

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 138**

51 Int. Cl.:

G02F 1/167 (2009.01)

G09G 3/20 (2006.01)

G09G 3/34 (2006.01)

C09B 67/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.09.2015 PCT/US2015/049421**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2016 WO16040627**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2015 E 15839834 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 3191892**

54 Título: **Dispositivos de visualización electroforéticos en color**

30 Prioridad:

10.09.2014 US 201462048591 P

01.06.2015 US 201562169221 P

02.06.2015 US 201562169710 P

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

07.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TELFER, STEPHEN;
BULL, STEPHEN;
MORRISON, JENNIFER M.;
SLOMINSKI, LUKE M.;
MILLER, DAVID DARRELL;
BARYKINA-TASSA, OLGA VLADIMIROVNA;
HOOGEBOOM, CHRISTOPHER L.;
LATTES, ANA L.;
YEZEK, LEE;
MACDONALD, BRANDON;
LADAVAC, KOSTA y
HERB, CRAIG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 772 138 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

Dispositivos de visualización electroforéticos en color

Esta solicitud está relacionada con la Solicitud de los EE.UU. N° de Serie 14/277.107, presentada el 14 de mayo de 2014 (Publicación N° 2014/0340430), y con la Solicitud de los EE.UU. N° de Serie 14/279.125, presentada el 20 de noviembre, 2014 (Publicación N° 2014/0340734).

Esta invención se refiere a métodos para accionar dispositivos de visualización electroforéticos en color, y más específicamente para accionar dispositivos de visualización electroforéticos capaces de reproducir más de dos colores utilizando una sola capa de material electroforético que comprende una pluralidad de partículas de color. La presente invención está definida por la reivindicación 1 independiente.

El término color, como se ha utilizado en este documento, incluye negro y blanco. Las partículas blancas son a menudo del tipo de dispersión de luz.

El término estado gris es utilizado en este documento en su significado convencional en la técnica de formación de imágenes para referirse a un estado intermedio entre dos estados ópticos extremos de un píxel, y no implica necesariamente una transición negro-blanco entre estos dos estados extremos. Por ejemplo, varias de las patentes y las solicitudes publicadas de E Ink a las que se hace referencia a continuación describen dispositivos de visualización electroforéticos en los que los estados extremos son blanco y azul oscuro, de modo que un estado gris intermedio sería realmente azul pálido. De hecho, como ya se ha mencionado, el cambio en el estado óptico puede no ser un cambio de color en absoluto. Los términos negro y blanco pueden ser utilizados en lo sucesivo para referirse a los dos estados ópticos extremos de una visualización, y deberían ser entendidos como que incluyen normalmente estados ópticos extremos que no son estrictamente negro y blanco, por ejemplo, los estados blanco y azul oscuro mencionados anteriormente.

Los términos biestable y biestabilidad son utilizados en este documento en su significado convencional en la técnica para referirse a dispositivos de visualización que comprenden elementos de visualización que tienen primer y segundo estados de visualización que difieren al menos en una propiedad óptica, y de tal manera que después de que cualquier elemento dado haya sido accionado, mediante un impulso de direccionamiento de duración finita, para asumir o bien su primer o bien su segundo estado de visualización, después de que el impulso de direccionamiento haya finalizado, ese estado persistirá al menos durante varias veces, por ejemplo al menos cuatro veces, la duración mínima del impulso de direccionamiento requerido para cambiar el estado del elemento de visualización. Se ha mostrado en la Patente de los EE.UU. N° 7.170.670 que algunos dispositivos de visualización electroforéticos basados en partículas capaces de escala de grises son estables no solo en sus estados extremos en negro y blanco, sino también en sus estados grises intermedios, y lo mismo es cierto para algunos otros tipos de dispositivos de visualización electro-ópticos. Este tipo de dispositivo de visualización es denominado apropiadamente multi-estable en lugar de biestable, aunque por conveniencia el término biestable puede ser utilizado en este documento para cubrir tanto dispositivos de visualización biestables como multi-estables.

El término impulso, cuando es utilizado para referirse al accionamiento de un dispositivo de visualización electroforético, es utilizado en este documento para referirse a la integral de la tensión aplicada con respecto al tiempo durante el período en el que el dispositivo de visualización es accionado.

Se hace referencia en este documento a una partícula que absorbe, dispersa, o refleja luz, ya sea en una banda ancha o en longitudes de onda seleccionadas, como una partícula de color o de pigmento. Diferentes materiales distintos de los pigmentos (en el sentido estricto de ese término que significa materiales de color insolubles) que absorben o reflejan la luz, tales como tintes o cristales fotónicos, etc., también pueden ser utilizados en los medios y dispositivos de visualización electroforéticos de la presente invención.

Los dispositivos de visualización electroforéticos basados en partículas han sido objeto de intensa investigación y desarrollo durante varios años. En tales dispositivos de visualización, una pluralidad de partículas cargadas (a las que se hace referencia a veces como partículas de pigmento) se mueven a través de un fluido bajo la influencia de un campo eléctrico. Los dispositivos de visualización electroforéticos pueden tener atributos de buen brillo y contraste, ángulos de visión amplios, biestabilidad de estado, y bajo consumo de energía cuando son comparados con los dispositivos de visualización de cristal líquido. Sin embargo, los problemas con la calidad de imagen a largo plazo de estos dispositivos de visualización han impedido su uso generalizado. Por ejemplo, las partículas que forman dispositivos de visualización electroforéticos tienden a sedimentarse, dando como resultado una vida útil inadecuada para estos dispositivos de visualización.

Como se ha observado anteriormente, los medios electroforéticos requieren la presencia de un fluido. En la mayoría de los medios electroforéticos de la técnica anterior, este fluido es un líquido, pero los medios electroforéticos pueden ser producidos utilizando fluidos gaseosos; véanse, por ejemplo, Kitamura, T., y col., Movimiento de tóner eléctrico para dispositivo de visualización electrónico similar al papel, IDW Japón, 2001, Papel HCS1-1, y Yamaguchi, Y., y col., Dispositivo de visualización de tóner utilizando partículas aislantes cargadas triboeléctricamente, IDW Japón, 2001, Papel AMD4-4). Véanse también las patentes de los EE.UU. N° 7.321.459 y 7.236.291. Tales medios electroforéticos a base de

gas parecen ser susceptibles a los mismos tipos de problemas debido a la sedimentación de partículas como los medios electroforéticos a base de líquido, cuando los medios son utilizados en una orientación que permite tal sedimentación, por ejemplo, en un signo donde el medio está dispuesto en un plano vertical. De hecho, la sedimentación de partículas parece ser un problema más grave en los medios electroforéticos a base de gas que en los que son a base de líquidos, ya que la menor viscosidad de los fluidos de suspensión gaseosos en comparación con los líquidos permite una sedimentación más rápida de las partículas electroforéticas.

Numerosas patentes y aplicaciones asignadas a o en los nombres de Massachusetts Institute of Technology (MIT) y E Ink Corporation describen diferentes tecnologías utilizadas en medios electroforéticos encapsulados y otros electro-ópticos. Tales medios encapsulados comprenden numerosas cápsulas pequeñas, cada una de las cuales comprende una fase interna que contiene partículas electroforéticamente móviles en un medio fluido, y una pared de la cápsula que rodea la fase interna. Típicamente, las cápsulas son mantenidas dentro de un aglutinante polimérico para formar una capa coherente posicionada entre dos electrodos. Las tecnologías descritas en estas patentes y solicitudes incluyen:

(a) Partículas electroforéticas, fluidos y aditivos fluidos; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 7.002.728 y 7.679.814;

(b) Cápsulas, aglutinantes y procesos de encapsulación; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 6.922.276 y 7.411.719;

(c) Películas y subconjuntos que contienen materiales electro-ópticos; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 6.982.178 y 7.839.564;

(d) Planos posteriores, capas adhesivas y otras capas auxiliares y métodos utilizados en dispositivos de visualización; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 7.116.318 y 7.535.624;

(e) Formación de color y ajuste de color; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 6.017.584; 6.664.944; 6.864.875; 7.075.502; 7.167.155; 7.667.684; 7.791.789; 7.839.564; 7.956.841; 8.040.594; 8.054.526; 8.098.418; 8.213.076; y 8.363.299; y las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. Nº 2004/0263947; 2007/0223079; 2008/0023332; 2008/0043318; 2008/0048970; 2009/0004442; 2009/0225398; 2010/0103502; 2010/0156780; 2011/0164307; 2011/0195629; 2011/0310461; 2012/0008188; 2012/0019898; 2012/0075687; 2012/0081779; 2012/0134009; 2012/0182597; 2012/0212462; 2012/0157269; y 2012/0326957;

(f) Métodos para accionar dispositivos de visualización; véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 5.930.026; 6.445.489; 6.504.524; 6.512.354; 6.531.997; 6.753.999; 6.825.970; 6.900.851; 6.995.550; 7.012.600; 7.023.420; 7.034.783; 7.116.466; 7.119.772; 7.193.625; 7.202.847; 7.259.744; 7.304.787; 7.312.794; 7.327.511; 7.453.445; 7.492.339; 7.528.822; 7.545.358; 7.583.251; 7.602.374; 7.612.760; 7.679.599; 7.688.297; 7.729.039; 7.733.311; 7.733.335; 7.787.169; 7.952.557; 7.956.841; 7.999.787; 8.077.141; 8.125.501; 8.139.050; 8.174.490; 8.289.250; 8.300.006; 8.305.341; 8.314.784; 8.384.658; 8.558.783; y 8.558.785; y las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. Nº 2003/0102858; 2005/0122284; 2005/0253777; 2007/0091418; 2007/0103427; 2008/0024429; 2008/0024482; 2008/0136774; 2008/0291129; 2009/0174651; 2009/0179923; 2009/0195568; 2009/0322721; 2010/0220121; 2010/0265561; 2011/0193840; 2011/0193841; 2011/0199671; 2011/0285754; y 2013/0194250 (estas patentes y solicitudes pueden ser referidas lo sucesivo como las solicitudes MEDEOD (Métodos para Accionar Dispositivos de Visualización Electro-ópticos);

(g) Solicitudes de dispositivos de visualización; véanse, por ejemplo, las Patentes de los EE.UU. Nº 7.312.784 y 8.009.348; y

(h) Dispositivos de visualización no electroforéticos, como se ha descrito en las patentes de los EE.UU. Nº 6.241.921; 6.950.220; 7.420.549 y 8.319.759; y la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. Nº 2012/0293858.

Muchas de las patentes y solicitudes antes mencionadas reconocen que las paredes que rodean las microcápsulas discretas en un medio electroforético encapsulado podrían ser reemplazadas por una fase continua, produciendo así un denominado dispositivo de visualización electroforético dispersado en polímero, en el que el medio electroforético comprende una pluralidad de gotitas discretas de un fluido electroforético y una fase continua de un material polimérico, y que las gotitas discretas de fluido electroforético dentro de tal dispositivo de visualización electroforético dispersadas en polímero pueden ser consideradas como cápsulas o microcápsulas, aunque ninguna membrana de cápsula discreta esté asociada con cada gotita individual; véase, por ejemplo, la Patente de los EE.UU. Nº 6.866.760. Por consiguiente, para los fines de la presente solicitud, tales medios electroforéticos dispersados en polímero son considerados subespecies de medios electroforéticos encapsulados.

Un tipo relacionado de dispositivo de visualización electroforético es un denominado dispositivo de visualización electroforético de microceldas. En un dispositivo de visualización electroforético de microceldas, las partículas cargadas y el fluido no están encapsulados dentro de microcápsulas, sino que en su lugar están retenidos dentro de una pluralidad de cavidades formadas dentro de un medio portador, típicamente una película polimérica. Véanse, por ejemplo, las patentes de los EE.UU. Nº 6.672.921 y 6.788.449, ambas cedidas a Sipix Imaging, Inc.

Aunque los medios electroforéticos a menudo son opacos (ya que, por ejemplo, en muchos medios electroforéticos, las partículas bloquean sustancialmente la transmisión de luz visible a través del dispositivo de visualización) y funcionan en modo reflexivo, muchos dispositivos de visualización electroforéticos pueden estar hechos para funcionar en un llamado modo de obturador en el que un estado de visualización es sustancialmente opaco y uno es transmisor de luz. Véanse, por ejemplo, las Patentes de los EE.UU. N° 5.872.552; 6.130.774; 6.144.361; 6.172.798; 6.271.823; 6.225.971; y 6.184.856. Los dispositivos de visualización dielectroforéticos, que son similares a los dispositivos de visualización electroforéticos, pero dependen de variaciones en la intensidad del campo eléctrico, pueden funcionar en un modo similar; véase la Patente de los EE.UU. N° 4.418.346. Otros tipos de dispositivos de visualización electro-ópticas también pueden ser capaces de funcionar en modo obturador. Los medios electro-ópticos que funcionan en modo obturador pueden ser utilizados en estructuras de múltiples capas para dispositivos de visualización a todo color; en tales estructuras, al menos una capa adyacente a la superficie de visión del dispositivo de visualización funciona en modo obturador para exponer u ocultar una segunda capa más distante de la superficie de visión.

Un dispositivo de visualización electroforético encapsulado típicamente no sufre el modo de fallo de agrupamiento y sedimentación de los dispositivos electroforéticos tradicionales y proporciona otras ventajas, tales como la capacidad de imprimir o revestir el dispositivo de visualización en una amplia variedad de sustratos flexibles y rígidos. (La utilización de la palabra impresión está destinada a incluir todas las formas de impresión y revestimiento, que incluyen, pero sin limitación: revestimientos previamente medidos, tales como revestimiento de troquel de parche, revestimiento de ranura o extrusión, revestimiento deslizante o en cascada, revestimiento de cortina; revestimiento en rollo tal como revestimiento de cuchilla sobre rollo, revestimiento en rollo hacia adelante y hacia atrás; revestimiento de huecograbado; revestimiento por inmersión; revestimiento por pulverización; revestimiento de menisco; revestimiento por rotación; revestimiento por cepillo; revestimiento por cuchilla de aire; procesos de serigrafía; procesos de impresión electrostática; procesos de impresión térmica; procesos de impresión por chorro de tinta; deposición electroforética (véase la Patente de los EE.UU. N° 7.339.715); y otras técnicas similares.) Por lo tanto, el dispositivo de visualización resultante puede ser flexible. Además, debido a que el medio de visualización puede ser impreso (utilizando una variedad de métodos), el propio dispositivo de visualización puede estar hecho de forma económica.

La Patente de los EE.UU. N° 6.982.178 antes mencionada, describe un método para ensamblar un dispositivo de visualización electro-óptico sólido (que incluye un dispositivo de visualización electroforético encapsulado) que está bien adaptado para la producción en masa. Esencialmente, esta patente describe un denominado estratificado de plano frontal (FPL) que comprende, en orden, una capa eléctricamente conductora transmisora de luz; una capa de un medio electro-óptico sólido en contacto eléctrico con la capa eléctricamente conductora; una capa adhesiva; y una lámina de liberación. Típicamente, la capa eléctricamente conductora transmisora de luz será transportada sobre un sustrato transmisor de luz, que es preferiblemente flexible, en el sentido de que el sustrato puede ser envuelto manualmente alrededor de un tambor (digamos) 10 pulgadas (254 mm) de diámetro sin deformación permanente. El término transmisor de luz es utilizado en esta patente y en este documento para significar que la capa así designada transmite suficiente luz para permitir que un observador, que mira a través de esa capa, observe el cambio en los estados de visualización del medio electro-óptico, que normalmente será visto a través de la capa eléctricamente conductora y el sustrato adyacente (si está presente); en los casos en que el medio electro-óptico visualiza un cambio en la reflectividad a longitudes de onda no visibles, el término transmisor de luz debería ser interpretado, por supuesto, para referirse a la transmisión de las longitudes de onda no visibles relevantes. El sustrato será típicamente una película polimérica, y normalmente tendrá un grosor en el intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 25 mil (25 a 634 μm), de manera preferible de aproximadamente 2 a aproximadamente 10 mil (51 a 254 μm). La capa eléctricamente conductora es convenientemente una capa fina de metal o de óxido de metal de, por ejemplo, aluminio u óxido de indio y estaño (ITO), o puede ser un polímero conductor. Las películas de poli(tereftalato de etileno) (PET) revestidas con aluminio o ITO están disponibles comercialmente, por ejemplo, como Mylar aluminizado (Mylar es una marca registrada) de E.I. du Pont de Nemours & Company, Wilmington DE, y tales materiales comerciales pueden ser utilizados con buenos resultados en el estratificado de plano frontal.

El ensamblaje de un dispositivo de visualización electro-óptico que utiliza tal estratificado de plano frontal puede ser efectuado retirando la lámina de liberación del estratificado de plano frontal y contactando la capa adhesiva con el plano posterior base bajo condiciones efectivas para hacer que la capa adhesiva se adhiera al plano posterior, asegurando de este modo la capa adhesiva, la capa de medio electro-óptico y la capa eléctricamente conductora al plano posterior. Este proceso está bien adaptado a la producción en masa, ya que el estratificado de plano frontal puede ser producido en masa, utilizando típicamente técnicas de revestimiento de rollo a rollo, y luego cortado en trozos de cualquier tamaño necesario para utilizar con placas base específicas.

La Patente de los EE.UU. N° 7.561.324 describe una denominada lámina doble de liberación que es esencialmente una versión simplificada del estratificado de plano frontal de la Patente de los EE.UU. N° 6.982.178 antes mencionada. Una forma de la lámina doble de liberación comprende una capa de un medio electro-óptico sólido intercalada entre dos capas adhesivas, estando cubiertas una o ambas capas adhesivas por una lámina de liberación. Otra forma de la lámina doble de liberación comprende una capa de un medio electro-óptico sólido intercalada entre dos láminas de liberación. Ambas formas de la película doble de liberación están destinadas para su utilización en un proceso generalmente similar al proceso para ensamblar un dispositivo de visualización electro-óptico a partir de un estratificado de plano frontal ya descrito, pero que implica dos estratificaciones separadas; típicamente, en una primera estratificación, la lámina doble de liberación es estratificada a un electrodo frontal para formar un subconjunto frontal, y luego, en una segunda

estratificación, el subconjunto frontal es estratificado a un plano posterior para formar el dispositivo de visualización final, aunque el orden de estas dos estratificaciones podría ser invertido si se desea.

