.300.932; 6.312.304; 6.312.971; 6.323.989; 6.327.072; 6.376.828; 6.377.387; 6.392.785; 6.392.786; 6.413.790; 6.422.687; 6.445.374; 6.445.489; 6.459.418; 6.473.072;
- 60 6.480.182; 6.498.114; 6.504.524; 6.506.438; 6.512.354; 6.515.649; 6.518.949; 6.521.489; 6.531.997; 6.535.197; 6.538.801; 6.545.291; 6.580.545; 6.639.578; 6.652.075; 6.657.772; 6.664.944; 6.680.725; 6.683.333; 6.704.133;

6.710.540; 6.721.083; 6.727.881; 6.738.050; 6.750.473; 6.753.999; 6.816.147; 6.819.471; 6.822.782; 6.825.068; 6.825.829; 6.825.970; 6.831.769; 6.839.158; 6.842.279; 6.842.657; y 6.842.167; y las publicaciones de solicitud de patente estadounidense n.^{os} 2002/0060321; 2002/0060321; 2002/0063661; 2002/0090980; 2002/0113770; 2002/0130832; 2002/0131147; 2002/0171910; 2002/0180687; 2002/0180688; 2003/0011560; 2003/0020844; 5 2003/0025855; 2003/0102858; 2003/0132908; 2003/0137521; 2003/0151702; 2003/0214695; 2003/0214697; 2003/0222315; 2004/0012839; 2004/0014265; 2004/0027327; 2004/0075634; 2004/0094422; 2004/0105036; 2004/0112750; 2004/0119681; y 2004/0196215; 2004/0226820; 2004/0233509; 2004/0239614; 2004/0252360; 2004/0257635; 2004/0263947; 2005/0000813; 2005/0001812; 2005/0007336; 2005/0007653; 2005/0012980; 2005/0017944; 2005/0018273; y 2005/0024353; y las publicaciones de solicitud internacional n.^{os} WO 99/67678; WO 10 00/05704; WO 00/38000; WO 00/38001; WO00/36560; WO 00/67110; WO 00/67327; WO 01/07961; WO 01/08241; WO 03/107,315; WO 2004/023195; WO 2004/049045; WO 2004/059378; WO 2004/088002; WO 2004/088395; WO 2004/090857; y WO 2004/099862.

Los medios electroforéticos conocidos, tanto encapsulados como no encapsulados, pueden dividirse en dos tipos principales, a los que a continuación se hará referencia por motivos de conveniencia como "partícula simple" y "partícula doble" respectivamente. Un medio de partícula simple tiene sólo un único tipo de partícula electroforética suspendida en un medio de suspensión, difiriendo al menos una característica óptica del mismo de la de las partículas. (Con referencia a un único tipo de partícula, no se pretende insinuar que todas las partículas del tipo sean absolutamente idénticas. Por ejemplo, siempre que todas las partículas del tipo tengan sustancialmente la misma característica óptica y una carga de la misma polaridad, puede tolerarse una variación considerable en los parámetros tales como tamaño de partícula y movilidad electroforética sin afectar a la utilidad del medio). Cuando tal medio se sitúa entre un par de electrodos, siendo al menos uno transparente, dependiendo de los potenciales relativos de los dos electrodos, el medio puede mostrar la característica óptica de las partículas (cuando las partículas son adyacentes al electrodo más próximo al observador, denominado a continuación electrodo "anterior") 20 o la característica óptica del medio de suspensión (cuando las partículas son adyacentes al electrodo alejado del observador, denominado a continuación electrodo "posterior" (de modo que las partículas quedan ocultas por el medio de suspensión).

Un medio de partícula doble tiene dos tipos diferentes de partículas que difieren en al menos una característica óptica y un fluido de suspensión que puede ser incoloro o de color, aunque normalmente es incoloro. Los dos tipos de partículas difieren en la movilidad electroforética; esta diferencia en la movilidad puede ser en cuanto a la polaridad (este tipo puede denominarse a continuación medio de "partícula doble de carga opuesta") y/o en cuanto a la magnitud. Cuando tal medio de partícula doble se sitúa entre el par de electrodos mencionado anteriormente, dependiendo de los potenciales relativos de los dos electrodos, el medio puede mostrar la característica óptica de cualquier conjunto de partículas, aunque la manera exacta en que se consigue difiere dependiendo de si la diferencia en la movilidad es en cuanto a la polaridad o sólo la magnitud. Para simplificar la ilustración, considérese un medio electroforético en el que un tipo de partículas es negro y el otro tipo es blanco. Si los dos tipos de partículas difieren en cuanto a polaridad (si, por ejemplo, las partículas negras están cargadas positivamente y las partículas blancas están cargadas negativamente), las partículas se atraerán hacia los dos electrodos diferentes, de modo que si, por ejemplo, el electrodo anterior es negativo en relación con el electrodo posterior, las partículas negras se atraerán hacia el electrodo anterior y las partículas blancas hacia el electrodo posterior, de modo que el medio será negro para el observador. A la inversa, si el electrodo anterior es positivo en relación con el electrodo posterior, las partículas blancas se atraerán hacia el electrodo anterior y las partículas negras hacia el electrodo posterior, de modo que el medio será blanco para el observador.

Si los dos tipos de partículas tienen cargas de la misma polaridad, pero difieren en cuanto a la movilidad electroforética (este tipo de medio puede denominarse a continuación medio de "partícula doble de misma polaridad"), los dos tipos de partículas se atraerán hacia el mismo electrodo, aunque un tipo alcanzará el electrodo antes que el otro, de modo que el tipo dirigido hacia el observador diferirá dependiendo del electrodo hacia el que se atraen las partículas. Por ejemplo supóngase que se modifica la ilustración anterior de modo que tanto las partículas negras como las blancas estén cargadas positivamente, aunque las partículas negras tienen la mayor movilidad electroforética. Si ahora el electrodo anterior es negativo en relación con el electrodo posterior, tanto las partículas negras como las blancas se atraerán hacia el electrodo anterior, aunque las partículas negras, por su mayor movilidad lo alcanzarán primero, de modo que una capa de partículas negras cubrirá el electrodo anterior y el medio será negro para el observador. A la inversa, si el electrodo anterior es positivo en relación con el electrodo posterior, tanto las partículas negras como las blancas se atraerán hacia el electrodo posterior, aunque las partículas negras, por su mayor movilidad lo alcanzarán primero, de modo que una capa de partículas negras cubrirá el electrodo posterior, dejando una capa de partículas blancas lejos del electrodo posterior y dirigida hacia el observador, de modo que el medio será blanco para el observador: obsérvese que este tipo de medio de partícula doble requiere que el fluido de suspensión sea suficientemente transparente para permitir que la capa de partículas blancas lejos del electrodo posterior sea fácilmente visible para el observador. Normalmente, el fluido de suspensión en tal pantalla no tiene ningún color, aunque puede incorporarse algo de color con el fin de corregir cualquier tono no deseado en las partículas blancas que se vea a través.