La patente de los EE.UU. N° 7.839.564 describe un denominado estratificado de plano frontal invertido, que es una variante del estratificado de plano frontal descrito en la patente de los EE.UU. N° 6.982.178 antes mencionada. Este estratificado de plano frontal invertido comprende, en orden, al menos una de una capa protectora transmisora de luz y una capa eléctricamente conductora transmisora de luz; una capa adhesiva; una capa de un medio electro-óptico sólido; y una lámina de liberación. Este estratificado de plano frontal invertido es utilizado para formar un dispositivo de visualización electro-óptico que tiene una capa de adhesivo de estratificación entre la capa electro-óptica y el electrodo frontal o sustrato frontal; una segunda capa de adhesivo típicamente delgada puede estar presente o no entre la capa electro-óptica y un plano posterior. Tales dispositivos de visualización electro-ópticos pueden combinar una buena resolución con un buen rendimiento a baja temperatura.

Como se ha indicado anteriormente, los medios electroforéticos de la técnica anterior más simples muestran esencialmente solo dos colores. Tales medios electroforéticos utilizan o bien un solo tipo de partícula electroforética que tiene un primer color en un fluido de color que tiene un segundo color diferente (en cuyo caso, el primer color es visualizado cuando las partículas se encuentran adyacentes a la superficie de visión del dispositivo de visualización y el segundo color es visualizado cuando las partículas están separadas de la superficie de visión), o bien primer y segundo tipos de partículas electroforéticas que tienen un primer y segundo colores diferentes en un fluido incoloro (en cuyo caso, el primer color es visualizado cuando el primer tipo de partículas se encuentra adyacente a la superficie de visión del dispositivo de visualización y el segundo color es visualizado cuando el segundo tipo de partículas se encuentra adyacente a la superficie de visión). Típicamente, los dos colores son negro y blanco. Si se desea un dispositivo de visualización a todo color, una agrupación de filtros de color puede ser depositada sobre la superficie de visión del dispositivo de visualización monocromático (negro y blanco). Los dispositivos de visualización con agrupaciones de filtros de color dependen del uso compartido del área y la mezcla de colores para crear estímulos de color. El área de visualización disponible es compartida entre tres o cuatro colores primarios, tales como rojo/verde/azul (RGB) o rojo/verde/azul/blanco (RGBW), y los filtros pueden estar dispuestos en patrones de repetición unidimensionales (franja) o bidimensionales (2x2). Otras opciones de colores primarios o más de tres primarios también son conocidas en la técnica. Los tres (en el caso de dispositivos de visualización RGB) o cuatro (en el caso de dispositivos de visualización RGBW) sub-píxeles son elegidos lo bastante pequeños de modo que, a la distancia de visión prevista, se mezclen visualmente en un solo píxel con un estímulo de color uniforme ('mezcla de colores'). La desventaja inherente de compartir el área es que los colorantes siempre están presentes, y los colores solo pueden ser modulados cambiando los píxeles correspondientes del dispositivo de visualización monocromático subyacente a blanco o negro (activando o desactivando los colores primarios correspondientes). Por ejemplo, en un dispositivo de visualización RGBW ideal, cada uno de los primarios rojo, verde, azul y blanco ocupa una cuarta parte del área de visualización (un sub-píxel de cada cuatro), siendo el sub-píxel blanco tan brillante como el blanco del dispositivo de visualización monocromático subyacente, y siendo cada uno de los sub-píxeles de color no más claro que un tercio del blanco del dispositivo de visualización monocromático. El brillo del color blanco mostrado por el dispositivo de visualización en su conjunto no puede ser más de la mitad del brillo del sub-píxel blanco (las áreas blancas del dispositivo de visualización son producidas visualizando el sub-píxel blanco de cada cuatro, más cada sub-píxel de color en su forma coloreada que es equivalente a un tercio de un sub-píxel blanco, así los tres sub-píxeles de color combinados no contribuyen más que el sub-píxel blanco). El brillo y la saturación de los colores son reducidos al compartir el área con píxeles de color cambiados a negro. El uso compartido del área es especialmente problemático cuando se mezcla el amarillo porque es más claro que cualquier otro color de igual brillo, y el amarillo saturado es casi tan brillante como el blanco. Cambiar los píxeles azules (un cuarto del área de visualización) a negro hace el amarillo demasiado oscuro.

Los dispositivos de visualización electroforéticos apiladas, de múltiples capas son conocidos en la técnica; véase, por ejemplo, J. Heikenfeld, P. Drzaic, J-S Yeo y T. Koch, Journal of the SID, 19 (2), 2011, págs. 129-156. En tales dispositivos de visualización, la luz ambiental pasa a través de imágenes en cada uno de los tres colores primarios sustractivos, en analogía precisa con la impresión en color convencional. La Patente de los EE.UU. N° 6.727.873 describe un dispositivo de visualización electroforético apilado en el que tres capas de celdas conmutables están colocadas sobre un fondo reflectante. Se conocen dispositivos de visualización similares en los que las partículas de color son movidas lateralmente (véase la Solicitud Internacional N° WO 2008/065605) o, que utilizan una combinación de movimiento vertical y lateral, secuestradas en micro-cavidades. En ambos casos, cada capa está provista de electrodos que sirven para concentrar o dispersar las partículas de color sobre una base píxel por píxel, de modo que cada una de las tres capas requiere una capa de transistores de película delgada (TFT) (dos de las tres capas de TFT deben ser sustancialmente transparentes) y un contra-electrodo transmisor de luz. Tal disposición compleja de electrodos es costosa de fabricar, y en el estado actual de la técnica es difícil proporcionar un plano adecuadamente transparente de electrodos de píxel, especialmente porque el estado blanco del dispositivo de visualización debe ser visto a través de varias capas de electrodos. Los dispositivos de visualización de múltiples capas también sufren problemas de paralaje a medida que el grosor de la pila del dispositivo de visualización se aproxima o sobrepasa el tamaño del píxel.

Las Publicaciones de Solicitudes de los EE.UU. N° 2012/0008188 y 2012/0134009 describen dispositivos de visualización electroforéticos multicolores que tienen un solo plano posterior que comprende electrodos de píxel independientemente dirigibles y un electrodo frontal transmisor de luz, común. Entre el plano posterior y el electrodo frontal está dispuesta una pluralidad de capas electroforéticas. Los dispositivos de visualización descritos en estas

solicitudes son capaces de representar cualquiera de los colores primarios (rojo, verde, azul, cian, magenta, amarillo, negro y blanco) en cualquier ubicación de píxel. Sin embargo, existen desventajas en el uso de múltiples capas electroforéticas ubicadas entre un solo conjunto de electrodos dirigibles. El campo eléctrico experimentado por las partículas en una capa particular es más bajo de lo que sería en el caso de una sola capa electroforética dirigida con la misma tensión. Además, las pérdidas ópticas en una capa electroforética más cercana a la superficie de visión (por ejemplo, causadas por la dispersión de la luz o la absorción no deseada) pueden afectar la apariencia de las imágenes formadas en las capas electroforéticas subyacentes.

Se han realizado intentos para proporcionar dispositivos de visualización electroforéticos a todo color utilizando una sola capa electroforética. Por ejemplo, la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2013/0208338 describe un dispositivo de visualización en color que comprende un fluido electroforético que comprende uno o dos tipos de partículas de pigmento dispersadas en un disolvente transparente e incoloro o de color, estando el fluido electroforético intercalado entre un electrodo común y una pluralidad de electrodos de accionamiento. Los electrodos de accionamiento son mantenidos a cierta distancia con el fin de exponer una capa de fondo. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2014/0177031 describe un método para accionar una celda de visualización llenada con un fluido electroforético que comprende dos tipos de partículas cargadas que transportan polaridades de carga opuestas y de dos colores de contraste. Los dos tipos de partículas de pigmento son dispersados en un disolvente de color o en un disolvente con partículas de color no cargadas o ligeramente cargadas dispersadas en el mismo. El método comprende accionar la celda de visualización para visualizar el color del disolvente o el color de las partículas de color no cargadas o ligeramente cargadas aplicando una tensión de accionamiento que es de aproximadamente 1 a aproximadamente 20% de la tensión de accionamiento total. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2014/0092465 y 2014/0092466 describe un fluido electroforético, y un método para accionar un dispositivo de visualización electroforético. El fluido comprende un primer, segundo y tercer tipos de partículas de pigmento, todas las cuales son dispersadas en un disolvente o mezcla de disolventes. El primer y segundo tipos de partículas de pigmento transportan polaridades de carga opuestas, y el tercer tipo de partículas de pigmento tiene un nivel de carga que es inferior a aproximadamente el 50% del nivel de carga del primer o segundo tipo. Los tres tipos de partículas de pigmento tienen diferentes niveles de tensión umbral, o diferentes niveles de movilidad, o ambos. Ninguna de estas solicitudes de patente describe un dispositivo de visualización a todo color en el sentido en el que ese término es utilizado a continuación.

La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2007/0031031 describe un dispositivo de procesamiento de imágenes para procesar datos de imágenes con el fin de visualizar una imagen en un medio de visualización en el que cada píxel es capaz de visualizar blanco, negro y otro color. Las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. N° 2008/0151355; 2010/0188732; y 2011/0279885 describen un dispositivo de visualización en color en la que las partículas móviles se mueven a través de una estructura porosa. Las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. N° 2008/0303779 y 2010/0020384 describen un medio de visualización que comprende primera, segunda y tercera partículas de diferentes colores. La primera y segunda partículas pueden formar agregados, y las terceras partículas más pequeñas pueden moverse a través de las aberturas que quedan entre la primera y la segunda partículas agregadas. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2011/0134506 describe un dispositivo de visualización que incluye un elemento de visualización electroforético que incluye varios tipos de partículas encerradas entre un par de sustratos, siendo al menos uno de los sustratos translúcido y estando cada uno de los varios tipos respectivos de partículas cargados con la misma polaridad, que difieren en propiedades ópticas, y que difieren en la velocidad de migración y/o el valor umbral del campo eléctrico para moverse, un electrodo de lado de visualización translúcido previsto en el lado del sustrato donde está dispuesto el sustrato translúcido, un primer electrodo de lado posterior previsto en el lado del otro sustrato, que mira hacia el electrodo de lado de visualización, y un segundo electrodo de lado posterior previsto en el lado del otro sustrato, que mira hacia el electrodo de lado de visualización; y una sección de control de tensión que controla las tensiones aplicadas al electrodo de lado de visualización, el primer electrodo de lado posterior y el segundo electrodo de lado posterior, de tal manera que los tipos de partículas que tienen la velocidad de migración más rápida de los varios tipos de partículas, o los tipos de partículas que tienen el valor umbral más bajo de los varios tipos de partículas, son movidos, en secuencia, por cada uno de los diferentes tipos de partículas, al primer electrodo de lado posterior o al segundo electrodo de lado posterior, y luego las partículas que fueron movidas al primer electrodo de lado posterior son movidas al electrodo de lado de visualización. Las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. N° 2011/0175939; 2011/0298835; 2012/0327504; y 2012/0139966 describen dispositivos de visualización en color que dependen de la agregación de múltiples partículas y tensiones de umbral. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2013/0222884 describe una partícula electroforética, que contiene una partícula de color que contiene un polímero que contiene un grupo cargado y un agente colorante, y un polímero ramificado a base de silicona que está unido a la partícula de color y que contiene, como componentes de copolimerización, un monómero reactivo y al menos un monómero seleccionado de un grupo específico de monómeros. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2013/0222885 describe un líquido de dispersión para un dispositivo de visualización electroforético que contiene un medio de dispersión, un grupo de partículas electroforéticas de color dispersadas en el medio de dispersión y migra en un campo eléctrico, un grupo de partículas no electroforéticas que no migra y tiene un color diferente al del grupo de partículas electroforéticas, y un compuesto que tiene un grupo polar neutro y un grupo hidrófobo, que está contenido en el medio de dispersión en una proporción de aproximadamente 0,01 a aproximadamente 1% en masa basado en todo el líquido de dispersión. La Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2013/0222886 describe un líquido de dispersión para un dispositivo de visualización que incluye partículas flotantes que contienen: partículas de núcleo que incluyen un colorante y una resina hidrófila; y una envolvente que cubre

una superficie de cada una de las partículas de núcleo y que contiene una resina hidrófoba con una diferencia en un parámetro de solubilidad de $7,95 \text{ (J/cm}^3\text{)}^{1/2}$ o más. Las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE. UU. N° 2013/0222887 y 2013/0222888 describen una partícula electroforética que tiene composiciones químicas específicas. Finalmente, la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2014/0104675 describe una dispersión de partículas que incluye una primera y segunda partículas de color que se mueven en respuesta a un campo eléctrico, y un medio de dispersión, teniendo las segundas partículas de color un diámetro mayor que las primeras partículas de color y la misma característica de carga que una característica de carga de las primeras partículas de color, y en la que la relación (Cs/Ci) de la cantidad de carga Cs de las primeras partículas de color a la cantidad de carga Ci de las segundas partículas de color por unidad de área del dispositivo de visualización es inferior o igual a 5. Algunos de los dispositivos de visualización antes mencionados proporcionan color completo, pero a costa de requerir métodos de direccionamiento que son largos y complicados.

Las Publicaciones de Solicitudes de Patente de los EE.UU. N° 2012/0314273 y 2014/0002889 describen un dispositivo de electroforesis que incluye una pluralidad de primeras y segundas partículas electroforéticas incluidas en un líquido aislante, la primera y segunda partículas tienen características de carga diferentes que son diferentes entre sí; comprendiendo además el dispositivo una capa porosa incluida en el líquido aislante y formada por una estructura fibrosa. Estas solicitudes de patente no son dispositivos de visualización a todo color en el sentido en el que ese término es utilizado a continuación.

Véanse también la Publicación de Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 2011/0134506 y la Solicitud con N° de Serie 14/277.107 antes mencionada; la última describe un dispositivo de visualización a todo color que utiliza tres tipos diferentes de partículas en un fluido de color, pero la presencia del fluido de color limita la calidad del estado blanco que puede ser conseguido por el dispositivo de visualización.

Véase también el documento US 2014/0009818 A1, que describe una tina electroforética que comprende cuatro tipos de partículas dispersadas en un medio orgánico no polar, dos de las partículas teniendo cargas positivas y las otras dos teniendo cargas negativas. Las cuatro partículas son de diferentes colores. Al menos una de las partículas tiene un núcleo magnético de tal manera que cada tipo de partícula puede migrar de una manera predeterminada bajo la acción combinada de una fuerza electroestática y una fuerza de retorno magnético.

También, el documento EP 2 509 064 A2 describe un medio electroforético de color que comprende un gran cuerpo blanco, y partículas cian, magenta y amarillas, todas las cuales tienen cargas de una polaridad; el cuerpo de soporte puede estar descargado o tener una carga de la polaridad opuesta a las tres partículas. Las partículas difieren entre sí tanto en movilidad electroforética como en tensión umbral de modo que los tres tipos de partículas pueden ser movidos independientemente entre sí hacia o lejos de una superficie de visión.

En resumen, el estado actual de la técnica es que los dispositivos de visualización a todo color típicamente implican compromisos tales como velocidades de conmutación lentas (hasta varios segundos), altas tensiones de direccionamiento o compromisos en la calidad del color.

La presente invención busca proporcionar un dispositivo de visualización a todo color usando solo una capa electroforética pero capaz de blanco, negro, los tres colores primarios sustractivos (cian, magenta y amarillo) y los tres colores primarios aditivos (rojo, verde y azul) en cada píxel del dispositivo de visualización, y un método para accionar tal dispositivo de visualización electroforético.

Por consiguiente, esta invención proporciona un método para accionar un dispositivo de visualización electroforético, comprendiendo el dispositivo de visualización una capa de un medio electroforético dispuesta entre el primer y segundo electrodos, formando el primer electrodo la superficie de visión del dispositivo de visualización. El medio electroforético comprende un fluido y una primera, segunda, tercera y cuarta partículas dispersadas en el fluido, en el que:

(a) la pluralidad de primeras y la pluralidad de segundas partículas tienen cargas de polaridad opuesta, siendo la primera partícula una partícula blanca de dispersión de luz y teniendo la segunda partícula uno de los colores primarios sustractivos; y

(b) la pluralidad de terceras y la pluralidad de cuartas partículas tienen cargas de polaridad opuesta, teniendo cada una de las terceras y cuartas partículas un color primario sustractivo diferente entre sí y de las segundas partículas.

El medio está caracterizado por que el campo eléctrico requerido para separar un agregado formado por las terceras y las cuartas partículas es mayor que el requerido para separar un agregado formado de cualesquiera otros dos tipos de partículas.

El método de la invención está caracterizado por que el dispositivo de visualización tiene medios de control de tensión capaces de aplicar tensiones diferentes de $+V_H$, $+V_L$, 0, $-V_L$ y $-V_H$ entre el primer y segundo electrodos respectivamente, donde:

$$+V_H > +V_L > 0 > -V_L > -V_H$$

comprendiendo el método, en cualquier orden:

- 5 (a) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las cuartas partículas, y el color de una mezcla de las cuartas y segundas partículas aplicando entre los electrodos una serie de primeros impulsos alternativos con una serie de segundo impulsos, teniendo los primeros impulsos una tensión de $\pm V_H$ y una polaridad que acciona las cuartas partículas hacia el primer electrodo, y teniendo los segundos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y siendo de polaridad opuesta a, pero de mayor duración que, los primeros impulsos; y
- 10 (b) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las terceras partículas y el color de una mezcla de las terceras y segundas partículas aplicando entre los electrodos una serie de terceros impulsos que alternan con una serie de cuartos impulsos, teniendo los terceros impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los primeros impulsos, y teniendo los cuartos impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los segundos impulsos, teniendo los cuartos impulsos mayor duración que, los terceros impulsos.