Las pantallas electroforéticas de partícula simple y doble pueden soportar estados intermedios grises con características ópticas entremedias de los dos estados ópticos extremos ya descritos.

Algunas de las patentes y solicitudes publicadas mencionadas anteriormente dan a conocer medios electroforéticos encapsulados que tienen tres o más tipos diferentes de partículas dentro de cada cápsula. Para la presente solicitud, tales medios de múltiples partículas se consideran subespecies de medios de partícula doble.

5 Muchas de las patentes y solicitudes mencionadas anteriormente reconocen que las paredes que rodean las microcápsulas discretas en un medio electroforético encapsulado podrían sustituirse por una fase continua, produciendo así una denominada pantalla electroforética con dispersión de polímeros, en la que el medio electroforético comprende una pluralidad de gotas discretas de un fluido electroforético y una fase continua de un material polimérico, y que las gotas discretas de fluido electroforético dentro de tal pantalla electroforética con
10 dispersión de polímeros pueden considerarse como cápsulas o microcápsulas aunque no se asocie ninguna membrana de cápsula discreta con cada gota individual; véase por ejemplo, el documento 2002/0131147 mencionado anteriormente. Por consiguiente, para la presente solicitud, estos medios electroforéticos con dispersión de polímeros se consideran subespecies de medios electroforéticos encapsulados.

15 Un tipo relacionado de pantalla electroforética es una denominada "pantalla electroforética de microcélulas". En una pantalla electroforética de microcélulas, las partículas cargadas y el fluido de suspensión no están encapsulados dentro de microcápsulas sino que se retienen dentro de una pluralidad de cavidades formadas dentro de un medio portador, normalmente una película polimérica. Véase, por ejemplo, la publicación de solicitud internacional n.º WO 02/01281 y la solicitud estadounidense publicada n.º 2002/0075556, ambas cedidas a Sipix Imaging, Inc.

20 Aunque los medios electroforéticos a menudo son opacos (puesto que, por ejemplo, en muchos medios electroforéticos, las partículas bloquean sustancialmente la transmisión de la luz visible a través de la pantalla) y funcionan en un modo reflectante, muchas pantallas electroforéticas pueden hacerse funcionar en un denominado "modo de obturador" en el que un estado de visualización es sustancialmente opaco y uno es transmisivo de luz. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses mencionadas anteriormente n.ºs 6.130.774 y 6.172.798, y las patentes estadounidenses n.ºs 5.872.552; 6.144.361; 6.271.823; 6.225.971; y 6.184.856. Las pantallas dielectroforéticas, que son similares a las pantallas electroforéticas pero se basan en variaciones en la intensidad del campo eléctrico, pueden funcionar en un modo similar; véase la patente estadounidense n.º 4.418.346. Otros tipos de pantallas electroópticas también pueden funcionar en modo de obturador.

30 Una pantalla electroforética de microcélulas o encapsulada normalmente no presenta el modo de fallo por sedimentación y aglomeración de los dispositivos electroforéticos tradicionales y proporciona ventajas adicionales, tales como la capacidad para imprimir o cubrir la pantalla sobre una amplia variedad de sustratos flexibles y rígidos. (El uso del término "imprimir" pretende incluir todas las formas de impresión y recubrimiento, incluyendo, pero sin limitación: recubrimientos medidos previamente tales como recubrimiento con troquel, recubrimiento de hendidura o extrusión, recubrimiento deslizante o en cascada, recubrimiento en cortina, recubrimiento con rodillos tal como recubrimiento por cuchilla sobre rodillos, recubrimiento con rodillos hacia delante y hacia atrás; recubrimiento por grabado; recubrimiento por inmersión; recubrimiento por pulverización; recubrimiento por menisco; recubrimiento giratorio; recubrimiento por cepillo; recubrimiento por chorro de aire; procesos de serigrafía; procesos de impresión electrostática; procesos de impresión térmica; procesos de impresión por chorro de tinta; deposición electroforética; y otras técnicas similares). Por tanto, la pantalla resultante puede ser flexible. Además, como el medio de pantalla puede imprimirse (utilizando una diversidad de procedimientos), la pantalla en sí misma puede obtenerse de manera económica.

45 Un mercado potencialmente importante para los medios electroforéticos son las ventanas con transmisión de luz variable. Como el rendimiento energético de los edificios y vehículos es cada vez más importante, los medios electroforéticos podrían utilizarse como recubrimientos en ventanas para permitir el control electrónico de la proporción de radiación incidente transmitida a través de las ventanas variando el estado óptico de los medios electroforéticos. Se espera que una implementación eficaz de tal tecnología de "transmisividad variable" ("VT") en edificios proporcione (1) una reducción de efectos de calentamiento no deseados durante el tiempo caluroso, reduciendo así la cantidad de energía necesaria para el enfriamiento, el tamaño de las instalaciones de aire acondicionado y la demanda de electricidad pico; (2) un uso aumentado de la luz natural, reduciendo así la energía utilizada para la iluminación y la demanda de electricidad pico; y (3) un aumento de la comodidad del ocupante aumentando la comodidad tanto térmica como visual. Se esperarían beneficios incluso mayores en un automóvil, en el que la relación de superficie acristalada con respecto a volumen cerrado es significativamente mayor que en un edificio típico. Específicamente, se espera que la implementación eficaz de la tecnología de VT en automóviles proporcione no sólo los beneficios mencionados anteriormente, sino también (1) un aumento de la seguridad en marcha, (2) un reflejo reducido, (3) un rendimiento mejorado de los espejos (al utilizar un recubrimiento electroóptico en el espejo) y (4) una capacidad aumentada para utilizar pantallas frontales. Otras aplicaciones potenciales de la tecnología de VT incluyen vidrios de privacidad y protecciones antirreflectantes en dispositivos electrónicos. Los documentos WO 2004/008239 A1 y EP 1 542 067 A1 describen un medio de visualización de imágenes para visualizar una imagen moviendo partículas cargables dispuestas entre electrodos por medio de una tensión aplicada a los electrodos; y un medio de emisión de luz para emitir una luz hacia una superficie de visualización de imágenes del medio de visualización de imágenes. Además, un dispositivo de visualización de imágenes que tiene un panel de visualización de imágenes, en el que dos o más grupos de partículas o polvos líquidos que tienen colores diferentes y características de carga diferentes están sellados entre dos sustratos opuestos, siendo al menos uno de los dos

sustratos transparente, y, en el que las partículas o los polvos líquidos, a los que se aplica un campo electrostático producido por un par de electrodos proporcionados en un sustrato o ambos sustratos respectivamente, se obligan a moverse para visualizar una imagen, caracterizado por que un filtro de color está dispuesto en una superficie externa o una superficie interna de un sustrato transparente del panel de visualización de imágenes para realizar una visualización a color. La forma de realización mostrada en las figuras 2a-2c de este documento tiene electrodos posteriores que en parte se extienden hasta las paredes laterales de las cavidades en las que están confinadas las partículas cargables.

El documento US 6 184 856 B1 describe una pantalla a color electroforética transmisiva que tiene una pluralidad de píxeles de color; cada uno está iluminado de manera uniforme desde atrás por una retroiluminación y cada uno está compuesto por al menos dos células electroforéticas. Cada célula está compuesta por una suspensión de partículas de pigmentos con absorción de luz cargadas, negras o de color en un fluido transmisor de luz. Cada célula también está compuesta por una ventana anterior y posterior transmisiva de luz, al menos un contraelectrodo que no produce obstrucción, al menos un electrodo colector que no produce obstrucción y un medio de filtro de color. Las células de colores diferentes están en una relación lateralmente adyacente entre sí y las partículas de pigmentos cargadas son sensibles a los electrodos. El medio de filtro en cada célula puede ser un elemento de filtro de color transmisor de luz o el fluido de suspensión de pigmentos puede ser de color y servir de medio de filtro.

El documento WO 99/10767 A1 describe pantallas electroforéticas y materiales útiles para la fabricación de tales pantallas, y en particular, pantallas encapsuladas. Las partículas encapsuladas en las mismas se dispersan dentro de un fluido de suspensión, o electroforético. Este fluido puede ser una mezcla de dos o más fluidos o puede ser un único fluido. Las pantallas pueden comprender además partículas dispersadas en un fluido de suspensión, en el que las partículas contienen un líquido. En cualquier caso, el fluido de suspensión puede tener un índice de refracción o densidad sustancialmente acoplado al de las partículas dispersadas en el mismo. Las partículas pueden ser de color, luminiscentes, absorber luz o ser transparentes. Esta solicitud también describe pantallas electroosmóticas. Estas pantallas comprenden al menos una cápsula que contiene una fase interna de tipo gel o celulosa y una fase líquida, o que contiene dos o más fluidos inmiscibles. Una forma de pantalla electroforética encapsulada comprende una pluralidad de partículas anisotrópicas dispersadas en un fluido de suspensión; y una pluralidad de segundas partículas, ordenándose las partículas anisotrópicas en un estado ópticamente transparente tras la aplicación de un primer campo eléctrico y trasladándose las segundas partículas para desordenar las partículas anisotrópicas en un estado de absorción o dispersión óptica tras la aplicación de un segundo campo eléctrico. La aplicación de campos eléctricos a cualquiera de estas pantallas electroforéticas afecta a una propiedad óptica de la pantalla.

La presente invención se refiere a la adaptación de medios electroforéticos a base de partículas, que pueden estar encapsulados o no encapsulados, para su uso en moduladores de luz. Esta invención proporciona un procedimiento para activar una pantalla electroforética según la reivindicación 1. Por motivos de conveniencia, este procedimiento podrá denominarse a continuación "procedimiento de activación de CC/CA" de la invención. El medio electroforético utilizado en tal procedimiento puede ser de diversos tipos, incluyendo el medio electroforético encapsulado, medio electroforético con dispersión de polímeros y medio electroforético de microcélulas mencionados anteriormente. En las reivindicaciones dependientes se reivindican formas de realización preferidas. La única figura del dibujo adjunto es un gráfico que muestra la variación en la densidad óptica con la aplicación de una frecuencia de campo para un medio electroforético utilizado en el procedimiento de la presente invención.

Hasta ahora, las propiedades electroópticas de la mayoría de medios electroforéticos se han optimizado para garantizar una buena densidad óptica cuando los medios se utilizan en un estado opaco o sustancialmente opaco, y se ha dado relativamente poca importancia a mejorar la transmisión de luz en el estado "transparente" cuando se utilizan estos medios en un modo de obturador o transmisión variable. Sin embargo, están disponibles una serie de técnicas para mejorar tal transmisión de luz.

En primer lugar, en un medio electroforético, una fuente principal de dispersión de luz, y por tanto, de falta de transparencia en un estado transmisor, es el límite entre las gotas de la fase interna (el fluido de suspensión y las partículas electroforéticas en el mismo) y la fase continua que rodea las gotas. Para reducir la dispersión de luz en este límite, es deseable acoplar los índices de refracción del fluido de suspensión y el material de fase continua lo más posible, dentro de (por ejemplo) 0,07, de manera deseable dentro de 0,05, y preferiblemente dentro de 0,03. Normalmente, en los medios de la técnica anterior, el material de fase continua tiene un índice de refracción sustancialmente superior en comparación con los disolventes de hidrocarburos alifáticos utilizados como fluido de suspensión, y para aumentar el índice de refracción de este último, pueden utilizarse disolventes aromáticos y de polihaluros (y posiblemente también siliconas) en el fluido de suspensión para aumentar su índice de refracción. Por ejemplo, el fluido de suspensión podría comprender una mezcla de Isopar (marca registrada), índice de refracción, $n = 1,42$, con uno cualquiera o más de bifenilo ($n = 1,59$), fenil naftaleno ($n = 1,67$), bromobenceno ($n = 1,56$), bromonaftaleno ($n = 1,64$), metoxinaftaleno ($n = 1,69$), compuestos aromáticos de polibromo o alcanos de polibromo.