Este método puede comprender, además:

- 15 (c) visualizar en la superficie de visión un color sustancialmente negro aplicando entre los electrodos una serie de quintos impulsos que alternan con períodos de tensión cero, teniendo los quintos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y una polaridad que acciona las primeras partículas hacia el segundo electrodo; y
- (d) visualizar en la superficie de visión el color blanco de las primeras partículas aplicando entre los electrodos una serie de sextos impulsos que alternan con períodos de tensión cero, teniendo los sextos impulsos la misma tensión, pero polaridad opuesta a los quintos impulsos.

Si el método incluye o no las operaciones (c) y (d), el método puede comprender, además:

- 20 (e) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las segundas partículas o el color de una mezcla de las terceras y cuartas partículas aplicando entre los electrodos una serie de séptimos impulsos que alternan con una serie de octavos impulsos, teniendo los séptimos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y una polaridad que acciona las segundas partículas hacia el segundo electrodo, y teniendo los octavos impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los séptimos impulsos, teniendo los octavos impulsos mayor longitud que los séptimos impulsos.
- 25

En una realización del método de accionamiento actual, la primera, segunda, tercera y cuarta partículas pueden ser respectivamente de color blanco, cian, amarillo y magenta. Las partículas blanca y amarilla pueden estar cargadas negativamente y las partículas magenta y cian cargadas positivamente.

30 Los medios electroforéticos utilizados en el método de accionamiento de la presente invención pueden contener cualquiera de los aditivos utilizados en los medios electroforéticos de la técnica anterior como se ha descrito por ejemplo en las patentes y solicitudes de E Ink y MIT mencionadas anteriormente. Así, por ejemplo, el medio electroforético de la presente invención comprenderá típicamente al menos un agente de control de carga para controlar la carga en diferentes partículas, y el fluido puede tener disuelto o dispersado en él un polímero que tiene un peso molecular promedio en número superior a aproximadamente 20.000 y siendo esencialmente no absorbente en las partículas para mejorar la biestabilidad del dispositivo de visualización, como se ha descrito en la Patente de los EE.UU. N° 7.170.670 antes mencionada.

35

40 Como ya se ha mencionado, la presente invención puede requerir la utilización de una partícula de dispersión de luz, típicamente blanca, y tres partículas sustancialmente no dispersantes de luz. Por supuesto, no existe una partícula completamente dispersora de luz o una partícula completamente no dispersora la luz, y el grado mínimo de dispersión de la luz de la partícula de dispersión de luz, y el grado máximo tolerable de dispersión de luz tolerable en las partículas sustancialmente no dispersoras de luz, utilizadas en la electroforesis de la presente invención pueden variar algo dependiendo de factores tales como los pigmentos exactos utilizados, sus colores y la capacidad del usuario o la aplicación para tolerar alguna desviación de los colores ideales deseados. Las características de dispersión y absorción de un pigmento pueden ser evaluadas mediante la medición de la reflectancia difusa de una muestra del pigmento dispersada en una matriz o líquido apropiado contra fondos blancos y oscuros. Los resultados de tales mediciones pueden ser interpretados de acuerdo con varios modelos que son bien conocidos en la técnica, por ejemplo, el tratamiento unidimensional de Kubelka-Munk. En la presente invención, se prefiere que el pigmento blanco exhiba una reflectancia difusa a 550 nm, medida sobre un fondo negro, de al menos el 5% cuando el pigmento es distribuido aproximadamente de forma isotrópica al 15% en volumen en una capa de grosor de 1 μm que comprende el pigmento y un líquido de índice de refracción inferior a 1,55. Los pigmentos amarillo, magenta y cian exhiben preferiblemente reflectancias difusas a 650, 650 y 450 nm, respectivamente, medidas sobre un fondo negro, inferior al 2,5% bajo las mismas condiciones. (Las longitudes de onda elegidas anteriormente para la medición de los pigmentos amarillo, magenta y cian corresponden a regiones espectrales de absorción mínima por estos pigmentos). Los pigmentos de color que cumplen estos criterios son referidos en lo sucesivo como "sin dispersión" o "sustancialmente sin dispersión de luz".

45

50

55 La Tabla 1 a continuación muestra la reflectancia difusa de los pigmentos amarillos, magenta, cian y blancos preferidos útiles en medios electroforéticos de la presente invención (Y1, M1, C1 y W1, descritos con más detalle a continuación),

junto con la relación de sus coeficientes de absorción y dispersión de acuerdo con el análisis de Kubelka-Munk de estos materiales como dispersados en una matriz de poli(isobutileno).

Tabla 1

Color	Fracción de Volumen	Reflectancia difusa de capa de 1µm en 0% negro			Relación de absorción / dispersión		
		450 nm	550 nm	650 nm	K/S 450nm	K/S 550nm	K/S 650nm
Amarillo (Y1)	0,097	4,5%	0,9%	0,5%	9,67	0,38	0,63
Amarillo (Y1)	0,147	4,4%	0,9%	0,4%	9,84	0,25	0,02
Magenta (M1)	0,115	2,8%	3,8%	0,7%	10,01	10,85	1,27
Magenta (M1)	0,158	3,2%	4,1%	1,0%	10,00	10,75	1,64
Magenta (M1)	0,190	3,4%	4,1%	1,3%	10,09	10,80	1,03
Cian (C1)	0,112	1,3%	3,7%	4,3%	7,27	11,17	10,22
Cian (C1)	0,157	1,5%	3,8%	4,3%	7,41	11,30	10,37
Cian (C1)	0,202	1,7%	3,9%	4,3%	7,21	11,56	10,47
Blanco (W1)	0,147	8,1%	6,2%	4,8%	0,0015	0,0020	0,0026
Blanco (W1)	0,279	24,9%	20,6%	17,0%	0,0003	0,0003	0,0004
Blanco (W1)	0,339	26,3%	21,7%	18,1%	0,0001	0,0002	0,0002

5 El medio electroforético utilizado en el método de accionamiento de la presente invención puede estar en cualquiera de las formas tratadas anteriormente. Por lo tanto, el medio electroforético puede estar sin encapsular, encapsulado en cápsulas discretas rodeadas por las paredes de la cápsula, o en la forma de un medio dispersado en polímero o de microcelda.

10 La figura 1 de los dibujos adjuntos es una sección transversal esquemática que muestra las posiciones de las diferentes partículas en un medio electroforético utilizado en la presente invención cuando se visualiza negro, blanco, los tres colores primarios sustractivos y los tres colores primarios aditivos.

La Figura 2 muestra en forma esquemática los cuatro tipos de partículas de pigmento utilizadas en la presente invención;

La Figura 3 muestra en forma esquemática las intensidades relativas de las interacciones entre pares de partículas utilizadas en la presente invención;

15 La Figura 4 muestra en forma esquemática el comportamiento de las partículas utilizadas en la presente invención cuando son sometidas a campos eléctricos de intensidad y duración variables;

Las Figuras 5A y 5B muestran formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la presente invención para accionar el medio electroforético mostrado en la Figura 1 a sus estados en negro y blanco, respectivamente.

Las Figuras 6A y 6B muestran formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la presente invención para accionar el medio electroforético mostrado en la Figura 1 a sus estados magenta y azul.

20 Las Figuras 6C y 6D muestran formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la presente invención para accionar el medio electroforético mostrado en la Figura 1 a sus estados amarillo y verde.

Las Figuras 7A y 7B muestran formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la presente invención para accionar el medio electroforético mostrado en la Figura 1 a sus estados rojo y cian respectivamente.

25 Las Figuras 8-9 ilustran formas de onda que pueden ser utilizadas en lugar de las mostradas en las Figuras 5A-5B, 6A-6D y 7A-7B para accionar el medio electroforético mostrado en la Figura 1 a todos sus estados de color.

La Figura 10 es un gráfico que ilustra la adsorción de un agente de control de carga en ciertas partículas utilizadas en el método de accionamiento de la invención.

La Figura 11 es una sección transversal esquemática a través de un aparato utilizado en el Ejemplo 9 a continuación para ver el movimiento de partículas utilizadas en el método de accionamiento de la invención cuando son sometidas a un campo eléctrico.

5 Las Figuras 12 y 13 son imágenes del movimiento de mezclas de partículas magenta y amarillas utilizadas en el método de accionamiento de la invención, y partículas cian y amarillas, respectivamente, cuando son sometidas a un campo eléctrico.

La Figura 14(a) es una fotografía de transparencias de vidrio revestidas con ITO después de ser sumergidas en una formulación que contiene pigmentos cian y blancos y polarizadas con CC durante 30 segundos a 500 V.

10 La figura 14(b) es una fotografía de transparencias de vidrio revestidas con ITO después de ser sumergidas en una formulación que contiene pigmentos magenta y blanco y polarizadas con CC durante 30 segundos a 500 V.

La figura 14(c) es una fotografía de transparencias de vidrio revestidas con ITO después de ser sumergidas en una formulación que contiene pigmentos magenta y amarillos y polarizadas con CC durante 30 segundos a 500 V.

15 Las Figuras 15-18 son gráficos que muestran las densidades ópticas medidas a 450 nm, 550 nm, y 650 nm como medio electroforético utilizado en el método de accionamiento de la presente invención y se conmutan medios similares que carecen de ciertas partículas.

Las Figuras 19-21 son gráficos que muestran la distancia media del estándar SNAP para los ocho "colores primarios" en función de las diferencias en el potencial zeta, como se ha medido en los experimentos descritos en el Ejemplo 14 a continuación.

20 Como se ha indicado anteriormente, la presente invención proporciona un método de accionamiento para un medio electroforético que comprende una partícula de dispersión de luz (típicamente blanca) y otras tres partículas que proporcionan los tres colores primarios sustractivos.

25 Las tres partículas que proporcionan los tres colores primarios sustractivos pueden ser sustancialmente no dispersoras de luz ("SNLS"). La utilización de partículas SNLS permite la mezcla de colores y proporciona más resultados de color que los que pueden ser conseguidos con el mismo número de partículas de dispersión. El documento US 2012/0327504 antes mencionado utiliza partículas que tienen colores primarios sustractivos, pero requiere dos umbrales de tensión diferentes para el direccionamiento independiente de las partículas no blancas (es decir, el dispositivo de visualización es direccionado con tres tensiones positivas y tres negativas). Estos umbrales deben estar suficientemente separados para evitar la comunicación cruzada, y esta separación necesita la utilización de altas tensiones de direccionamiento para algunos colores. Además, el direccionamiento de la partícula de color con el umbral más alto también mueve todas las demás partículas de color, y estas otras partículas deben ser cambiadas posteriormente a sus posiciones deseadas a tensiones más bajas. Tal esquema de direccionamiento de color de manera gradual produce un parpadeo de colores no deseados y un tiempo de transición largo. La presente invención no requiere la utilización de una forma de onda gradual de este tipo y el direccionamiento a todos los colores puede, como se ha descrito a continuación, ser conseguido con solo dos tensiones positivas y dos negativas (es decir, solo cinco tensiones diferentes, dos positivas, dos negativas y cero son requeridas en un dispositivo de visualización, aunque como se ha descrito a continuación en ciertas realizaciones, puede preferirse utilizar tensiones más diferentes para direccionar el dispositivo de visualización).

30 Como ya se ha mencionado, la Figura 1 de los dibujos adjuntos es una sección transversal esquemática que muestra las posiciones de las diferentes partículas en un medio electroforético utilizado en el método de accionamiento de la presente invención cuando se visualiza negro, blanco, los tres colores primarios sustractivos y los tres primarios aditivos. En la Figura 1, se ha supuesto que la superficie de visión del dispositivo de visualización está en la parte superior (como se ha ilustrado), es decir, un usuario ve el dispositivo de visualización desde esta dirección, y la luz incide desde esta dirección. Como ya se ha indicado, solo una de las cuatro partículas utilizadas en el medio electroforético de la presente invención dispersa sustancialmente la luz, y en la Figura 1 se ha supuesto que esta partícula es el pigmento blanco. Básicamente, esta partícula blanca de dispersión de luz forma un reflector blanco contra el cual se ven algunas partículas por encima de las partículas blancas (como se ha ilustrado en la Figura 1). La luz que entra en la superficie de visión del dispositivo de visualización pasa a través de estas partículas, es reflejada desde las partículas blancas, pasa de nuevo a través de estas partículas y emerge del dispositivo de visualización. Por lo tanto, las partículas por encima de las partículas blancas pueden absorber diferentes colores y el color que aparece para el usuario es el que resulta de la combinación de partículas por encima de las partículas blancas. Cualesquiera partículas dispuestas debajo (detrás del punto de vista del usuario) de las partículas blancas son enmascaradas por las partículas blancas y no afectan al color visualizado. Debido a que la segunda, tercera y cuarta partículas son sustancialmente no dispersoras de luz, su orden o disposición en relación con las demás es insignificante, pero por razones ya indicadas, su orden o disposición con respecto a las partículas blancas (dispersión de luz) es crítico.

55 Más específicamente, cuando las partículas cian, magenta y amarilla se encuentran debajo de las partículas blancas (Situación [A] en la Figura 1), no hay partículas por encima de las partículas blancas y el píxel simplemente visualiza un color blanco. Cuando una sola partícula está por encima de las partículas blancas, el color de esa única partícula es visualizado, amarillo, magenta y cian en las Situaciones [B], [D] y [F] respectivamente en la Figura 1. Cuando dos

partículas se encuentran por encima de las partículas blancas, el color visualizado es una combinación de las de estas dos partículas; en la Figura 1, en la Situación [C], las partículas magenta y amarilla muestran un color rojo, en la Situación [E], las partículas cian y magenta visualizan un color azul, y en la Situación [G], las partículas amarillas y cian visualizan un color verde. Finalmente, cuando las tres partículas de color se encuentran por encima de las partículas blancas (Situación [H] en la Figura 1), toda la luz entrante es absorbida por las tres partículas de color primarias sustractivas y el píxel visualiza un color negro.

Es posible que un color primario sustractivo pudiera estar representado por una partícula que dispersa la luz, de modo que el dispositivo de visualización comprendería dos tipos de partículas de dispersión de luz, una de las cuales sería blanca y otra de color. En este caso, sin embargo, la posición de la partícula de color de dispersión de luz con respecto a las otras partículas de color que cubren la partícula blanca sería importante. Por ejemplo, al representar el color sea negro (cuando las tres partículas de color se encuentran sobre las partículas blancas), la partícula de color de dispersión no puede encontrarse sobre las partículas de color de no dispersión (de lo contrario, se ocultarán parcial o completamente detrás de la partícula de dispersión y el color representado será el de la partícula de color de dispersión, no negro).

No sería fácil representar el color negro si más de un tipo de partícula de color ha dispersado la luz.

La Figura 1 muestra una situación idealizada en la que los colores no están contaminados (es decir, las partículas blancas de dispersión de luz enmascaran completamente cualesquiera partículas que se encuentran detrás de las partículas blancas). En la práctica, el enmascaramiento de las partículas blancas puede ser imperfecto, de modo que puede haber alguna pequeña absorción de luz por parte de una partícula que idealmente estaría completamente enmascarada. Tal contaminación típicamente reduce tanto la ligereza como el croma del color que está siendo representado. En el medio electroforético utilizado en el método de accionamiento de la presente invención, tal contaminación del color debería ser minimizada hasta el punto de que los colores formados sean proporcionales a un estándar de la industria para la representación del color. Un estándar particularmente preferido es SNAP (el estándar para la producción de publicidad en periódicos), que especifica los valores L^* , a^* y b^* para cada uno de los ocho colores primarios a los que se hace referencia anteriormente. (En lo sucesivo, "colores primarios" serán utilizados para referirse a los ocho colores, negro, blanco, los tres primarios sustractivos y los tres primarios aditivos como se ha mostrado en la Figura 1.

Los métodos para disponer electroforéticamente una pluralidad de partículas de color diferentes en "capas" como se ha mostrado en la Figura 1 han sido descritos en la técnica anterior. El más simple de tales métodos implica pigmentos de "desplazamiento" que tienen diferentes movibilidades electroforéticas; véase, por ejemplo, la Patente de los EE.UU. N° 8.040.594. Tal desplazamiento es más complejo de lo que podría apreciarse en un principio, ya que el movimiento de los propios pigmentos cargados cambia los campos eléctricos experimentados localmente dentro del fluido electroforético. Por ejemplo, a medida que las partículas cargadas positivamente se mueven hacia el cátodo y las partículas cargadas negativamente hacia el ánodo, protegen el campo eléctrico experimentado por las partículas cargadas a medio camino entre los dos electrodos. Se cree que, aunque el desplazamiento de pigmentos está implicado en la electroforesis de la presente invención, no es el único fenómeno responsable de la disposición de las partículas ilustradas en la Figura 1.

Un segundo fenómeno que puede ser empleado para controlar el movimiento de una pluralidad de partículas es la hetero-agregación entre diferentes tipos de pigmentos; véanse, por ejemplo, los documentos US 2014/0092465 antes mencionados. Tal agregación puede estar mediada por carga (Coulombic) o puede surgir como resultado de, por ejemplo, enlaces de hidrógeno o interacciones de Van der Waals. La fuerza de la interacción puede verse influenciada por la elección del tratamiento superficial de las partículas de pigmento. Por ejemplo, las interacciones de Coulombic pueden ser debilitadas cuando la distancia de aproximación más cercana de las partículas cargadas opuestamente es maximizada por una barrera estérica (típicamente un polímero injertado o adsorbido en la superficie de una o ambas partículas). En la presente invención, como se ha mencionado anteriormente, tales barreras poliméricas son utilizadas en el primer y segundo tipos de partículas y pueden o no ser utilizadas en el tercer y cuarto tipos de partículas.

Un tercer fenómeno que puede ser explotado para controlar el movimiento de una pluralidad de partículas es la movilidad dependiente de la tensión o la corriente, como se ha descrito en detalle en el documento US 2014/0340430 antes mencionado.