Resultará fácilmente evidente para los expertos en óptica que como la dispersión de luz se produce en el límite entre cualquiera de dos fases que tienen diferentes índices de refracción, la dispersión de luz que pretende reducir la presente invención se producirá independientemente de la naturaleza exacta de la fase continua que rodea el fluido de suspensión, y por tanto, que este aspecto de la presente invención es aplicable a todos los tipos de medios y

pantallas electroforéticas a base de partículas. Por ejemplo, el medio electroforético puede ser un medio electroforético encapsulado, en cuyo caso el límite relevante es aquél entre el fluido de suspensión y la pluralidad de paredes de cápsula que rodean las gotas. Alternativamente, el medio electroforético puede ser un medio electroforético con dispersión de polímeros, en cuyo caso el límite relevante es aquél entre el fluido de suspensión y el aglutinante polimérico que está en contacto directo con el fluido de suspensión. El medio también puede ser de tipo microcélula, en cuyo caso el límite relevante es aquél entre el fluido de suspensión y las paredes que definen las microcélulas.

Específicamente, las paredes de cápsula a base de gelatina utilizadas en los medios electroforéticos encapsulados descritos en muchas de las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente tienen un índice de refracción de 1,53, y el índice de refracción de Isopar puede aumentarse para que se acople con este índice de refracción mezclándolo con cloronaftaleno ($n = 1,63$), siendo la proporción óptima de cloronaftaleno del 55 por ciento en volumen.

De manera similar, en los medios electroforéticos encapsulados, tales como los descritos en muchas de las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente, en los que una pluralidad de cápsulas están insertadas en un aglutinante polimérico, la "fase continua" del medio electroforético en sí mismo comprende dos fases separadas, concretamente las paredes de cápsula y el aglutinante, y una fuente principal de dispersión de luz y falta de transparencia es el límite entre la pared de cápsula y el aglutinante, y es deseable acoplar el índice de la pared de cápsula y el aglutinante lo más posible, de nuevo dentro de (por ejemplo) 0,07, de manera deseable 0,05, y preferiblemente 0,03.

Como ya se ha indicado, las paredes de cápsula a base de gelatina descritas en muchas de las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente tienen un índice de refracción de aproximadamente 1,53, y los aglutinantes a base de poliuretano con los que hasta ahora se han utilizado normalmente tales paredes de cápsula no se acoplan con el índice de las paredes de cápsula a base de gelatina. Evidentemente de manera ideal podría utilizarse el mismo material para las paredes de cápsula y el aglutinante, aunque existen dificultades prácticas en recubrir medios electroforéticos que tienen aglutinantes de gelatina. Los aglutinantes que se acoplan con el índice de las paredes de cápsula a base de gelatina y que pueden ser más fáciles de recubrir incluyen gelatina, poli(vinilpirrolidona) ($n = 1,53$), celulosa ($n = 1,54$) y poli(metilacrilamida) ($n = 1,514$).

Otro lugar en el que se produce dispersión de luz en una pantalla electroforética típica es la interfaz entre la capa de medio electroforético en sí misma y el adhesivo de laminación que se utiliza normalmente para fijar esta capa a otra capa de la pantalla final, por ejemplo una placa posterior u otro conjunto de electrodos. En el caso de medios electroforéticos encapsulados, la dispersión de luz en esta interfaz se intensifica por el hecho de que la interfaz normalmente no es plana; las cápsulas dentro de la capa de aglutinante/cápsula forman "bultos" en la superficie de la capa, dando como resultado una interfaz que no es plana, y los expertos en óptica saben bien que una interfaz sin acoplamiento de índice y que no es plana da como resultado más dispersión de luz que una interfaz plana similar. (La misma interfaz en un medio electroforético con dispersión de polímeros también puede no ser plana por motivos similares, aunque es probable que la extensión de no planeidad sea menor que en el caso de un medio electroforético encapsulado). La dispersión de luz en esta interfaz puede reducirse sustancialmente mediante un acoplamiento de índice preciso del aglutinante, la pared de cápsula y el adhesivo de laminación, pero dado el gran número de limitaciones mecánicas y eléctricas respecto a los adhesivos de laminación para su uso con medios electroforéticos (véase especialmente la publicación de patente estadounidense 2003/0025855), puede ser difícil encontrar un adhesivo de laminación que consiga un acoplamiento de índice preciso y todavía satisfaga todas las demás limitaciones. Por consiguiente, como puede haberse tolerado cierto grado de no acoplamiento de índice en la interfaz entre la capa electroforética y el adhesivo de laminación, resulta ventajoso hacer que esta interfaz sea lo más plana posible aplanando la capa de aglutinante/cápsula antes de que esta capa se ponga en contacto con el adhesivo de laminación. Este aplanamiento puede realizarse recubriendo la superficie expuesta de la capa de aglutinante/cápsula con una solución de un material de acoplamiento de índice, preferiblemente gelatina, y secándola antes de poner en contacto la capa de aglutinante/cápsula con el adhesivo de laminación. Alternativamente, el aplanamiento puede realizarse mecánicamente mediante calandria, es decir, sometiendo la capa de aglutinante/cápsula a presión, y opcionalmente a calor, normalmente por contacto con un rodillo. Si se utiliza aplanamiento mecánico, evidentemente habrá que tener cuidado a la hora de elegir las condiciones de aplanamiento para que la cápsula no reviente.

Puede ser deseable utilizar gotas relativamente grandes (a menudo en forma de cápsulas o microcélulas grandes) en moduladores de luz, al menos cuando no es posible conseguir un acoplamiento de índice preciso de los diversos componentes del medio electroforético. Cuando se utilizan medios electroforéticos en un modo no transmisivo, generalmente se prefieren gotas pequeñas y medios delgados, preferiblemente monocapa, puesto que para una fase interna y una tensión de funcionamiento dada, gotas más pequeñas dan como resultado velocidades de cambio mayores, que son deseables cuando se cambian imágenes, y muchas de las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente muestran el uso de gotas pequeñas en forma de cápsulas que tienen diámetros en el intervalo de aproximadamente 20-50 μm . Sin embargo, en la mayor parte de moduladores de luz, tales como ventanas de transmisión variable, el cambio de velocidad habitualmente no es de gran importancia, y como las paredes de cápsula u otras fases continuas son una fuente principal de dispersión de luz, es deseable reducir la

cantidad de pared de cápsula o fase continua por unidad de área del modulador. El perímetro de la pared de cápsula o pared de microcélula en el área de sección transversal de la capa electroforética es aproximadamente inversamente proporcional al diámetro de las cápsulas o el tamaño de microcélula (y se encuentra un efecto similar para medios electroforéticos con dispersión de polímeros). Como se espera que la pared de microcélula o cápsula, o el límite entre la gota y la fase continua en el caso de un medio electroforético con dispersión de polímeros) sea la fuente principal de dispersión, un aumento del diámetro de cápsula hasta aproximadamente 100-150 μm) debería reducir la dispersión por un factor de 3. Cabe indicar que el grosor de la capa electroforética será normalmente sustancialmente menor que el diámetro de las cápsulas (por ejemplo de aproximadamente 40-50 μm) de modo que las cápsulas grandes se aplanarán en forma de "torta", teniendo la gota dentro de la cápsula una relación de aspecto (altura/anchura) no mayor de 0,5, y de manera deseable no mayor de 0,35. Tal forma de torta puede conseguirse de la mejor manera utilizando cápsulas muy flexibles o adaptables con un menor grado de reticulación que el utilizado normalmente en las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente; sin embargo, cabe indicar que las cápsulas de gelatina que no están reticuladas son muy susceptibles de reventar. De manera similar, pueden utilizarse medios electroforéticos con dispersión de polímeros con gotas que tienen relaciones de aspecto similares, y microcélulas que tienen relaciones de aspecto similares.

La fracción de volumen y el tamaño de la partícula electroforética se optimizarán para conseguir una claridad máxima en el estado transparente ("abierto") y una opacidad adecuada en el estado opaco ("cerrado"). Es deseable mantener la fracción de volumen de las partículas electroforéticas en o cerca del mínimo consiguiendo una opacidad adecuada en el estado no transmisivo de luz ("cerrado"), puesto que ningún aumento en la fracción de volumen por encima del mínimo tiene un efecto significativo sobre el estado cerrado pero produce agregados de partículas más grandes en el estado transmisivo de luz ("abierto"), reduciendo así la transmisión de luz en este estado. El uso de un pigmento de color claro (por ejemplo aluminio u otro pigmento metálico) debería mejorar las características de transmisión de luz del estado abierto, y proporcionar al mismo tiempo un aspecto más atractivo, con reflejo del color claro, en lugar de un aspecto negro, en el estado cerrado.

Cuando se utiliza un modulador de luz de la presente invención en una ventana o cristal similar para controlar la transmisión de calor, son deseables partículas electroforéticas con alta reflectancia de infrarrojos; los ejemplos de pigmentos con reflectancia IR incluyen dióxido de titanio y sulfuro de zinc.

Los moduladores de luz deberán tener normalmente una alta biestabilidad, de hasta varias horas o más. Su biestabilidad puede aumentarse mediante la adición de aditivos reológicos de cualquier tipo, incluyendo poliisobutileno (PIB) o Kraton, como se describe en la publicación de patente estadounidense 2002/0180687. Como la velocidad de cambio no es demasiado importante en muchos moduladores de luz, podría conseguirse una estabilidad de imagen excelente mediante el mecanismo de agotamiento-floculación, como se describe en esta solicitud publicada.

Normalmente, los moduladores de luz funcionarán en un modo dielectroforético, como se describe en el documento 2004/0136048 mencionado anteriormente. Aunque como ya se ha mencionado la velocidad de cambio no es demasiado importante en muchos moduladores de luz, el movimiento dielectroforético de las partículas es habitualmente mucho más lento que el movimiento de las mismas partículas de manera electroforética a lo largo de las líneas de un campo eléctrico, y puede ser recomendable realizar determinadas modificaciones del medio electroforético para evitar que los tiempos de cambio dielectroforético sean demasiado largos. Por ejemplo, puede resultar útil sustituir el negro de carbón a menudo utilizado como partícula electroforética por un pigmento más grande, más conductor. Aunque las partículas de carbón pueden representar la elección óptima, por su bajo coste, las partículas metálicas o semiconductoras pueden tener ventajas. El efecto dielectroforético depende de la conductividad, puesto que es el resultado de una interacción dipolar inducida con el campo. Una conductividad mayor debería dar como resultado partículas que responden más fácilmente. También pueden utilizarse partículas semiconductoras, particularmente aquéllas con niveles de dopado tan elevados que tienen conductividades relativamente altas; la capacidad de polarización de la partícula es importante para el rendimiento dielectroforético, de modo que los elementos bajos en la tabla periódica pueden ser mejores (por ejemplo sulfuro de cadmio, seleniuro o telururo). Además, con partículas semiconductoras, es posible ajustar la respuesta cambiando el nivel de dopado, de modo que a una frecuencia el cambio será en su mayor parte electroforético, mientras que a otra, preferiblemente se producirá dielectroforesis. Aunque este comportamiento también lo mostrarán partículas conductoras simples (como carbón o metales), cabe esperar que la frecuencia a la que se produce la respuesta máxima se vea afectada por la resistencia eléctrica interna de la partícula. Este efecto, es decir, la dependencia de la respuesta de la frecuencia, puede ofrecer un procedimiento para hacer que la pantalla se cierre (véase más abajo con respecto al efecto de burbuja (*scrubbing bubble*)).

Es probable que las partículas electroforéticas más pequeñas den una respuesta más rápida a un campo de polarización.

También puede resultar ventajoso incorporar al medio electroforético de un modulador de luz, además de las partículas electroforéticas de color primarias, partículas electroforéticas secundarias, sustancialmente transparentes. Estas segundas partículas electroforéticas (*scrubbing bubbles*) pueden llevar una carga de cualquier polaridad (es decir, la misma que u opuesta a las cargas en las partículas electroforéticas primarias) y pueden moverse por una