La Figura 2 muestra representaciones esquemáticas en sección transversal de los cuatro tipos de pigmento (1-4) utilizados en realizaciones preferidas de la invención. La capa de polímero adsorbida en el pigmento central es indicada mediante el sombreado oscuro, mientras que el propio pigmento de núcleo se ha mostrado sin sombrear. Se puede utilizar una amplia variedad de formas para el pigmento de núcleo: esférico, acicular o de otro modo anisométrico, agregados de partículas más pequeñas (es decir, "racimos de uva"), partículas compuestas que comprenden pequeñas partículas de pigmento o tintes dispersados en un aglutinante, y así sucesivamente como es bien conocido en la técnica. La envolvente de polímero puede ser un polímero unido covalentemente realizado mediante procesos de injerto o quimisorción como es bien conocido en la técnica, o puede ser fisiónizado sobre la superficie de la partícula. Por ejemplo, el polímero puede ser un copolímero de bloques que comprende segmentos insolubles y solubles. Algunos métodos para fijar la envolvente de polímero a los pigmentos de núcleo se han descrito en los Ejemplos a continuación.

El primer y segundo tipos de partículas en una realización de la invención tienen preferiblemente una envoltura de polímero más sustancial que el tercer y cuarto tipos de partículas. La partícula blanca de dispersión de luz es del primer o segundo tipo (bien cargada negativamente o bien positivamente). En la exposición que sigue se ha supuesto que la partícula blanca tiene una carga negativa (es decir, es de Tipo 1), pero será claro para los expertos en la técnica que los principios generales descritos se aplicarán a un conjunto de partículas en las que las partículas blancas están cargadas positivamente.

En el método de accionamiento de la presente invención, el campo eléctrico requerido para separar un agregado formado a partir de mezclas de partículas de los tipos 3 y 4 en el disolvente de suspensión que contiene un agente de control de carga es mayor que el requerido para separar los agregados formados a partir de cualquier otra combinación de dos tipos de partícula. El campo eléctrico requerido para separar los agregados formados entre el primer y segundo tipos de partículas es, por otro lado, menor que el requerido para separar los agregados formados entre la primera y cuarta partículas o la segunda y tercera partículas (y, por supuesto, menor que el requerido para separar la tercera y cuarta partículas).

En la Figura 2, los pigmentos de núcleo que comprenden las partículas son mostrados como teniendo aproximadamente el mismo tamaño, y el potencial zeta de cada partícula, aunque no se ha mostrado, se supone que es aproximadamente el mismo. Lo que varía es el grosor de la envoltura de polímero que rodea cada pigmento de núcleo. Como se ha mostrado en la Figura 2, está envoltura de polímero es más gruesa para las partículas de los tipos 1 y 2 que para las partículas de los tipos 3 y 4 – y esta es, de hecho, una situación preferida para ciertas realizaciones de la invención.

Con el fin de comprender cómo el grosor de la envoltura de polímero afecta el campo eléctrico requerido para separar los agregados de partículas con carga opuestamente, puede ser útil considerar el equilibrio de fuerzas entre pares de partículas. En la práctica, los agregados pueden estar compuestos de una gran cantidad de partículas y la situación será mucho más compleja que en el caso de interacciones simples por pares. Sin embargo, el análisis de pares de partículas proporciona alguna orientación para la comprensión de la presente invención.

La fuerza que actúa sobre una de las partículas de un par en un campo eléctrico viene dada por:

$$\vec{F}_{Total} = \vec{F}_{App} + \vec{F}_C + \vec{F}_{VW} + \vec{F}_D \quad (1)$$

Donde F_{App} es la fuerza ejercida sobre la partícula por el campo eléctrico aplicado, F_C es la fuerza de Coulombic ejercida sobre la partícula por la segunda partícula de carga opuesta, F_{VW} es la fuerza atractiva de Van der Waals ejercida sobre una partícula por la segunda partícula, y F_D es la fuerza de atracción ejercida por la floculación de agotamiento en el par de partículas como resultado de la inclusión (opcional) de un polímero de estabilización en el disolvente de suspensión.

La fuerza F_{App} ejercida sobre una partícula por el campo eléctrico aplicado viene dada por:

$$\vec{F}_{App} = q\vec{E} = 4\pi\epsilon_r\epsilon_0(a+s)\zeta \vec{E} \quad (2)$$

donde q es la carga de la partícula, que está relacionada con el potencial zeta (ζ) como se ha mostrado en la ecuación (2) (aproximadamente, en el límite de Huckel), donde a es el radio del pigmento central, s es el grosor de la envoltura de polímero hinchada con disolvente, y los otros símbolos tienen sus significados convencionales como se conocen en la técnica.

La magnitud de la fuerza ejercida sobre una partícula por otra como resultado de las interacciones de Coulombic viene dada aproximadamente por:

$$F_C = \frac{4\pi\epsilon_r\epsilon_0(a_1+s_1)(a_2+s_2)\zeta_1\zeta_2}{(a_1+s_1+a_2+s_2)^2} \quad (3)$$

para las partículas 1 y 2.

Observar que las fuerzas F_{App} aplicadas a cada partícula actúan para separar las partículas, mientras que las otras tres fuerzas son atractivas entre las partículas. Si la fuerza F_{App} que actúa sobre una partícula es mayor que la que actúa sobre la otra (porque la carga en una partícula es mayor que la de la otra) de acuerdo con la tercera ley de Newton, la fuerza que actúa para separar el par viene dada por la más débil de las dos fuerzas F_{App} .

Se puede ver en (2) y (3) que la magnitud de la diferencia entre los términos de Coulombic de atracción y separación está dada por:

$$F_{App} - F_C = 4\pi\epsilon_r\epsilon_0((a+s)\zeta|\vec{E}| - \zeta^2) \quad (4)$$

si las partículas son de igual radio y potencial zeta, haciendo así $(a + s)$ más pequeño o ζ más grande hará las partículas más difíciles de separar. Por lo tanto, en una realización de la invención, se prefiere que las partículas de los tipos 1 y 2 sean grandes, y tengan un potencial zeta relativamente bajo, mientras que las partículas 3 y 4 sean pequeñas y tengan un potencial zeta relativamente grande.

- 5 Sin embargo, las fuerzas de Van der Waals entre las partículas también pueden cambiar sustancialmente si el grosor de la envoltente del polímero aumenta. La envoltente de polímero en las partículas es hinchada por el disolvente y mueve las superficies de los pigmentos de núcleo que interactúan a través de las fuerzas de Van der Waals más separadas. Para pigmentos de núcleo esférico con radios (a_1, a_2) mucho más grandes que la distancia entre ellos $(s_1 + s_2)$,

$$F_{VW} = \frac{Aa_1a_2}{6(a_1 + a_2)(s_1 + s_2)^2} \quad (5)$$

- 10 dónde A es la constante de Hamaker. A medida que la distancia entre los pigmentos de núcleo aumenta, la expresión se vuelve más compleja, pero el efecto sigue siendo el mismo: aumentar s_1 o s_2 tiene un efecto significativo en la reducción de la interacción atractiva de Van der Waals entre las partículas.

- Con este antecedente, resulta posible comprender la lógica detrás de los tipos de partículas ilustrados en la Figura 2. Las partículas de los tipos 1 y 2 tienen envoltentes poliméricas sustanciales que son hinchadas por el disolvente, separando los pigmentos de núcleo y reduciendo las interacciones de Van der Waals entre ellos más de lo que es posible para las partículas de los tipos 3 y 4, que tienen envoltentes de polímero más pequeñas o nulas. Incluso si las partículas tienen aproximadamente el mismo tamaño y magnitud de potencial zeta, de acuerdo con la invención, será posible disponer las fuerzas de las interacciones entre los agregados por pares de acuerdo con los requisitos establecidos anteriormente.

- La Tabla 2 a continuación muestra diferentes propiedades de las partículas utilizadas en la presente invención. Los métodos para la preparación de estas partículas se han descrito en los Ejemplos a continuación. Las partículas blancas W1 y W2 son partículas de tipo 1 en la Figura 2. Las partículas cian C1 son de tipo 2; las partículas amarillas Y1, Y2, Y3 e Y4 son de tipo 3 y las partículas magenta M1 son de tipo 4. Las partículas magenta M2 son de tipo 2.

Tabla 2

Pigmento	Potencial Zeta, Solsperse 19000 (mV), Isopar-G	Fracción de volume de polímero medida por TGA, %	Polímero de fracción de volumen (pigmento secado), %	Grosor (nm) estimado de envoltente de polímero (seco)	Diámetro de partícula - Mediana (nm)	Diámetro de partícula - Intervalo (nm)	Área superficial específica (BET) (m ² /g)	Solsperse Adsorbido 19000 (mg/g)	Solsperse Adsorbido 19000 (mg/m ²)
W1	-30	7,9	26,2	27	560	200-1000	10	5	0,50
W2	-60	8,5	27,8	26	500	150-1500	12	5	0,42
Y1	-47	Ninguno	Ninguno	Ninguno	190	50-500	44	200	4,55
Y2	-53	Ninguno	Ninguno	Ninguno	150	50-1000	n/a	n/a	n/a
Y3	-35	Ninguno	Ninguno	Ninguno	140	50-1000	63	220	3,49
Y4	-39	31	43,6	46	530	50-5000	n/a	n/a	n/a
M1	45	7,6	12,4	9	420	50-5000	80	140	1,75
M2	56	26,7	36,2	70	1010	200-10000	n/a	n/a	n/a
C1	65	24,0	34,3	36	550	400-700	22	15	0,68

- 25 Se puede ver que las magnitudes de los potenciales zeta de las partículas son similares entre sí (al menos dentro de un factor de aproximadamente 3): todas se encuentran en el intervalo de aproximadamente 25 - 70 mV (valor absoluto). Los diámetros de partícula citados son medidos en solución, en la cual las envoltentes de polímero (si están presentes) son hinchadas por el disolvente. Los tamaños de partícula varían típicamente de aproximadamente 150 nm a 1000 nm.

- La extensión de la envoltente de polímero es evaluada convenientemente mediante análisis gravimétrico térmico (TGA), una técnica en la que la temperatura de una muestra secada de las partículas es aumentada y la pérdida de masa debida a la pirólisis es medida en función de la temperatura. Se pueden encontrar condiciones en las que se pierde el revestimiento de polímero, pero el pigmento de núcleo permanece (estas condiciones dependen de la partícula precisa de pigmento de núcleo utilizada). Utilizando TGA, se puede medir la proporción de la masa de la partícula que es polímero, y esto se puede convertir en una fracción de volumen utilizando las densidades conocidas de los pigmentos de núcleo y los polímeros unidos a ellos.

Como se puede ver en la Tabla 2, las partículas de los tipos 1 y 2 (W1, W2, M2, C1) tienen fracciones de volumen de polímero de al menos aproximadamente el 25%, correspondientes a grosores de envoltente de polímero secados, para tamaños de partículas típicos, de al menos 25 nm. En el disolvente de suspensión, la envoltente de polímero se extenderá más allá de esto a medida que absorbe el disolvente.

- 5 Las partículas de los tipos 3 y 4 (Y1, Y2, Y3, M1) o bien no tienen envoltente de polímero en absoluto, o bien una envoltente de polímero que tiene una fracción de volumen que no excede aproximadamente el 15%, correspondiente a grosores de envoltente de polímero secados, para tamaños de partícula típicos, de 0 – 10 nm.

10 En este análisis se ha supuesto que la envoltente de polímero encapsula uniformemente toda la superficie del pigmento de núcleo. Sin embargo, esto de ninguna manera está asegurado. (Véase, por ejemplo, la Patente de los EE.UU. N ° 6.822.782 antes mencionada, la Figura 6 y la descripción relacionada en las columnas 16-17). Puede ser que el método de unión del polímero favorezca una cara de un pigmento de núcleo cristalino sobre otra, y puede haber áreas parciales del pigmento de núcleo con cobertura de polímero y otras áreas con nada o muy poco. Además, especialmente cuando se utilizan técnicas de injerto para unir el polímero a la superficie del pigmento, el crecimiento del polímero puede ser irregular, dejando grandes áreas del pigmento de núcleo sin cubrir, incluso si la masa del polímero injertado es grande.

15 Un método que puede ser utilizado para evaluar la cobertura del polímero es medir la isoterma de adsorción de una molécula relativamente polar sobre la superficie del pigmento. Un método para llevar a cabo esta determinación se ha descrito en los Ejemplos a continuación. Una molécula polar conveniente para utilizar en esta determinación es un agente de control de carga (CCA), que es una molécula anfifílica que comprende un grupo de cabeza polar y un grupo de cola no polar. Tales moléculas son conocidas para formar micelas inversas en disolventes no polares tales como los disolventes de suspensión utilizados en la presente invención. En presencia de partículas de pigmento, se sabe que los grupos de cabeza polar se adsorben sobre superficies (que son típicamente polares) que no están protegidas por cadenas poliméricas no polares. El grado de adsorción del CCA sobre la superficie del pigmento es, por lo tanto, una medida del área de la superficie del pigmento que no está cubierta por el polímero no polar y, por lo tanto, inaccesible.

20 La última columna en la Tabla 2 muestra la adsorción de un CCA típico (Solsperse 19000, disponible en Lubrizol Corporation) por unidad de área de las partículas. El grado de adsorción de este material en partículas de los tipos 1 y 2 está en el intervalo de 0,4 – 0,7 mg/m², mientras que para las partículas de los tipos 3 y 4 está en el intervalo de 1,7 – 4,6 mg/m². Los rangos preferidos son 0 – 1 mg/m² para partículas de los tipos 1 y 2 y >1,5 mg/m² para partículas de los tipos 3 y 4.

30 La Figura 3 muestra en forma esquemática las intensidades de los campos eléctricos requeridos para separar los agregados por pares de los tipos de partículas utilizadas en el método de accionamiento de la invención. La interacción entre las partículas de los tipos 3 y 4 es más fuerte que entre partículas de los tipos 2 y 3. La interacción entre las partículas de los tipos 2 y 3 es aproximadamente igual que entre las partículas de los tipos 1 y 4 y más fuerte que entre las partículas de los tipos 1 y 2. Todas las interacciones entre pares de partículas del mismo signo de carga son tan débiles o más débiles que la interacción entre partículas de los tipos 1 y 2.

35 La Figura 4 muestra cómo estas interacciones pueden ser explotadas para obtener todos los colores primarios (sustractivo, aditivo, negro y blanco), como se ha tratado generalmente con referencia a la Figura 1.

40 Cuando son direccionadas con un campo eléctrico bajo (Figura 4(A)), las partículas 3 y 4 son agregadas y no separadas. Las partículas 1 y 2 son libres para moverse en el campo. Si la partícula 1 es la partícula blanca, el color que se ve desde la izquierda es blanco, y desde la derecha es negro. Invertir la polaridad del campo cambia entre estados en negro y blanco. Sin embargo, los colores transitorios entre los estados en negro y blanco son de color. El agregado de partículas 3 y 4 se moverá muy lentamente en el campo en relación con las partículas 1 y 2. Se pueden encontrar condiciones donde la partícula 2 se ha movido más allá de la partícula 1 (a la izquierda) mientras que el agregado de las partículas 3 y 4 no se ha movido apreciablemente. En este caso, la partícula 2 se verá desde la izquierda, mientras que el agregado de las partículas 3 y 4 se verá desde la derecha. Como se ha mostrado en los Ejemplos a continuación, en ciertas realizaciones de la invención, el agregado de partículas 3 y 4 está débilmente cargado de forma positiva y, por lo tanto, posicionado en la proximidad de la partícula 2 al comienzo de dicha transición.

50 Cuando son direccionadas con un campo eléctrico alto (Figura 4(B)), las partículas 3 y 4 son separadas. Cuál de las partículas 1 y 3 (cada una de las cuales tiene una carga negativa) es visible cuando es vista desde la izquierda dependerá de la forma de onda (véase más abajo). Como se ha ilustra, la partícula 3 es visible desde la izquierda y la combinación de partículas 2 y 4 es visible desde la derecha.

55 Comenzando desde el estado mostrado en la Figura 4(B), una tensión baja de polaridad opuesta moverá partículas cargadas positivamente hacia la izquierda y las partículas cargadas negativamente hacia la derecha. Sin embargo, la partícula 4 cargada positivamente encontrará la partícula 1 cargada negativamente, y la partícula 3 cargada negativamente encontrará la partícula 2 cargada positivamente. El resultado es que la combinación de las partículas 2 y 3 se verá desde la izquierda y la partícula 4 se verá desde la derecha.

Como se ha descrito anteriormente, preferiblemente la partícula 1 es blanca, la partícula 2 es cian, la partícula 3 es amarilla y la partícula 4 es magenta.

El pigmento de núcleo utilizado en la partícula blanca es típicamente un óxido metálico de alto índice de refracción, como es bien conocido en la técnica de los dispositivos de visualización electroforéticos. Los ejemplos de pigmentos blancos se han descrito en los Ejemplos a continuación.

5 Los pigmentos de núcleo utilizados para fabricar partículas de los tipos 2-4, como se ha descrito anteriormente, proporcionan los tres colores primarios sustractivos: cian, magenta y amarillo.

Los pigmentos de núcleo amarillo adecuados incluyen Pigmentos Amarillos C.I. 1, 3, 12, 13, 14, 16, 17, 73, 74, 81, 83, 97, 111, 120, 126, 137, 139, 150, 151, 155, 174, 175, 176, 180, 181, 191, 194, 213 y 214. Los pigmentos de núcleo amarillo preferidos incluyen Pigmentos amarillos C.I. 139, 155 y 180.

10 Los pigmentos de núcleo magenta adecuados incluyen Pigmentos Rojos C.I. 12, 14, 48:2, 48:3, 48:4, 57:1, 112, 122, 146, 147, 176, 184, 185, 209, 257 y 262, y Pigmentos Violetas C.I. 19 y 32. Un pigmento magenta central preferido es Pigmento Rojo C.I. 122.

Los pigmentos de núcleo cian adecuados incluyen Pigmentos Azules C.I. 15:1, 15:2, 15:3, 15:4 y 79, y Disolvente Azul C.I. 70.