- forma de onda de baja frecuencia para remover el medio electroforético. Tales partículas transparentes podrían ser por ejemplo partículas muy pequeñas (20-50 μm) de sílice, u otro coloide, que son demasiado pequeñas para dispersar la luz de manera apreciable. Alternativamente, las partículas transparentes podrían ser partículas de polímeros con acoplamiento de índice (con respecto al fluido de suspensión), o bien una partícula de látex no hinchable con el índice de refracción correcto o bien una partícula hinchable, pero insoluble, que comprenda posiblemente un microgel reticulado; tal látex de microgel podría ser particularmente beneficioso porque en su forma hinchada comprendería una gran parte de disolvente, y por tanto sería más fácil de realizar un acoplamiento del índice con el medio, dando como resultado una baja dispersión.
- 5
- 10 En moduladores de luz que utilizan el procedimiento de activación de la presente invención, el estado transparente se obtiene mediante agregación dependiente del campo de las partículas electroforéticas; tal agregación dependiente del campo puede adoptar la forma de un movimiento dielectroforético de las partículas electroforéticas hacia las paredes laterales de una gota (ya esté presente la gota en un medio con dispersión de polímeros o dentro de una cápsula o microcélula), o “encadenamiento”, es decir, la formación de hilos de partículas electroforéticas dentro de la gota, o posiblemente de otras maneras. Independientemente del tipo de agregación exacto alcanzado, tal agregación dependiente del campo de las partículas electroforéticas hace que las partículas ocupen sólo una pequeña proporción del área visible de cada gota, tal como se ve en una dirección mirando en perpendicular a la superficie de visión a través de la que un observador ve el medio electroforético. Por tanto, en el estado abierto o transmisivo de luz, la mayor parte del área visible de cada gota está libre de partículas electroforéticas y la luz puede pasar libremente a través. Por el contrario, en el estado cerrado o no transmisivo de luz, las partículas electroforéticas se distribuyen por todo el área visible de cada gota (las partículas pueden distribuirse uniformemente por el volumen del fluido de suspensión o concentrarse en una capa adyacente a una superficie principal de la capa electroforética), de modo que no pueda pasar luz a través.
- 15
- 20 Puede demostrarse por la teoría convencional que la agregación dependiente del campo de las partículas electroforéticas, y por tanto, la formación de un estado abierto, se favorece por la aplicación de campos de alta frecuencia (normalmente al menos 10 Hz) al medio electroforético, y mediante el uso de gotas de forma irregular, partículas electroforéticas altamente conductoras y un fluido de suspensión de baja conductividad y baja constante dieléctrica. A la inversa, la dispersión de las partículas electroforéticas en el fluido de suspensión o su concentración adyacente a una superficie principal de la capa electroforética, y por tanto, la formación de un estado cerrado, se favorece por la aplicación de campos de baja frecuencia (normalmente menos de 10 Hz) al medio electroforético, y mediante el uso de partículas electroforéticas muy cargadas, un fluido de suspensión de conductividad mayor y mayor constante dieléctrica y paredes de gota cargadas.
- 25
- 30 Dicho de otro modo, para disminuir el tiempo de cierre en una pantalla dielectroforética (es decir, recuperación de migración dielectroforética) o una pantalla parada (es decir, aquélla en la que las partículas se agregan como en un fluido electrorreológico), resulta ventajoso variar tanto la tensión de funcionamiento como la forma de onda, utilizando una forma de onda de alta frecuencia y alta tensión para abrir el modulador y una forma de onda de baja frecuencia y baja tensión para cerrarlo. Estos cambios en la forma de onda pueden acoplarse con electrodos con patrón o con las partículas semiconductoras descritas anteriormente para optimizar la respuesta en ambas direcciones.
- 35
- 40 La única figura de los dibujos adjuntos es un gráfico que muestra la variación en la densidad óptica con la frecuencia de campo aplicada para un medio electroforético experimental que contiene negro de carbón encapsulado con fluido de suspensión de cloronaftaleno/Isopar en cápsulas de 100-150 μm utilizando para las paredes de cápsula el coacervado de gelatina/goma arábica reticulado con glutaraldehído, y el aglutinante de poliuretano, como se describe en las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente. La capa de aglutinante/cápsula no se aplanó y se utilizó un adhesivo de laminación de poliuretano convencional, sin acoplamiento de índice con la capa de aglutinante/cápsula. La figura muestra la variación de la densidad óptica del medio con la frecuencia del campo aplicado, y se observará que la densidad óptica podría ajustarse de desde aproximadamente 0,9 hasta aproximadamente 0,3 (correspondiente a transmisividades ópticas de aproximadamente el 10 y el 50 por ciento respectivamente) simplemente ajustando la frecuencia del campo aplicado. El medio mostró una ligera histéresis, de modo que en la figura los resultados para las transiciones de apertura (negro a transparente) y cierre (transparente a negro) del medio se dibujan por separado. A diferencia de los resultados obtenidos normalmente con una activación CC de los medios electroforéticos (véase por ejemplo, el documento 2003/0137521 mencionado anteriormente), se encontró que la densidad óptica del medio no dependía del histórico (es decir, la densidad óptica obtenida no era una función de los estados anteriores del medio). Esto simplificó enormemente la activación del medio.
- 45
- 50
- 55 Como se indicó anteriormente, la densidad óptica de un medio electroforético, al menos visto en perpendicular al grosor de la capa electroforética, es una función de la fracción del área visible ocupada por las partículas electroforéticas, y para producir el mejor estado transparente, esta fracción deberá ser lo menor posible. Sin embargo, como resultará fácilmente evidente para los expertos en obtención de imágenes, el aspecto del estado transparente del medio cuando se observa fuera del eje (es decir, cuando se observa en una dirección formando un ángulo agudo con el grosor de la capa electroforética) es una función no sólo de la fracción del área visible ocupada por las partículas electroforéticas, sino también de la distribución de las partículas electroforéticas a través del grosor de la capa electroforética. Si las partículas forman estructuras que se extienden a través de todo el grosor de la capa
- 60
- 65

electroforética (por ejemplo, si las partículas ocupan todas las paredes laterales de las gotas, o forman hilos que se extienden por el grosor de la capa), estas estructuras serán visibles cuando el medio se observa fuera del eje, y pueden ocupar una proporción sustancial del área visible, reduciendo así la transparencia fuera del eje del medio. Sin embargo, si las partículas forman estructuras que se extienden sólo por parte del grosor de la capa electroforética, cuando el medio se observa fuera del eje, estas estructuras ocuparán una menor proporción del área visible, mejorando así la transparencia fuera del eje del medio.