15 Un dispositivo de visualización que utiliza un fluido electroforético de la invención puede ser construido de varias maneras que son conocidas en la técnica anterior. El fluido electroforético puede estar encapsulado en microcápsulas o incorporarse a estructuras de microceldas que luego serán selladas con una capa polimérica. Las capas la de microcápsula o microcelda pueden estar revestidas o estampadas sobre un sustrato plástico o película que tenga un revestimiento transparente de un material eléctricamente conductor. Este conjunto puede estar estratificado en un plano posterior que tiene electrodos de píxel utilizando un adhesivo eléctricamente conductor.

20 Un primer conjunto de formas de onda utilizadas para conseguir cada una de las disposiciones de partículas mostradas en la Figura 1 se describirá ahora con referencia a las Figuras 5-7. En esta exposición se supone que las primeras partículas son blancas y están cargadas negativamente, las segundas partículas son cian y están cargadas positivamente, las terceras partículas son amarillas y están cargadas negativamente, y las cuartas partículas son magentas y están cargadas positivamente. Los expertos en la materia entenderán cómo cambiarán las transiciones de color si se cambian estas asignaciones de colores de partícula, ya que se puede proporcionar que una de las primera y segunda partículas es blanca. De manera similar, las polaridades de las cargas en todas las partículas pueden ser invertida y el medio electroforético seguirá funcionando de la misma manera, siempre que la polaridad de las formas de onda (véase el siguiente párrafo) utilizada para accionar el medio esté invertida de manera similar.

30 En la exposición siguiente, la forma de onda (tensión contra curva de tiempo) aplicada al electrodo de píxel del plano posterior de un dispositivo de visualización utilizando el método de accionamiento de la invención se ha descrito y representado, mientras que se supone que el electrodo frontal está conectado a tierra (es decir, a potencial cero). El campo eléctrico experimentado por el medio electroforético está, por supuesto, determinado por la diferencia de potencial entre el plano posterior y el electrodo frontal y la distancia que los separa. El dispositivo de visualización se ve típicamente a través de su electrodo frontal, de modo que son las partículas adyacentes al electrodo frontal las que controlan el color visualizado por el píxel, y si a veces es más fácil comprender las transiciones ópticas implicadas si se ha considerado el potencial del electrodo frontal en relación con el plano posterior; esto se puede hacer simplemente invirtiendo las formas de onda que se han tratado a continuación.

40 Estas formas de onda requieren que cada píxel del dispositivo de visualización pueda ser accionado a cinco tensiones de direccionamiento diferentes, designadas $+V_{\text{alta}}$, $+V_{\text{baja}}$, 0, $-V_{\text{baja}}$ y $-V_{\text{alta}}$, ilustradas como 30V, 15V, 0, -15V y -30V en las Figuras 5-7. En la práctica, se puede preferir utilizar un mayor número de tensiones de direccionamiento. Si solo hay tres tensiones disponibles (es decir, $+V_{\text{alta}}$, 0 y $-V_{\text{alta}}$), puede ser más fácil conseguir el mismo resultado que direccionando a una tensión más baja (digamos, V_{alta}/n donde n es un entero positivo > 1) direccionando con impulsos de tensión V_{alta} pero con un ciclo de trabajo de $1/n$.

45 Las formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la presente invención pueden comprender tres fases: una fase de equilibrio de CC, en la que un desequilibrio de CC debido a las formas de onda anteriores aplicadas al píxel es corregido, o en el que el desequilibrio de CC en el que se ha incurrido en la transición de rendimiento de color posterior es corregido (como se conoce en la técnica), una fase de "reinicio", en la que el píxel es devuelto a una configuración inicial que es al menos aproximadamente la misma, independientemente del estado óptico anterior del píxel, y una fase de "rendimiento de color" como se ha descrito a continuación. Las fases de equilibrio y reinicio de CC son opcionales y pueden ser omitidas, dependiendo de las demandas de la aplicación particular. La fase de "reinicio", si es empleada, puede ser la misma que la forma de onda de rendimiento de color magenta que se ha descrito a continuación, o puede implicar accionar las tensiones positivos y negativos máximos posibles en sucesión, o puede ser algún otro patrón de impulso, siempre que se devuelva el dispositivo de visualización a un estado a partir del cual los colores posteriores pueden ser obtenidos de forma reproducible.

55 Las Figuras 5A y 5B muestran, en forma idealizada, las fases típicas de rendimiento de color de las formas de onda utilizadas para producir los estados negro y blanco en los métodos de accionamiento de la presente invención. Los gráficos en las Figuras 5A y 5B muestran la tensión aplicada a los electrodos del plano posterior (píxel) del dispositivo de

visualización mientras el electrodo común, transparente en el plano superior está conectado a tierra. El eje x representa el tiempo, medido en unidades arbitrarias, mientras que el eje y es la tensión aplicada en Voltios. Accionar el dispositivo de visualización a los estados negro (Figura 5A) o blanco (Figura 5B) es efectuado por una secuencia de impulsos positivos o negativos, respectivamente, de manera preferible a tensión V_{baja} porque, como se ha señalado anteriormente, en los campos (o corrientes) correspondientes a V_{baja} los pigmentos magenta y amarillo son agregados juntos. Por lo tanto, los pigmentos blanco y cian se mueven mientras que los pigmentos magenta y amarillo permanecen estacionarios (o se mueven con una velocidad mucho más baja) y el dispositivo de visualización cambia entre un estado blanco y un estado correspondiente a la absorción por pigmentos cian, magenta y amarillo (a menudo referidos en la técnica como un "negro compuesto"). La longitud de los impulsos para accionar a negro y blanco puede variar desde aproximadamente 10-1000 milisegundos, y los impulsos pueden estar separados por descansos (a cero voltios aplicados) de longitudes en el intervalo de 10-1000 milisegundos. Aunque la Figura 5 muestra impulsos de tensiones positivas y negativas, respectivamente, para producir negro y blanco, estando separados estos impulsos por "descansos" donde la tensión cero es suministrada, a veces se prefiere que estos períodos de "descanso" comprendan impulsos de polaridad opuesta a los impulsos de accionamiento, pero que tienen un impulso más bajo (es decir, que tienen una duración más corta o una tensión aplicada más baja que los impulsos de accionamiento principales, o ambos).

Las Figuras 6A-6D muestran las fases típicas de rendimiento de color de las formas de onda utilizadas en el método de accionamiento de la invención para producir los colores magenta y azul (Figuras 6A y 6B) y amarillo y verde (Figuras 6C y 6D). En la Figura 6A, la forma de onda oscila entre los impulsos positivo y negativo, pero la longitud del impulso positivo (t_p) es más corta que la del impulso negativo (t_n), mientras que la tensión aplicada en el impulso positivo (V_p) es mayor que la del impulso negativo (V_n). Cuando:

$$V_p t_p = V_n t_n$$

la forma de onda en su conjunto está "equilibrada en CC". El período de un ciclo de impulsos positivos y negativos puede variar desde aproximadamente 30-1000 milisegundos.

Al final del impulso positivo, el dispositivo de visualización está en el estado azul, mientras que al final del impulso negativo el dispositivo de visualización está en el estado magenta. Esto es coherente con el cambio en la densidad óptica correspondiente al movimiento del pigmento cian que es mayor que el cambio correspondiente al movimiento de los pigmentos magenta o amarillo (en relación con el pigmento blanco). De acuerdo con las hipótesis presentadas anteriormente, esto sería de esperar si la interacción entre el pigmento magenta y el pigmento blanco fuera más fuerte que la existente entre el pigmento cian y el pigmento blanco. La movilidad relativa de los pigmentos amarillo y blanco (que están ambas cargadas negativamente) es mucho menor que la movilidad relativa de los pigmentos cian y blanco (que están cargadas opuestamente). Por lo tanto, en una forma de onda preferida para producir magenta o azul, se prefiere una secuencia de impulsos que comprende al menos un ciclo de $V_p t_p$ seguido de $V_n t_n$, donde $V_p > V_n$ y $t_p < t_n$. Cuando se requiere el color azul, la secuencia termina en V_p mientras que cuando se requiere el color magenta, la secuencia termina en V_n .

La Figura 6B muestra una forma de onda alternativa para la producción de estados magenta y azul utilizando solo tres niveles de tensión. En esta forma de onda alternativa, se prefiere al menos un ciclo de $V_p t_p$ seguido por $V_n t_n$, donde $V_p = V_n = V_{alta}$ y $t_n < t_p$. Esta secuencia no puede ser equilibrada en CC. Cuando se requiere el color azul, la secuencia termina en V_p mientras que cuando se requiere el color magenta, la secuencia termina en V_n .

Las formas de onda mostradas en las Figuras 6C y 6D son las inversas de las mostradas en las Figuras 6A y 6B respectivamente, y producen los colores complementarios correspondientes amarillo y verde. En una forma de onda preferida para producir amarillo o verde, como se ha mostrado en la figura 6C, se utiliza una secuencia de impulsos que comprende al menos un ciclo de $V_p t_p$ seguido por $V_n t_n$, donde $V_p < V_n$ y $t_p > t_n$. Cuando se requiere el color verde, la secuencia termina en V_p mientras que cuando se requiere el color amarillo, la secuencia termina en V_n .

Otra forma de onda preferida para producir amarillo o verde utilizando solo tres niveles de tensión se ha mostrado en la Figura 6D. En este caso, se ha utilizado al menos un ciclo de $V_p t_p$ seguido por $V_n t_n$, donde $V_p = V_n = V_{alta}$ y $t_n > t_p$. Esta secuencia no puede ser equilibrada en CC. Cuando se requiere el color verde, la secuencia termina en V_p mientras que cuando se requiere el color amarillo, la secuencia termina en V_n .

Las Figuras 7A y 7B muestran fases de rendimiento de color de las formas de onda utilizadas para reproducir los colores rojo y cian en el método de accionamiento de la presente invención. Estas formas de onda también oscilan entre impulsos positivos y negativos, pero difieren de las formas de onda de las Figuras 6A-6D en que el período de un ciclo de impulsos positivos y negativos es típicamente más largo y las tensiones de direccionamiento utilizadas pueden ser (pero no necesariamente) más bajas. La forma de onda roja de la Figura 7A consiste en un impulso ($+V_{baja}$) que produce negro (similar a la forma de onda mostrada en la Figura 5A) seguido de un impulso más corto ($-V_{baja}$) de polaridad opuesta, que elimina las partículas cian y cambia el negro a rojo, el color complementario al cian. La forma de onda cian es la inversa de la roja, teniendo una sección que produce blanco ($-V_{baja}$) seguida de un impulso corto (V_{baja}) que mueve las partículas cian adyacentes a la superficie de visión. Al igual que en las formas de onda mostradas en las Figuras 6A-6D, el cian se mueve más rápido en relación con el blanco que cualquiera de los pigmentos magenta o amarillo. Sin embargo, en

contraste con las formas de onda de la Figura 6, el pigmento amarillo en las formas de onda de la Figura 7 permanece en el mismo lado de las partículas blancas que las partículas de color magenta.

Las formas de onda descritas anteriormente con referencia a las Figuras 5-7 utilizan un esquema de accionamiento de cinco niveles, es decir, un esquema de accionamiento en el que en cualquier momento dado un electrodo de píxel puede estar en cualquiera de dos tensiones positivas diferentes, dos tensiones negativas diferentes, o cero voltios en relación con un electrodo frontal común. En las formas de onda específicas mostradas en las Figuras 5-7, los cinco niveles son 0, $\pm 15V$ y $\pm 30V$. Sin embargo, al menos en algunos casos se ha encontrado que es ventajoso utilizar un esquema de accionamiento de siete niveles, que utiliza siete tensiones diferentes: tres positivas, tres negativas, y cero. La elección del número de tensiones utilizadas para direccionar el dispositivo de visualización debería tener en cuenta las limitaciones de los componentes electrónicos utilizados para accionar el dispositivo de visualización. En general, una mayor cantidad de tensiones de accionamiento proporcionará una mayor flexibilidad para direccionar diferentes colores, pero complica las disposiciones necesarias para proporcionar esta mayor cantidad de tensiones de accionamiento a los controladores de visualización de dispositivos convencionales. Los presentes inventores han encontrado que la utilización de siete tensiones diferentes proporciona un buen compromiso entre la complejidad de la arquitectura del dispositivo de visualización y la gama de colores.

Se describirán ahora los principios generales utilizados en la producción de los ocho colores primarios (blanco, negro, cian, magenta, amarillo, rojo, verde y azul) que utiliza este esquema de accionamiento de nivel siete aplicado a un dispositivo de visualización tal como el que se ha mostrado en la Figura 1. Como en las Figuras 5-7, se supondrá que el primer pigmento es blanco, el segundo cian, el tercero amarillo y el cuarto magenta. Será claro para un experto en la técnica, que los colores exhibidos por el dispositivo de visualización cambiarán si se cambia la asignación de colores de pigmento.

Las mayores tensiones positivas y negativas (designados $\pm V_{max}$ en la Figura 8) aplicadas a los electrodos de píxel producen respectivamente el color formado por una mezcla de la segunda y cuarta partículas (cian y magenta, para producir un color azul - cf. Figura 1E y Figura 4B vistas desde la derecha), o las terceras partículas solas (amarillo - cf. Figura 1B y Figura 4B vistas desde la izquierda - el pigmento blanco dispersa la luz y se encuentra entre los pigmentos de color). Estos colores azul y amarillo no son necesariamente los mejores azules y amarillos que se pueden alcanzar por el dispositivo de visualización. Las tensiones positivas y negativas de nivel medio (designadas $\pm V_{med}$ en la Figura 8) aplicadas a los electrodos de píxel producen colores que son negro y blanco, respectivamente (aunque no necesariamente los mejores colores negro y blanco que se pueden alcanzar por el dispositivo de visualización - cf. Figura 4A).

A partir de estos estados ópticos azul, amarillo, negro o blanco, los otros cuatro colores primarios pueden ser obtenidos moviendo solo las segundas partículas (en este caso las partículas de cian) en relación con las primeras partículas (en este caso las partículas blancas), lo que se ha conseguido utilizando las tensiones aplicadas más bajas (designadas $\pm V_{min}$ en la Figura 8). Por lo tanto, mover el cian fuera de azul (aplicando $-V_{min}$ a los electrodos de píxel) produce magenta (cf. Figuras 1E y 1D para azul y magenta respectivamente); mover el cian al amarillo (aplicando $+V_{min}$ a los electrodos de píxel) proporciona verde (cf. Figuras 1B y 1G para amarillo y verde respectivamente); mover el cian fuera del negro (aplicando $-V_{min}$ a los electrodos de píxel) proporciona rojo (cf. Figuras 1H y 1C para negro y rojo respectivamente), y mover cian a blanco (aplicando $+V_{min}$ a los electrodos de píxel) proporciona cian (cf. Figuras 1A y 1F para blanco y cian respectivamente).

Si bien estos principios generales son útiles en la construcción de formas de onda para producir colores particulares en dispositivos de visualización de la presente invención, en la práctica puede no observarse el comportamiento ideal descrito anteriormente, y de manera deseable se emplean modificaciones al esquema básico.

Una forma de onda genérica que incorpora modificaciones de los principios básicos descritos anteriormente se ha ilustrado en la Figura 8, en la que la abscisa representa el tiempo (en unidades arbitrarias) y la ordenada representa la diferencia de tensión entre un electrodo de píxel y el electrodo frontal común. Las magnitudes de las tres tensiones positivas utilizadas en el esquema de accionamiento ilustrado en la Figura 8 pueden estar entre aproximadamente $+3V$ y $+30V$, y de las tres tensiones negativas entre aproximadamente $-3V$ y $-30V$. En una realización empíricamente preferida, la tensión positiva más alta, $+V_{max}$, es $+24V$, la tensión positiva media, $+V_{med}$, es $12V$, y la tensión positiva más baja, $+V_{min}$, es $5V$. De manera similar, las tensiones negativas $-V_{max}$, $-V_{med}$ y $-V_{min}$ son, en una realización preferida $-24V$, $-12V$ y $-9V$. No es necesario que las magnitudes de las tensiones $|+V| = |-V|$ para cualquiera de los tres niveles de tensión, aunque puede ser preferible en algunos casos que así sea.

Hay cuatro fases distintas en la forma de onda genérica ilustrada en la Figura 8. En la primera fase ("A" en la Fig. 8), hay impulsos suministrados (en donde "impulso" significa una onda cuadrada monopolar, es decir, la aplicación de un voltaje constante durante un tiempo predeterminado) a $+V_{max}$ y $-V_{max}$ que sirven para borrar la imagen anterior reproducida en el dispositivo de visualización (es decir, para "reiniciar" el dispositivo de visualización). Las longitudes de estos impulsos (t_1 y t_3) y de los descansos (es decir, períodos de tensión cero entre ellos (t_2 y t_4)) pueden ser elegidos de modo que toda la forma de onda (es decir, la integral de tensión con respecto al tiempo sobre toda la forma de onda como se ha ilustrado en la Figura 8) es equilibrada en CC (es decir, la integral es sustancialmente cero). El equilibrio de CC puede ser conseguido ajustando las longitudes de los impulsos y descansa en la fase A de modo que el impulso neto

suministrado en esta fase sea igual en magnitud y opuesto al signo del impulso neto suministrado en la combinación de las fases B y C, durante las cuales fases, como se ha descrito a continuación, el dispositivo de visualización es cambiado a un color particular deseado.

5 La forma de onda mostrada en la Figura 8 es puramente para el propósito de ilustración de la estructura de una forma de onda genérica. Por lo tanto, en la Figura 8 se ha mostrado un impulso negativo que precede a un impulso positivo en la fase A, pero esto no es un requisito de la invención. Tampoco es un requisito que haya solo un único impulso negativo y un único impulso positivo en la fase A.

10 Como se ha descrito anteriormente, la forma de onda genérica está intrínsecamente equilibrada en CC, y se puede preferir esto en ciertas realizaciones de la invención. Alternativamente, los impulsos en la fase A pueden proporcionar un equilibrio de CC a una serie de transiciones de color en lugar de a una única transición, de manera similar a la proporcionada en ciertos dispositivos de visualización en negro y blanco de la técnica anterior; véase, por ejemplo, la Patente de los EE.UU. Nº 7.453.445 y las solicitudes anteriores a las que se ha hecho referencia la columna 1 de esta patente.

15 En la segunda fase de la forma de onda (fase B en la Figura 8) se han suministrado impulsos que utilizan las amplitudes de tensión máxima y media. En esta fase, los colores blanco, negro, magenta, rojo y amarillo son reproducidos preferiblemente de la manera descrita anteriormente con referencia a las Figuras 5-7. Más generalmente, en esta fase de la forma de onda, se han formado los colores correspondientes a las partículas de tipo 1 (suponiendo que las partículas blancas están cargadas negativamente), la combinación de partículas de los tipos 2, 3, y 4 (negro), partículas de tipo 4 (magenta), la combinación de partículas de tipo 3 y 4 (rojo) y partículas de tipo 3 (amarillo).

20 Como se ha descrito anteriormente (véase la Figura 5B y la descripción relacionada), el blanco puede ser reproducido por un impulso o una pluralidad de impulsos en $-V_{med}$. Sin embargo, en algunos casos, el color blanco producido de esta manera puede estar contaminado por el pigmento amarillo y parecer amarillo pálido. Con el fin de corregir esta contaminación del color, puede ser necesario introducir algunos impulsos de una polaridad positiva. Así, por ejemplo, el blanco puede ser obtenido por una sola instancia o una repetición de instancias de una secuencia de impulsos que comprende un impulso con longitud T_1 y amplitud $+V_{max}$ o $+V_{med}$ seguido de un impulso con longitud T_2 y amplitud $-V_{med}$, donde $T_2 > T_1$. El impulso final debería ser un impulso negativo. En la Figura 8 se han mostrado cuatro repeticiones de una secuencia de $+V_{max}$ para el tiempo t_5 seguida de $-V_{med}$ para el tiempo t_6 . Durante esta secuencia de impulsos, la apariencia del dispositivo de visualización oscila entre un color magenta (aunque típicamente no es un color magenta ideal) y el blanco (es decir, el color blanco estará precedido por un estado de L^* más bajo y una a^* más alta que el estado blanco final). Esto es similar a la secuencia de impulso mostrada en la Fig. 6A, en la que se observó una oscilación entre magenta y azul. La diferencia aquí es que el impulso neto de la secuencia de impulso es más negativo que la secuencia de impulso que se ha mostrado en la Fig. 6A, y por lo tanto la oscilación está polarizada hacia el pigmento blanco cargado negativamente.

35 Como se ha descrito anteriormente (véase la Figura 5A y la descripción relacionada), el negro puede ser obtenido mediante un impulso o una pluralidad de impulsos (separados por períodos de tensión cero) a $+V_{med}$.

40 Como se ha descrito anteriormente (véanse las Figuras 6A y 6B y la descripción relacionada), el magenta puede ser obtenido por una sola instancia o una repetición de instancias de una secuencia de impulsos que comprende un impulso con longitud T_3 y amplitud $+V_{max}$ o $+V_{med}$, seguido de un impulso con longitud T_4 y amplitud $-V_{med}$, donde $T_4 > T_3$. Para producir magenta, el impulso neto en esta fase de la forma de onda debería ser más positivo que el impulso neto utilizado para producir blanco. Durante la secuencia de impulsos utilizados para producir magenta, el dispositivo de visualización oscilará entre estados que son esencialmente azul y magenta. El color magenta estará precedido por un estado de más negativo a^* y L^* más bajo que el estado magenta final.

45 Como se ha descrito anteriormente (véase Figura 7A y descripción relacionada), el rojo puede ser obtenido por una sola instancia o por una repetición de instancias de una secuencia de impulsos que comprende un impulso con longitud T_5 y amplitud $+V_{max}$ o $+V_{med}$, seguido de un impulso con longitud T_6 y amplitud $-V_{max}$ o $-V_{med}$. Para producir rojo, el impulso neto debe ser más positivo que el impulso neto utilizado para producir blanco o amarillo. Preferiblemente, para producir rojo, las tensiones positivas y negativas utilizadas son sustancialmente de la misma magnitud (tanto V_{max} como V_{med}), la longitud del impulso positivo es más larga que la longitud del impulso negativo, y el impulso final es un impulso negativo. Durante la secuencia de impulsos utilizados para producir rojo, el dispositivo de visualización oscilará entre estados que son esencialmente negro y rojo. El color rojo estará precedido por un estado de L^* más bajo, a^* más bajo y b^* más bajo que el estado rojo final.

55 El amarillo (véanse las figuras 6C y 6D y la descripción relacionada) puede ser obtenido por una sola instancia o por una repetición de instancias de una secuencia de impulsos que comprende un impulso con longitud T_7 y amplitud $+V_{max}$ o $+V_{med}$, seguido de un impulso con longitud T_8 y amplitud $-V_{max}$. El impulso final debería ser un impulso negativo. Alternativamente, como se ha descrito anteriormente, el color amarillo puede ser obtenido mediante un solo impulso o una pluralidad de impulsos a $-V_{max}$.

En la tercera fase de la forma de onda (fase C en la Figura 8) se han suministrado impulsos que utilizan las amplitudes de tensión media y mínima. En esta fase de la forma de onda, los colores azul y cian son producidos después de un accionamiento hacia el blanco en la segunda fase de la forma de onda, y el color verde es producido después de un accionamiento hacia el amarillo en la segunda fase de la forma de onda. Por lo tanto, cuando se observan los transitorios de forma de onda de un método de accionamiento de la presente invención, los colores azul y cian estarán precedidos por un color en el que b^* es más positivo que el valor b^* del color cian o azul eventual, y el color el verde estará precedido por un color más amarillo en el que L^* es más alto y a^* y b^* son más positivos que L^* , a^* y b^* del color verde eventual. De manera más general, cuando un método de accionamiento de la presente invención está reproduciendo el color correspondiente al coloreado de la primera y segunda partículas, ese estado estará precedido por un estado que es esencialmente blanco (es decir, que tiene C^* inferior a aproximadamente 5). Cuando un dispositivo de visualización de la presente invención está reproduciendo el color correspondiente a la combinación del coloreado de la primera y segunda partículas y la partícula de la tercera y cuarta partículas que tiene la carga opuesta a esta partícula, el dispositivo de visualización reproducirá esencialmente el color de la partícula de la tercera y cuarta partículas que tiene la carga opuesta al coloreado de la primera y segunda partículas.

Típicamente, el cian y el verde serán producidos por una secuencia de impulso en la que debe ser utilizada $+V_{min}$. Esto es debido a que es solo a esta tensión positiva mínima que el pigmento cian puede ser movido independientemente de los pigmentos magenta y amarillo en relación con el pigmento blanco. Tal movimiento del pigmento cian es necesario para reproducir el cian comenzando a partir de blanco o verde a partir de amarillo.

Finalmente, en la cuarta fase de la forma de onda (fase D en la Figura 8) se ha suministrado una tensión cero.

Aunque se ha descrito que el método de accionamiento de la invención produce los ocho colores primarios, en la práctica, se prefiere que se produzcan tantos colores como sea posible a nivel de píxel. Una imagen en escala de grises a todo color puede ser reproducida difuminando entre estos colores, utilizando técnicas bien conocidas por los expertos en tecnología de formación de imágenes. Por ejemplo, además de los ocho colores primarios producidos como se ha descrito anteriormente, el método puede estar configurado para reproducir ocho colores adicionales. En una realización, estos colores adicionales son: rojo claro, verde claro, azul claro, cian oscuro, magenta oscuro, amarillo oscuro, y dos niveles de gris entre negro y blanco. Los términos "claro" y "oscuro", como se han utilizado en este contexto, se refieren a colores que tienen sustancialmente el mismo ángulo de tonalidad en un espacio de color como CIE $L^*a^*b^*$ como el color de referencia pero una L^* más alta o más baja, respectivamente.

En general, los colores claros son obtenidos de la misma manera que los colores oscuros, pero utilizando formas de onda que tienen un impulso neto ligeramente diferente en las fases B y C. Así, por ejemplo, las formas de onda de color rojo claro, verde claro y azul claro tienen un impulso neto más negativo en las fases B y C que las formas de onda roja, verde y azul correspondientes, mientras que el cian oscuro, el magenta oscuro, y el amarillo oscuro tienen un impulso neto más positivo en las fases B y C que las formas de onda cian, magenta y amarilla correspondientes. El cambio en el impulso neto puede ser conseguido alterando las longitudes de los impulsos, el número de impulsos o las magnitudes de los impulsos en las fases B y C.

Los colores grises son típicamente conseguidos mediante una secuencia de impulsos que oscilan entre tensiones bajas o medias.

Para un experto en la materia será claro que en un método de accionamiento de la invención accionado utilizando una agrupación de transistores de película delgada (TFT), los incrementos de tiempo disponibles en la abscisa de la Figura 8 serán típicamente cuantificados por la tasa de fotogramas del dispositivo de visualización. Asimismo, quedará claro que el accionamiento es efectuado cambiando el potencial de los electrodos de píxel en relación con el electrodo frontal y que esto puede ser conseguido cambiando el potencial o bien de los electrodos de píxeles o bien del electrodo frontal, o ambos. En el estado actual de la técnica, típicamente una matriz de electrodos de píxel está presente en el plano posterior, mientras que el electrodo frontal es común a todos los píxeles. Por lo tanto, cuando se cambia el potencial del electrodo frontal, se ve afectado el direccionamiento de todos los píxeles. La estructura básica de la forma de onda descrita anteriormente con referencia a la Figura 8 es la misma independientemente de si se aplican o no tensiones variables al electrodo frontal.

La forma de onda genérica ilustrada en la Figura 8 requiere que la electrónica de accionamiento proporcione hasta siete tensiones diferentes a las líneas de datos durante la actualización de una fila seleccionada del dispositivo de visualización. Mientras que los accionadores de fuente de múltiples niveles capaces de entregar siete tensiones diferentes están disponibles, muchos accionadores de fuente disponibles comercialmente para dispositivos de visualización electroforéticos permiten que solo se entreguen tres tensiones diferentes durante un solo fotograma (generalmente una tensión positiva, cero y una tensión negativa). En este documento el término "fotograma" se refiere a una única actualización de todas las filas en el dispositivo de visualización. Es posible modificar la forma de onda genérica de la Figura 8 para acomodar una arquitectura de accionador de fuente de tres niveles, siempre que las tres tensiones suministradas al panel (típicamente $+V$, 0 y $-V$) se puedan cambiar de un fotograma a otro (es decir, de tal manera que, por ejemplo, en el fotograma podrían suministrarse n tensiones ($+V_{max}$, 0, $-V_{min}$) mientras que en el fotograma podrían suministrarse $n + 1$ tensiones ($+V_{med}$, 0, $-V_{max}$)).

Dado que los cambios en las tensiones suministradas a los accionadores de fuente afectan a cada píxel, la forma de onda necesita ser modificada en consecuencia, de modo que la forma de onda utilizada para producir cada color debe estar alineada con las tensiones suministradas. La fig. 9 muestra una modificación apropiada a la forma de onda genérica de la figura 8. En la fase A, no es necesario ningún cambio, ya que solo se necesitan tres tensiones (+Vmax, 0, -Vmax). La fase B es reemplazada por las sub-fases B1 y B2 definidas, de longitudes L₁ y L₂, respectivamente, durante cada una de las cuales se utiliza un conjunto particular de tres tensiones. En la Figura 9, en la fase B1 están disponibles las tensiones +Vmax, 0, -Vmax), mientras que en la fase B2 están disponibles las tensiones + Vmed, 0, -Vmed. Como se ha mostrado en la Fig. 9, la forma de onda requiere un impulso de +Vmax para el tiempo t₅ en la sub-fase B1. La sub-fase B1 es más larga que el tiempo t₅ (por ejemplo, para acomodar una forma de onda para otro color en el que podría necesitarse un impulso más largo que t₅), así una tensión cero es suministrada durante un tiempo L₁ - t₅. La ubicación del impulso de longitud t₅ y el impulso o impulsos cero de longitud L₁ - t₅ dentro de la sub-fase B1 pueden ajustarse según se requiera (es decir, la sub-fase B1 no comienza necesariamente con el impulso de longitud t₅ como se ha ilustrado). Subdividiendo las fases B y C en sub-fases en las que existe una elección de una de las tres tensiones positivas, una de las tres tensiones negativas y cero, es posible conseguir el mismo resultado óptico que se obtendría utilizando un accionador de fuente de múltiples niveles, aunque a expensas de una forma de onda más larga (para acomodar los impulsos cero necesarios).

Cuando la conmutación de plano superior es utilizada en combinación con un accionador de fuente de tres niveles, se aplican los mismos principios generales que los descritos anteriormente con referencia a la Fig. 9. Se puede preferir la conmutación de plano superior cuando los accionadores de fuente no pueden suministrar una tensión tan alta como el Vmax preferida. Los métodos para accionar dispositivos de visualización electroforéticos utilizando la conmutación de plano superior son bien conocidos en la técnica.

Una forma de onda típica de siete niveles de acuerdo utilizada en el método de accionamiento de la invención se ha mostrado a continuación en la Tabla 3, donde los números entre paréntesis corresponden al número de fotogramas accionados con la tensión de plano posterior indicada (en relación con un plano superior que se supone que está en potencial cero).

Tabla 3

	Fase de Reinicio		Fase V Alta/Med (N repeticiones de secuencia de imágenes a continuación)			Fase V Baja/Med	
K	-Vmax(60+Δ _K)	Vmax(60-Δ _K)	Vmed(5)	Cero(9)		Cero(50)	
B	-Vmax(60+A _B)	Vmax(60-Δ _B)	Vmax(2)	Cero(5)	-Vmed(7)	Vmed(40)	Cero(10)
R	-Vmax(60+Δ _R)	Vmax(60-Δ _R)	Vmax(7)	Cero(3)	-Vmax(4)	Cero(50)	
M	-Vmax(60+Δ _M)	Vmax(60-Δ _M)	Vmax(4)	Cero(3)	-Vmed(7)	Cero(50)	
G	-Vmax(60+Δ _G)	Vmax(60-Δ _G)	Vmed(7)	Cero(3)	-Vmax(4)	Vmin(40)	Cero(10)
C	-Vmax(60+Δ _C)	Vmax(60-Δ _C)	Vmax(2)	Cero(5)	-Vmed(7)	Vmin(40)	Cero(10)
Y	-Vmax(60+Δ _Y)	Vmax(60-Δ _Y)	Vmed(7)	Cero(3)	-Vmax(4)	Cero(50)	
W	-Vmax(60+Δ _W)	Vmax(60-Δ _W)	Vmax(2)	Cero(5)	-Vmed(7)	Cero(50)	

En la fase de reinicio, se han proporcionado impulsos de las tensiones positivas y negativas máximas para borrar el estado anterior del dispositivo de visualización. El número de fotogramas en cada tensión son desplazados en una cantidad (se muestra como Δ_x para el color x) que compensa el impulso neto en las fases de tensión Alta/Media y Baja/Media, donde se ha reproducido el color. Para conseguir el equilibrio de CC, Δ_x es elegido para ser la mitad de ese impulso neto. No es necesario que la fase de reinicio sea implementada exactamente de la manera ilustrada en la Tabla; por ejemplo, cuando la conmutación del plano superior es utilizada, si es necesario, para asignar un número particular de fotogramas a los accionamientos negativos y positivos. En tal caso, se prefiere proporcionar el máximo número de impulsos de alta tensión coherentes con conseguir el equilibrio de CC (es decir, restar 2Δ_x a partir de los fotogramas negativos o positivos según corresponda).

En la fase de tensión Alta/Media, como se ha descrito anteriormente, se ha proporcionado una secuencia de N repeticiones de una secuencia de impulsos apropiada para cada color, donde N puede ser 1-20. Como se ha mostrado, esta secuencia comprende 14 fotogramas a los que se han asignado tensiones positivas o negativas de magnitud Vmax

o Vmed, o cero. Las secuencias de impulso mostradas están de acuerdo con la exposición dada anteriormente. Se puede ver que en esta fase de la forma de onda, las secuencias de impulso para reproducir los colores blanco, azul y cian son las mismas (ya que el azul y el cian son conseguidos en este caso comenzando a partir de un estado blanco, como se ha descrito anteriormente). Asimismo, en esta fase, las secuencias de impulso para reproducir amarillo y verde son las mismas (ya que el verde es conseguido a partir de un estado amarillo, como se ha descrito anteriormente).

En la fase de tensión Baja/Media, los colores azul y cian son obtenidos a partir del blanco, y el color verde a partir del amarillo.

La Tabla 4 muestra los resultados de accionar un dispositivo de visualización hecho utilizando un revestimiento preparado como se ha descrito en el Ejemplo 11, Parte A, a continuación, estratificado en una placa posterior de agrupación de transistores de película delgada. La forma de onda utilizada fue similar a la ilustrada en la Tabla 3 donde $N = 18$, y el dispositivo de visualización fue direccionado a 65 fotogramas por segundo con tensiones preferidas como se ha descrito anteriormente.

Tabla 4

Color	L*	a*	b*
K	20	4	-5
B	24	5	-13
R	42	27	23
M	40	25	0
G	36	-12	6
C	37	-8	-15
Y	65	3	40
W	70	2	5
Volumen de Gama (ΔE^3)	20630		

Ejemplos

Ahora se dan ejemplos, aunque solo a modo de ilustración, para mostrar detalles de métodos de accionamiento preferidos de la presente invención y medios electroforéticos utilizados en tales métodos. Las partículas utilizadas en estos Ejemplos son las siguientes.

La partícula blanca W1 es un pigmento de dispersión de luz funcionalizado con silanol (dióxido de titanio) al que se ha unido un material polimérico que comprende monómeros de metacrilato de laurilo (LMA) como se ha descrito en la Patente de los EE.UU. N° 7.002.728.

La partícula blanca W2 es una titania revestida con polímero producida sustancialmente como se ha descrito en el Ejemplo 1 de la Patente de los EE.UU. N° 5.852.196, con un revestimiento de polímero que comprende una relación de aproximadamente 99: 1 de metacrilato de laurilo y 2,2,2-metacrilato de trifluoroetilo.