Para mejorar la transparencia fuera del eje, puede resultar ventajoso mantener la capa electroforética lo más delgada posible, reduciendo así el tamaño de cualquier estructura de partícula que se extiende por el grosor de la capa electroforética; sin embargo, como se indicó anteriormente, una capa electroforética delgada requiere un aumento correspondiente en la fracción de volumen de las partículas electroforéticas para conseguir una opacidad adecuada en el estado cerrado de la pantalla. Por consiguiente, es probable que haya un grosor óptimo de la capa electroforética para cualquier selección dada de materiales para su uso en un modulador de luz. Además, si las estructuras son de un tipo que ocupa las paredes laterales de una gota, resulta ventajoso utilizar gotas amplias, puesto que esto reduce el número de paredes laterales sobre las que se forman las estructuras de partícula, y por tanto, la proporción del área visible ocupada por las estructuras cuando la capa electroforética se observa fuera del eje. Dicho de otro modo, la transparencia de tal capa electroforética observada fuera del eje es una función de la relación de aspecto (altura con respecto a dimensión lateral máxima) de las gotas.

La transparencia fuera del eje también puede mejorarse controlando las estructuras de partícula de modo que no ocupen todas las paredes laterales de una gota. En particular, resulta ventajoso concentrar las partículas de modo que las estructuras de partícula ocupen sólo parte de las paredes laterales adyacentes a una superficie principal de la capa de medio electroforético. Tales estructuras de partícula pueden producirse según el procedimiento de activación de CC/CA de la presente invención situando en primer lugar todas las partículas dentro de una gota adyacente a una superficie principal de la capa electroforética aplicando un campo de CC a la capa, y a continuación desplazando las partículas hacia las paredes laterales utilizando un campo de CA de frecuencia apropiada.

En el caso de medios electroforéticos de microcélulas, puede resultar ventajoso hacer que al menos una parte de cada pared lateral sea eléctricamente conductora. Tales paredes laterales conductoras pueden estar aisladas o no de los electrodos utilizados para activar el medio electroforético. Si las paredes laterales conductoras están aisladas de los electrodos de activación, a medida que se activa el medio, tales paredes laterales conductoras se polarizarán por inducción, y el campo eléctrico que experimenta la fase interna electroforética dentro de las microcélulas se concentrará en las áreas entre las paredes laterales conductoras y los electrodos de activación, de modo que cualquier estructura de partícula formada se concentrará adyacente a estas áreas y no se distribuirá por todas las paredes laterales. Alternativamente, las paredes laterales conductoras pueden estar en contacto eléctrico con la placa posterior de la pantalla, pero aisladas del/de los electrodo(s) anterior(es), concentrando así la intensidad del campo eléctrico cerca de las "partes superiores" de las paredes laterales (es decir, en las partes de las paredes laterales adyacentes al/a los electrodo(s) anterior(es)), de modo que, en el estado abierto de la pantalla, las partículas electroforéticas se concentrarían adyacentes a estas partes de las paredes laterales.

El rendimiento electroóptico de los moduladores de luz también puede verse afectado sustancialmente por la geometría de los electrodos utilizados para activar la pantalla. Para cambiar el modulador entre su estado abierto y cerrado, es necesario mover las partículas electroforéticas lateralmente (es decir, en el plano del medio electroforético) y tal cambio lateral puede conseguirse utilizando varias geometrías de electrodo diferentes. Los electrodos con patrón, aunque tengan una separación mayor que el tamaño de gota, pueden proporcionar un movimiento lateral de las partículas electroforéticas, hasta los lados de las gotas. Cuando se utiliza de este modo, la anchura de electrodo debería ser pequeña en relación con el espacio entre los electrodos, y la capa electroforética debería ser lo más delgada posible, para maximizar la componente lateral del campo. Un plano superior con polaridad diferente con respecto a la placa posterior con patrón también ayuda a maximizar el gradiente de campo lateral, y concentrar las partículas en regiones de campo máximo.

La dielectroforesis depende no del propio campo, sino del gradiente de campo, de modo que los electrodos con patrón también pueden resultar ventajosos para pantallas que utilizan esta técnica. Pueden producirse gradientes de campo locales intensos mediante, por ejemplo, un electrodo interdigitado (es decir, una disposición de electrodo que tiene dos conjuntos de dientes alargados alternos, manteniéndose los dientes de cada conjunto a la misma tensión) con los dientes a diferentes tensiones, por ejemplo junto con un electrodo de plano superior. Si entonces se colocan los dientes al mismo potencial, el dispositivo podría utilizarse para realizar un cambio electroforético, de anterior a posterior, que debería mejorar la tasa de cierre de una pantalla transparente (abierto).

Los electrodos con patrón, segmentados sobre vidrio permiten una señalización basada en un contraste claro/opaco (en lugar de un contraste reflectante, a base de color como en la mayor parte de pantallas electroforéticas de la técnica anterior) además de una transición de claro/opaco general. Los electrodos con patrón se situarían para mostrar letras o una imagen, y podrían disponerse para direccionarse por separado del fondo.

Los medios electroforéticos utilizados en la presente invención pueden producirse de manera económica. Como no es necesario un tamaño de gota uniforme, medios encapsulados no clasificados (es decir, no seleccionados por su

tamaño) y/o con dispersión de polímeros, posiblemente preparados mediante un procedimiento de coalescencia limitada (véase el documento WO 2005/072228) podrían reducir los costes que resultan de la pérdida de material durante los procedimientos de encapsulación típicos de la técnica anterior. El requisito flexible del tamaño de gota se debe al tiempo de cambio lento factible en un modulador de luz, y por el uso de aditivos reológicos que no se degradan por el cizallamiento, tales como copolímeros de bloque de agregación, como se comentó anteriormente.

El coste de los medios electroforéticos puede reducirse adicionalmente utilizando partículas electroforéticas sin cubiertas poliméricas unidas de manera covalente (del tipo descrito en la patente estadounidense n.º 6.822.782 mencionada anteriormente), de modo que la fase interna puede contener, además de las partículas electroforéticas y el fluido de suspensión, sólo un agente de carga/adyuvante de la dispersión/tensioactivo. Es posible utilizar dispersiones de carbón natural directamente del fabricante, sin preparación sintética de ningún tipo.

Cabe indicar que, como el contraste deseado en los moduladores de luz está entre un estado cerrado en el que se bloquea la luz por las partículas electroforéticas, y un estado abierto en el que no se bloquea la luz, el medio electroforético utilizado será normalmente de partícula simple, puesto que no hay necesidad de que esté presente más de un tipo de partícula electroforética. Además, el fluido de suspensión en tal medio de partícula simple normalmente no estará teñido para proporcionar una transparencia máxima en el estado abierto.