La partícula amarilla Y1 es un Pigmento Amarillo C.I. 180, utilizado sin revestimiento y dispersado por desgaste en presencia de Solsperse 19000, como se ha descrito generalmente en el documento US 2014/0340430 antes mencionado y en el Ejemplo 1, a continuación.

La partícula amarilla Y2 es un Pigmento Amarillo C.I. 155, utilizado sin revestimiento y dispersado por desgaste en presencia de Solsperse 19000, como se ha descrito generalmente en el documento US 2014/0340430 y en el Ejemplo 2, a continuación.

La partícula amarilla Y3 es un Pigmento Amarillo C.I. 139, utilizado sin revestimiento y dispersado por desgaste en presencia de Solsperse 19000, como se ha descrito generalmente en el documento US 2014/0340430 y en el Ejemplo 3, a continuación.

La partícula amarilla Y4 es un Pigmento amarillo C.I. 139, que está revestido por polimerización en dispersión, que incorpora metacrilato de trifluoroetilo, metacrilato de metilo y monómeros que contienen dimetilsiloxano de la manera descrita en el Ejemplo 4, a continuación.

La partícula magenta M1 es un material magenta cargado positivamente (dimetilquinacridona, Pigmento Rojo C.I. 122) revestido con cloruro de vinilbencilo y LMA como se ha descrito en el documento US 2014/0340430 y en el ejemplo 5, a continuación.

La partícula magenta M2 es un Pigmento Rojo C.I. 122, que está revestido por polimerización en dispersión, metacrilato de metilo y monómeros que contienen dimetilsiloxano de la manera descrita en el Ejemplo 6, a continuación.

La partícula cian C1 es un material de ftalocianina de cobre (Pigmento Azul C.I. 15:3) que está revestido por polimerización por dispersión, incorporando metacrilato de metilo y monómeros que contienen dimetilsiloxano de la manera descrita en el Ejemplo 7, a continuación.

Ejemplo 1: Preparación de pigmento amarillo Y1

Se combinó un pigmento amarillo, Novoperm Yellow P-HG (disponible en Clariant, Basilea, Suiza), (26 g) con Isopar G (70 g) y una solución de Solperse 19000 (disponible en Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH) en Isopar G) y la mezcla se dispersó triturándola vigorosamente con perlas de vidrio durante 1 hora para proporcionar una dispersión de pigmento amarillo.

Ejemplo 2: Preparación de pigmento amarillo Y2

Se combinó un pigmento amarillo, Inkjet Yellow 4GC (disponible en Clariant, Basilea, Suiza), (26 g) con Isopar G (70 g) y una solución de Solperse 19000 (disponible en Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH, 70 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se dispersó triturándola con 250 ml de perlas de vidrio durante 1 hora a 600 RPM, luego se filtró a través de una malla de 200 µm para proporcionar una dispersión de pigmento amarillo.

Ejemplo 3: Preparación de pigmento amarillo Y3

Se combinó un pigmento amarillo, Novoperm Yellow P-M3R (disponible en Clariant, Basilea, Suiza), (28 g) con Isopar G (70 g) y una solución de Solperse 19000 (disponible en Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH, 70 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se dispersó triturándola con 250 mL de perlas de vidrio durante 1 hora a 600 RPM, luego se filtró a través de una malla de 200 µm para proporcionar una dispersión de pigmento amarillo.

Ejemplo 4: Preparación del pigmento amarillo Y4

A una botella de plástico de 2 L se agregaron 64,0 g Novoperm Yellow P M3R (Clariant Corporation 118380), 12,6 g 2,2,2-trifluoroetil metacrilato, 42,5 g metil metacrilato, 100 g monometacrilato terminado poli(dimetilsiloxano) (Gelest MCR-M22, peso molecular 10.000), 376 g de Isopar E, 80 g de solución de Solperse 17000 al 20% en peso y perlas de Zirconox (1,7-2,4 mm). Se hizo rodar la botella durante 24 h y luego se vertió a través de una malla de 200 µm en un reactor de 500 mL. El reactor se ensambló con un tubo de inmersión de nitrógeno, un impulsor de agitación superior y un condensador de aire. El agitador de aire superior se ajustó a 400 rpm y la mezcla de reacción se purgó con nitrógeno durante 30 minutos a 65 °C, después de lo cual se retiró el tubo de inmersión y se ajustó el nivel de nitrógeno del rotómetro. En un vial pequeño, se disolvieron 0,358 g de 2,2'-azobis (2-metilpropionitrilo) (AIBN) en acetato de etilo y se añadieron a una jeringa. Luego se enjuagó el vial con acetato de etilo y se añadió a la misma jeringa. La solución de AIBN resultante se inyectó en el reactor durante 30 minutos y la mezcla de reacción se calentó durante 16-24 horas. La mezcla de reacción se dispensó en una botella centrífuga de 1 litro y se centrifugó. El sobrenadante se decantó, y el pigmento restante se lavó con Isopar E y se centrifugó. Este proceso de lavado se repitió dos veces más, y después de decantar el sobrenadante final, el pigmento restante se secó en un horno de vacío a temperatura ambiente durante la noche.

El pigmento seco se dispersó en una mezcla de 25 por ciento en peso con Isopar G utilizando sonicación y rodadura, y la dispersión resultante se filtró a través de una malla de 200 µm y se midió el porcentaje de material sólido en la dispersión.

Ejemplo 5: Preparación de pigmento magenta M1

Ink Jet Magenta E 02 (disponible en Clariant Corporation, 15 g) se dispersó en tolueno (135 g). La dispersión se transfirió a un matraz de fondo redondo de 500 mL y el espacio superior se desgasificó con nitrógeno. La mezcla de reacción resultante se llevó a 42 °C y, tras el equilibrio de temperatura, se añadió cloruro de 4-vinilbencilo y la mezcla de reacción se dejó agitar a 42 °C bajo nitrógeno durante la noche. El producto resultante se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugó para aislar el pigmento funcionalizado. La torta de centrífuga se lavó tres veces con tolueno para dar el pigmento magenta funcionalizado (14,76 g).

Este pigmento magenta funcionalizado se trató con un poli(metacrilato de laurilo) como se ha descrito en la Patente de los EE.UU. Nº 7.002.728 antes mencionada, y luego se combinó con Isopar E para dar una dispersión de pigmento magenta, que se filtró a través de una película de malla de 200 µm y se determinó que su porcentaje de sólidos era del 17,8%.

Ejemplo 6: Preparación de pigmento magenta M2

A una botella de plástico de 1 L se añadieron 32,0 g de Ink Jet Magenta E 02 (Clariant Corporation), 26,5 g de metacrilato de metilo, 53 g de poli (dimetilsiloxano) terminado en monometacrilato (Gelest MCR-M22, peso molecular 10,000), 220 g de perlas Isopar E y Zirconox (1,7-2,4 mm). Se hizo rodar la botella durante 2 h, luego se añadieron 250 g de Isopar E a

la mezcla de pigmentos. Luego se vertió a través de una malla de 200 µm en un reactor de 1 L. El reactor se ensambló con un tubo de inmersión de nitrógeno, un impulsor de agitación superior y un condensador de aire. El agitador de aire superior se ajustó a 400 rpm y la mezcla de reacción se purgó con nitrógeno durante 30 minutos a 65 °C, después de lo cual se retiró el tubo de inmersión y se ajustó el nivel de nitrógeno del rotómetro. En un vial pequeño, se disolvieron 0,6 g de 2,2'-azobis(2-metilpropionitrilo) (AIBN) en acetato de etilo y se añadieron a una jeringa. Luego se enjuagó el vial con acetato de etilo y se añadió a la misma jeringa. La solución de AIBN resultante se inyectó en el reactor durante 30 minutos y la mezcla de reacción se calentó durante 16-24 horas. La mezcla de reacción se dispensó en una botella centrífuga de 1 L y se centrifugó. El sobrenadante se decantó y el pigmento restante se lavó con Isopar E y se centrifugó. Este proceso de lavado se repitió dos veces más, y después de decantar el sobrenadante final, el pigmento restante se secó en un horno de vacío a temperatura ambiente durante la noche.

El pigmento seco se dispersó en una mezcla del 25 por ciento en peso con Isopar G utilizando sonicación y rodadura, y la dispersión resultante se filtró a través de una malla de 200 µm y se midió el porcentaje de material sólido en la dispersión.

Ejemplo 7: Preparación de pigmento de cian C1

A una botella de plástico de 1 L se añadieron 32,0 g de Hostaperm Blue B2G-EDS (Clariant Corporation 225226), 15 g de metacrilato de metilo, 30 g de poli(dimetilsiloxano) terminado en monometacrilato (Gelest MCR-M22, peso molecular 10.000), 220 g de perlas Isopar E y Zirconox (1,7-2,4 mm). Se hizo rodar la botella durante 24 h y luego se vertió a través de una malla de 200 µm en un reactor de 500 ml. El reactor se ensambló con un tubo de inmersión de nitrógeno, un impulsor de agitación superior y un condensador de aire. El agitador de aire superior se ajustó a 400 rpm y la mezcla de reacción se purgó con nitrógeno durante una hora a 65 °C, después de lo cual se retiró el tubo de inmersión y se ajustó el nivel de nitrógeno del rotómetro. En un vial pequeño, se disolvieron 0,189 g de 2,2'-azobis (2-metilpropionitrilo) (AIBN) en acetato de etilo y se añadieron a una jeringa. Luego se enjuagó el vial con acetato de etilo y se añadió a la misma jeringa. La solución de AIBN resultante se inyectó en el reactor durante 30 minutos y la mezcla de reacción se calentó durante 16-24 horas. La mezcla de reacción se dispensó en una botella de centrifuga de 1 litro y se centrifugó.

El sobrenadante se decantó y el pigmento restante se lavó con Isopar E y se centrifugó. Este proceso de lavado se repitió tres veces más, y después de decantar el sobrenadante final, el pigmento restante se secó en un horno de vacío a temperatura ambiente durante la noche.

El pigmento seco se dispersó en una mezcla del 25 por ciento en peso con Isopar G utilizando sonicación y rodadura, y la dispersión resultante se filtró a través de una malla de 200 µm y se midió el porcentaje de material sólido en la dispersión.

Ejemplo 8: Medición de la isoterma de adsorción de Solsperse 19000 sobre partículas de la invención

Muestras de 20 gramos a una concentración del 10% de peso/peso en disolvente (para partículas blancas) o una concentración del 5% de peso/peso en disolvente Isopar G (para partículas de color) se prepararon con Solsperse 19000 a concentraciones de 10-20 que varían de cero a aproximadamente 0,5 g/g de pigmento. Las muestras se dejaron equilibrar mezclando al menos 24 horas a temperatura ambiente, luego las partículas se eliminaron por centrifugación a 3500 rpm durante 1 hora (pigmentos blancos) o 20000 rpm durante 1 hora para muestras de color. Se midió la conductividad de los sobrenadantes y se determinó la concentración de Solsperse 19000 restante en relación con una curva de calibración.

Los resultados obtenidos con las partículas de cian C1 y el pigmento en bruto (Pigmento Azul C.I. 15:3, Hostaperm Blue B2G-EDS disponible en Clariant) se han mostrado en la Figura 10. Se puede ver que la envoltura de polímero reduce la cantidad de Solsperse 19000 adsorbido en las partículas de aproximadamente 100 mg/g a aproximadamente 15 mg/g. La adsorción de Solsperse 19000 en el pigmento cian en bruto observado en la Figura 10 parece disminuir a medida que se agrega más tensioactivo. Este es un artefacto de la medición. En una medida ideal, la cantidad adsorbida alcanzaría una meseta. En el experimento descrito, a niveles muy altos de surfactante se crean algunas partículas finas que no se pudieron eliminar completamente del sobrenadante. Como resultado, la conductividad del sobrenadante es mayor (debido al presente de finos cian cargados) de lo que sería si el pigmento se eliminara por completo. No se observa ningún artefacto similar para las muestras polimerizadas por dispersión, lo que sugiere que el pigmento está completamente envuelto en polímero y que el tamaño de partícula primario (y, por lo tanto, el área superficial) del núcleo cian no es material para el experimento.

Ejemplo 9: Visualización de partículas de la invención que se mueven en un campo eléctrico

Parte A: preparación de fluidos electroforéticos.

Fluido (i): 0,91 g de una dispersión de partículas C1 al 22% de peso/peso preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior en Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 se combinó con 1,33 g de una dispersión de partículas Y3 al 15% de peso/peso preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior en Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 y 17,76 g de Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse

19000: Solsperse 17000. Las dispersiones de partículas C1 e Y3 se habían centrifugado previamente a 20.000 rpm durante 45 minutos y se habían diluido con Isopar G que contenía 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 tres veces para asegurar que cualquier impureza soluble hubiera sido eliminada. Después de que se haber preparado el fluido, se dispersó por sonicación durante 90 minutos antes de su utilización.

- 5 Fluido (ii): 1,33 g de una dispersión de partícula al 15% de peso/peso de M1 preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior en Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 se combinó con 1,33 g de una dispersión de partículas Y3 al 15% de peso/peso preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior en Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 y 17,34 g de Isopar G que contiene 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000. Las dispersiones de partículas M1 e Y3 se habían centrifugado previamente a 20.000 rpm durante 45 minutos y se habían diluido con Isopar G que contenía 0,36% de peso/peso de una relación de masa 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 tres veces para garantizar que cualquier impureza soluble hubiera sido eliminado. Después de preparar el fluido, se dispersó por sonicación durante 90 minutos antes de su utilización.

Parte B: visualización del movimiento de partículas.

- 15 Los fluidos (i) - (ii) se visualizaron utilizando el aparato ilustrado en la Figura 11. Las paredes 112 del capilar de vidrio de borosilicato con sección transversal rectangular tenían 20 µm de grosor, y la cavidad central 110 tenía una anchura de 200 µm y una altura de 20 µm. El capilar se selló entre dos electrodos metálicos 120 y dos láminas de vidrio de borosilicato 116 y 118, utilizando un adhesivo 114 de epoxi curable en 5 minutos. Para minimizar el grosor del epoxi entre el capilar y los electrodos, los electrodos se mantuvieron presionados uno hacia el otro mientras se curaba el epoxi.

- 20 El fluido se cargó a través de una jeringa en el capilar, seguido de una breve espera para que el flujo disminuya. Dejar abierto el otro extremo del capilar ayuda a aliviar la presión una vez que se libera la jeringa, y acelera el cese del flujo.

- El fluido electroforético se sometió a una tensión aplicada como se ha mostrado en las Figuras 12 y 13, mientras que las imágenes de movimiento se capturaron con un microscopio 122 equipado con una cámara de muestreo a 112 fotogramas/segundo. Entre diferentes tensiones aplicadas, es decir, entre diferentes ensayos, el fluido electroforético en el capilar fue reemplazado por fluido fresco de la jeringa. Entre diferentes muestras, el mismo tubo capilar se enjuagó con ~2ml de una solución de una proporción 4:1 de Solsperse 19000: Solsperse 17000 a una concentración del 0,1% de peso/peso en Isopar E hasta que la solución que salió del dispositivo fuera ópticamente transparente, luego se cargó la siguiente muestra. De esta manera, la geometría (y, por lo tanto, el campo eléctrico experimentado por el fluido) permaneció constante. En las Figuras 12 y 13, el cátodo es el electrodo superior y el ánodo el electrodo inferior.

- 30 La Figura 12 muestra el resultado de aplicar un campo eléctrico a la mezcla de pigmento magenta M1 y pigmento amarillo Y3 (fluido (i)). Incluso en la tensión más alta, el agregado entre estos dos pigmentos no se separa, quedando como conglomerados rojizos que migran hacia el cátodo.

- La Figura 13 muestra el resultado de aplicar un campo eléctrico a la mezcla de pigmento cian C1 y pigmento amarillo Y3 (fluido (ii)). A tensiones aplicados de 1000 V y superiores, los dos pigmentos se separan, desplazando el cian el cátodo y el amarillo hacia el ánodo.

- Está claro a partir de las Figuras 12 y 13 que los pigmentos M1 e Y3 de la presente invención forman agregados que permanecen intactos cuando se someten a campos eléctricos que separan los pigmentos C1 e Y3 de la invención. Alternativamente, la intensidad del campo eléctrico requerida para separar los agregados está en el orden $P3-P4 > P3-P2$ para partículas de los tipos 2, 3 y 4.

Ejemplo 10: Separación electrostática de partículas

Parte A: Preparación de fluidos electroforéticos

- 45 Fluido (i): la dispersión de partículas blancas (W1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A a continuación (0,11 g) se combinó con la dispersión de partículas cian (C1) preparada en el Ejemplo 7 anterior (0,13 g), Solsperse 19000 (60 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (10 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G) e Isopar G (3,49 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil). La mezcla se diluyó luego combinando el fluido electroforético (1,0 g) con Isopar G adicional (9,0 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos.

- 50 Fluido (ii): la dispersión de pigmento blanco (W1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A a continuación (0,11 g) se combinó con la dispersión de partículas magenta (M1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (0,13 g), Solsperse 19000 (200 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (50 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G) e Isopar G (3,17 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil). Esta mezcla se diluyó luego combinando el

fluido electroforético (1,0 g) con Isopar G adicional (9,0 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos.

5 Fluido (iii): La dispersión de partículas amarillas (Y3) descrita en el Ejemplo 3 anterior (0,32 g) se combinó con la dispersión de partículas magenta (M1) como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (0,23 g), Solsperse 19000 (260 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (70 mg de una solución al 2% de peso/peso en Isopar G) e Isopar G (2,77 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil). La mezcla se diluyó luego combinando el fluido electroforético (1,0 g) con Isopar G adicional (9,0 g). Esta mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos.

10 Parte B: Ensayo de fluidos electroforéticos

Las transparencias de vidrio revestidas con ITO (aproximadamente 25 cm x 17,5 mm) se sumergieron en un depósito que contenía fluido electroforético a una profundidad de aproximadamente 20 mm. El espacio entre las placas de vidrio se mantuvo constante a una distancia de 10 mm, con los lados revestidos con ITO uno frente al otro. Luego se realizaron conexiones eléctricas a los lados revestidos con ITO de ambas placas y se aplicó una polarización de CC de 500 V durante un total de 30 segundos.