Como el tiempo de cambio (apertura/cierre) es relativamente poco importante en los moduladores de luz, el medio electroforético puede estar en forma de recubrimiento multicapa (a diferencia de monocapa); y aun así proporcionar resultados satisfactorios. Si el sistema tiene un acoplamiento de índice adecuado como resultado de la elección apropiada del aglutinante y los materiales de fase interna, y por lo demás está optimizado como se describió anteriormente, el equilibrio entre coste reducido y transparencia reducida/difusión aumentada (dispersión) en un recubrimiento multicapa puede ser favorable.

Las formas de onda multinivel/multifrecuencia preferidas para su uso en los presentes moduladores de luz ya se han comentado anteriormente. El control de la forma de pulso de la forma de onda también puede ser deseable; por ejemplo, entre las formas de pulso de onda sinusoidal y cuadrada, la onda sinusoidal puede proporcionar un mejor comportamiento de cierre porque la polarización de las partículas se produce más lentamente y en condiciones en las que se produce menos mezclado hidrodinámico del sistema.

Como se ha indicado en algunas de las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente, los medios electroforéticos son a menudo sensibles a diversas longitudes de onda de radiación electromagnética, que entre otras cosas tienden a disminuir la vida útil de trabajo de los medios. Por tanto, a menudo es deseable proporcionar capas de filtro para proteger los medios de la radiación a la que son sensibles. Una ventana de transmisión variable tendrá normalmente la forma de un medio electroforético colocado entre dos paneles de vidrio, y, en esta estructura pueden conseguirse ahorros de costes proporcionando el filtrado necesario, por ejemplo filtrado ultravioleta y/o infrarrojo, en uno o ambos paneles de vidrio (u otros paneles similares utilizados), en lugar de proporcionar capas de filtro separadas en el medio electroforético.

40

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para activar una pantalla electroforética, comprendiendo la pantalla una capa de un medio electroforético que tiene unas superficies primera y segunda en lados opuestos de la misma, y medios de electrodo dispuestos para aplicar un campo eléctrico por la capa del medio electroforético, estando dispuestos los medios de electrodo para activar el medio electroforético a un estado no transmisor, en el que las partículas cargadas eléctricamente ocupan una proporción principal del área de la capa, haciendo así que la capa sea sustancialmente no transmisor de luz, y un estado transmisor, en el que las partículas cargadas eléctricamente ocupan sólo una proporción mínima del área de la capa, haciendo así que la capa sea sustancialmente transmisor de luz, comprendiendo el medio electroforético una fase continua y una pluralidad de gotas confinadas dentro de la fase continua, comprendiendo cada gota un fluido de suspensión y una pluralidad de partículas cargadas eléctricamente dispuestas en el fluido de suspensión, pudiendo moverse las partículas a través del mismo tras la aplicación de un campo eléctrico a la capa del medio electroforético, estando el procedimiento caracterizado por que: mientras que la capa está en su estado no transmisor de luz, se aplica a través de los medios de electrodo un campo eléctrico de corriente continua, moviendo así las partículas cargadas eléctricamente adyacentes a una de las superficies primera y segunda de la capa del medio electroforético; y a continuación se aplica a través de los medios de electrodo un campo de corriente alterna, moviendo así las partículas en el plano del medio electroforético hacia las paredes laterales de las gotas y haciendo que la capa adopte su estado transmisor de luz.
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fase continua comprende una pluralidad de paredes de cápsula que rodean las gotas.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fase continua comprende un aglutinante polimérico en contacto directo con el fluido de suspensión de cada gota.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fase continua es un medio portador que rodea una pluralidad de cavidades cerradas, estando confinadas las gotas dentro de las cavidades.

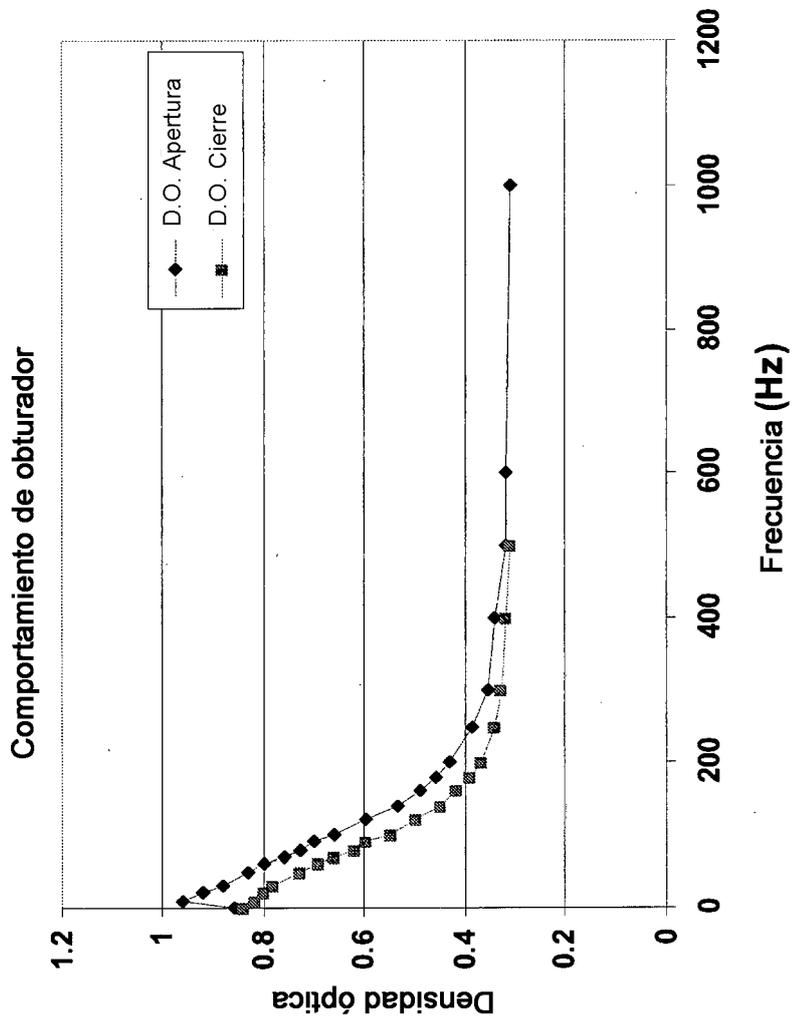


Fig.