Las transparencias se retiraron entonces del fluido electroforético y se enjuagaron inmediatamente con aproximadamente 1 mL de Isopar E para eliminar cualquier material no adherido a la superficie del electrodo. Luego se examinaron las transparencias para determinar qué partículas se habían adherido a cada transparencia. Como se puede ver en la Figura 14 (a), las partículas blancas y cian se separaron limpiamente cuando se ensayó el fluido (i), las partículas blancas se depositaron en el ánodo y las partículas cian en el cátodo. Por otro lado, como se ve en la Figura 14 (b), cuando se ensayó el fluido magenta/blanco (ii), ambos pigmentos se vieron depositados juntos (esto es particularmente claro en el ánodo). Aún más dramático fue el resultado con fluido (iii), magenta/amarillo: en este caso los pigmentos magenta y amarillo no se separaron y cada uno era visible tanto en el ánodo como en el cátodo. La conclusión de estos experimentos es que la intensidad del campo eléctrico requerida para separar los agregados está en el orden P1-P4 > P1-P2 y P3-P4 > P1-P2 para partículas de los tipos 2, 3 y 4.

Ejemplo 11: Conjunto de pigmento reducido

Parte A: Preparación de una dispersión de partículas amarillas (Y3)

Un pigmento amarillo, Novoperm Yellow P-M3R (disponible de Clariant, Basilea, Suiza) (28 g), se combinó con Isopar G (116 g) y una solución de Solsperse 19000 (disponible en Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH, 24 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se dispersó triturándola con 250 ml de perlas de vidrio durante 1 hora a 600 rpm, luego se filtró a través de un tamiz de malla de 200 µm para proporcionar una dispersión de partículas amarillas.

Parte B: Preparación de fluidos electroforéticos

35 Fluido (i): La dispersión de partículas blancas (W1) se preparó como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A más adelante (4,94 g) se combinó con la dispersión de partículas magenta (M1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (0,92 g), la dispersión de pigmento amarillo como se describió anteriormente (0,90 g), Solsperse 19000 (0,23 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (0,09 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,42 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,49 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético.

45 Fluido (ii): La dispersión de partículas blancas (W1) se preparó como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A más adelante (4,94 g) se combinó con la dispersión de partículas cian (C1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,61 g de una dispersión al 24,8% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo como se describió anteriormente (0,90 g), Solsperse 19000 (0,15 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (0,07 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,83 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,49 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético.

50 Fluido (iii): La dispersión de partículas blancas (W1) se preparó como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A más adelante (4,94 g) se combinó con la dispersión de partículas magenta (M1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (0,92 g), la dispersión de partículas de cian (C1) preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,61 g de una dispersión al 24,8% de peso/peso), Solsperse 19000 (0,26 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (0,06 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,71 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,49 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético.

Fluido (iv): La dispersión de partículas blancas (W1) se preparó como se ha descrito en el Ejemplo 12, Parte A más adelante (34,59 g de una dispersión al 60% de peso/peso) se combinó con la dispersión magenta preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (6,45 g de una dispersión al 16,5% de peso/peso), la dispersión de cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (4,97 g de una dispersión al 24,8% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior (6,29 g de una dispersión al 16,7% de peso/peso), Solsperse 17000 (0,66 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (13,7 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (3,35 g de un 15 % de peso/peso de solución en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético.

Parte C: preparación de un dispositivo de visualización

Se formó un relieve de agrupación de microceldas sobre una película de poli(tereftalato de etileno) con un revestimiento de un conductor transparente (óxido de indio y estaño, ITO) con fluidos electroforéticos preparados como se ha descrito en la Parte B anterior. Las microceldas tenían forma hexagonal, con una profundidad de 20 micrómetros y un ancho de 130 micrómetros medido de borde a borde. El exceso de fluido electroforético se eliminó de las microceldas con una cuchilla rascadora, y se sellaron con un revestimiento polimérico compuesto como se ha descrito en la Solicitud de Patente Provisional de los EE. UU. N° 62/065575. Este conjunto se estratificó a una placa posterior de vidrio con electrodos ITO usando un adhesivo térmico dopado sustancialmente como se ha descrito en la Patente de los EE. UU. N° 7.012.735 de 3 μm de grosor para producir un dispositivo de visualización.

Parte D: Ensayo electro-óptico

Los dispositivos producidos como se ha descrito en la Parte C fueron accionados usando una forma de onda como se muestra en la Tabla 5. La forma de onda comprendía cuatro fases: (1) un reinicio con una frecuencia baja a una tensión de direccionamiento alta; (2) escritura en el estado blanco usando un método similar al descrito anteriormente con referencia a la Tabla 3; (3) escritura en el estado cian utilizando un método similar al descrito anteriormente con referencia a la Figura 7(B); y (4) cero Voltios. Cada fase de la forma de onda utilizaba una forma de onda cuadrada que alternaba entre las tensiones V1 y V2 a la frecuencia mostrada, con un ciclo de trabajo (definido como la proporción del tiempo de un ciclo en el que el dispositivo de visualización se activaba con la tensión V1) como se indica.

Tabla 5

	V1 (V)	V2 (V)	Ciclo de Trabajo (%)	Frecuencia (Hz)	Duración (s)
Reinicio	-28	28	50	1	1
Escritura blanco	28	-15	28,5	10	4
Escritura cian	-8	6	1	0,5	12
Cero	0	0			1

Las Figuras 15-18 muestran las densidades ópticas a 450 nm (absorción de luz azul), 550 nm (absorción de luz verde) y 650 nm (absorción de luz roja) obtenidas durante las fases de "escritura cian" y "cero" de la forma de onda mostrada en la Tabla 5. Las densidades ópticas en bruto se convirtieron en "densidades analíticas", es decir, las contribuciones de densidad óptica solo del pigmento cian a 650 nm, solo del pigmento magenta a 550 nm, y solo del pigmento amarillo a 450 nm, mediante la eliminación de las absorciones de los otros pigmentos en las longitudes de onda indicadas. Esto se logró de la siguiente manera: a) las densidades ópticas en bruto se corrigieron mediante una sustracción de la línea de base debido a pérdidas ópticas en el dispositivo; b) la densidad óptica a 650 nm no se corrigió más, ya que solo las partículas de cian fueron absorbidas significativamente a esta longitud de onda; c) la densidad óptica a 550 nm se corrigió por sustracción de $0,5 \cdot \text{OD}(650)_{\text{corr}}$, ya que las partículas cian tenían una absorción apreciable de la luz verde; y d) la densidad óptica a 450 nm se corrigió por sustracción de $0,08 \cdot \text{OD}(650)_{\text{corr}}$ y $0,29 \cdot \text{OD}(550)_{\text{corr}}$ ya que tanto las partículas cian como magenta absorbieron algo de luz azul. Los expertos en la materia tendrán claro que se podría hacer una corrección más precisa teniendo en cuenta todos los términos de absorción cruzada. Después de realizar las correcciones descritas, la densidad óptica a 450 nm fue aproximadamente proporcional a la cantidad de pigmento amarillo en el lado de visión del pigmento blanco; la densidad óptica a 550 nm fue aproximadamente proporcional a la cantidad de pigmento magenta en el lado de visualización del pigmento blanco; y la densidad óptica a 650 nm fue aproximadamente proporcional a la cantidad de pigmento cian en el lado de visión del pigmento blanco.

La Figura 15 muestra las trazas de densidad óptica correspondientes a una mezcla de las partículas blancas, amarillas y magentas (fluido (i)). No se ve (a esta baja tensión de direccionamiento) prácticamente ninguna modulación desde el estado blanco. Esto es consistente con la formación de un agregado casi inmóvil formado por las partículas amarilla y magenta (es decir, el pigmento blanco puede moverse, pero a esta baja tensión de direccionamiento no puede desplazar el agregado (rojo) de las partículas amarilla y magenta).

La Figura 16 muestra las trazas de densidad óptica correspondientes a una mezcla de partículas blancas, amarillas y cian (fluido (ii)). Ahora se ve (de nuevo a la tensión baja de direccionamiento) una modulación considerablemente mayor de cian (650 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,3 OD) y amarillo (450 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,1 OD). Esto es consistente con la formación de un agregado más débil entre las partículas amarilla y

cian que el que se formó entre las partículas amarilla y magenta. El intervalo dinámico de la oscilación cian es mucho menor que cuando la partícula amarilla no está presente (véase la Figura 17, a continuación).

La Figura 17 muestra las trazas de densidad óptica correspondientes a una mezcla de partículas blanca, magenta y cian (fluido (iii)). Ahora se ve (nuevamente a la tensión baja de direccionamiento) una modulación considerable de cian (650 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,9 OD) y magenta (550 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,6 OD). El aumento del intervalo de densidad óptica en cian frente al que se muestra en la Figura 16 es consistente con el cian y el amarillo que forman un agregado que requiere un campo más elevado para separarse que el cian y el blanco. Alternativamente, la intensidad del campo eléctrico requerida para separar los agregados parece estar en el orden $P2-P3 > P2-P1$ para partículas de los tipos 1, 2 y 3.

Finalmente, la Figura 18 muestra las trazas de densidad óptica correspondientes a una mezcla de las partículas blanca, amarilla, magenta y cian (fluido (iv)). Ahora hay una modulación considerable solo de cian (650 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,9 OD) mientras que el magenta ha sido suprimido (550 nm, intervalo dinámico de aproximadamente 0,2 OD). El intervalo de densidad óptica reducida en magenta frente al que se muestra en la Figura 17 es consistente con el magenta y el amarillo que forman un agregado que requiere un campo más elevado para separarse que el cian y el amarillo. Se obtuvo el mismo resultado en los Ejemplos 9 y 10, es decir, la intensidad del campo eléctrico requerida para separar los agregados está en el orden $P3-P4 > P3-P2$ para las partículas de los tipos 2, 3 y 4, y combinando esto con el resultado tratado anteriormente con referencia a la Figura 17, podemos clasificar los campos eléctricos necesarios para separar los agregados como $P3-P4 > P3-P2 > P2-P1$.

Ejemplo 12: Comparación de composiciones electroforéticas

Parte A: Preparación de una dispersión de partículas blancas

El dióxido de titanio se trató con silano como se ha descrito en la Patente de los EE. UU. N° 7.002.728, y el pigmento blanco tratado con silano se polimerizó con poli(metacrilato de laurilo) para proporcionar el pigmento blanco revestido. El pigmento seco (1100 g) se combinó con Isopar G (733,33 g) para dar la dispersión blanca final.

Parte B: Preparación de fluidos electroforéticos

Fluido (i): La dispersión de pigmento blanco preparada en la Parte A anterior (4,95 g) se combinó con la dispersión magenta preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior (0,92 g), la dispersión cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,61 g de una dispersión al 24,8% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 1 anterior (0,90 g), Solsperse 17000 (0,09 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,05 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,48 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 330 pS/cm.

Fluido (ii): la dispersión de pigmento blanco preparada en la Parte A anterior (3,46 g) se combinó con la dispersión magenta preparada en el Ejemplo 5 anterior (0,69 g), la dispersión cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,43 g de una dispersión al 24,9% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 2 anterior (0,63 g), Solsperse 17000 (0,07 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (1,38 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,34 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 200 pS/cm.

Fluido (iii): La dispersión de pigmento blanco preparada en la Parte A anterior (4,93 g) se combinó con la dispersión magenta preparada en el Ejemplo 5 anterior (0,85 g), la dispersión cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,69 g de una dispersión al 23,6% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior (0,90 g), Solsperse 17000 (0,09 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,05 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,48 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 75 pS/cm.

Fluido (iv): La dispersión de pigmento blanco preparada en el Ejemplo 3, Parte C anterior (4,95 g) se combinó con la dispersión magenta preparada en la Parte B del mismo Ejemplo (0,76 g), la dispersión cian preparada como se ha descrito en los Ejemplos 1 y 2 anteriores (0,66 g de una dispersión al 22,4% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada en el Ejemplo 4 anterior (0,77 g), Solsperse 19000 (0,38 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (0,09 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (1,92 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,48 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 134 pS/cm.

5 Fluido (v): Una dispersión de pigmento blanco preparada como se ha descrito en la Patente de los EE. UU. N^o. 7.002.728 (4,92 g de una dispersión al 59,8% de peso/peso) se combinó con la dispersión magenta preparada en el Ejemplo 5 anterior (0,77 g), la dispersión de cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,61 g de una dispersión al 24,8% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior (0,90 g), Solsperse 17000 (0,09 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (2,23 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,48 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 54 pS/cm.

10 Fluido (vi): La dispersión de pigmento blanco preparada en la Parte A anterior (4,95 g) se combinó con la dispersión magenta preparada como se ha descrito en el Ejemplo 6 anterior (1,43 g de una dispersión al 24,6% de peso/peso), la dispersión de cian preparada como se ha descrito en el Ejemplo 7 anterior (0,60 g de una dispersión al 24,9% de peso/peso), la dispersión de pigmento amarillo preparada como se ha descrito en el Ejemplo 3 anterior (0,90 g), Solsperse 19000 (0,15 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Solsperse 17000 (0,08 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), Isopar G (1,42 g) y poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 (0,47 g de una solución al 15% de peso/peso en Isopar G). La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de 100 pS/cm.

Parte C: Ensayos electro-ópticos

20 Se preparó una celda de ensayo de placa paralela que consta de dos placas de vidrio horizontales de 50 x 55 mm, cada una revestida con un revestimiento transparente y conductor de óxido de indio y estaño (ITO) entre las cuales se introdujo el medio electroforético a analizar. Se incorporaron perlas espaciadoras de sílice con un diámetro nominal de 20 μm para mantener un espacio constante entre las placas de vidrio. El fluido electroforético preparado como se describió anteriormente (95 μL) se dispensó sobre la cara revestida con ITO de la placa de vidrio inferior y luego la placa de vidrio superior se colocó sobre el fluido para que el revestimiento con ITO estuviera en contacto con el fluido. Luego se hicieron conexiones eléctricas a los lados revestidos con ITO de las placas de vidrio superior e inferior.

25 La celda se accionó usando una forma de onda resumida en la Tabla 6. La forma de onda básica se divide en seis secciones, cada una de 20,5 segundos de duración. Durante cada sección, una tensión de CA de onda cuadrada con una frecuencia de 30 Hz se desplaza con una tensión de CC como se muestra en la tabla (no se muestra cada desplazamiento, pero la secuencia debe ser obvia a partir de las entradas de la tabla). El ciclo de trabajo de la onda cuadrada de CA (es decir, la proporción del tiempo de un ciclo de tensiones positivas y negativas durante el cual se aplica la tensión positiva) varía como se muestra en la tabla. El ensayo completo consta de tres repeticiones de la forma de onda básica, cada una con una secuencia de desplazamiento de tensión diferente, que se muestra como "Desplazamiento de V alta", "Desplazamiento de V media" y "Desplazamiento de V baja". Así, por ejemplo, el "desplazamiento de V alta" inicial es -15V. La magnitud de la onda cuadrada de CA es +/- 30V para la secuencia de "Desplazamiento de V alta", +/- 20V para la secuencia de "Desplazamiento de V media" y "+/- 10V para la secuencia de "Desplazamiento de V baja".

Tabla 6

Sección	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Alta (+/- V)	Desplazamiento de V Alta (V)	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Media (+/- V)	Desplazamiento de V Media (V)	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Baja (+/- V)	Desplazamiento de V Baja (V)	Frecuencia de onda cuadrada de CA (Hz)	Ciclo de trabajo de onda cuadrada de CA (%)	Duración (ms)
1	30	-15	20	-10	10	-5	30	30	500
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	30	500
	30	...	20	...	10	...	30	30	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	30	500
	30	15	20	10	10	5	30	30	500
2	30	-15	20	-10	10	-5	30	50	500
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	50	500
	30	...	20	...	10	...	30	50	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	50	500
	30	15	20	10	10	5	30	50	500
3	30	-15	20	-10	10	-5	30	70	500

Sección	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Alta (+/- V)	Desplazamiento de V Alta (V)	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Media (+/- V)	Desplazamiento de V Media (V)	Magnitud de onda cuadrada de CA de V Baja (+/- V)	Desplazamiento de V Baja (V)	Frecuencia de onda cuadrada de CA (Hz)	Ciclo de trabajo de onda cuadrada de CA (%)	Duración (ms)
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	70	500
	30	...	20	...	10	...	30	70	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	70	500
	30	15	20	10	10	5	30	70	500
4	30	15	20	10	10	5	30	30	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	30	500
	30	...	20	...	10	...	30	30	500
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	30	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	30	500
5	30	15	20	10	10	5	30	50	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	50	500
	30	...	20	...	10	...	30	50	500
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	50	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	50	500
6	30	15	20	10	10	5	30	70	500
	30	14,25	20	9,5	10	4,75	30	70	500
	30	...	20	...	10	...	30	70	500
	30	-14,25	20	-9,5	10	-4,75	30	70	500
	30	15	20	-10	10	-5	30	70	500

Los espectros de reflexión se adquirieron a medida que la celda se accionaba eléctricamente. Estos se usaron para calcular los valores L^* , a^* y b^* de la CIE para la luz reflejada desde la celda a medida que se aplicaba la forma de onda. Para cada muestra espectral, se calculó una distancia en espacio $L^*a^*b^*$ del color de la celda de cada una de las ocho primarias SNAP en unidades de ΔE^* . Para cada fluido electroforético probado, se registraron las distancias mínimas de los colores visualizados desde las primarias SNAP; cuanto más baja es esta distancia, más cercano es el rendimiento del fluido electroforético al objetivo SNAP.

5

Los resultados de esta evaluación para los seis fluidos probados se muestran en la Tabla 7. Como se muestra en la Tabla 2 anterior, las partículas Y1, Y2, Y3 y M1 tienen una envoltura de polímero mínima o nula, mientras que las partículas W1, W2, M2 y C1 tienen una envoltura de polímero sustancial. La partícula W1 tiene un potencial zeta más bajo que la partícula W2.

10

Tabla 7

Fluido	Partículas constituyentes	Aproximación más cercana a objetivo SNAP (unidades ΔE^*)								
		R	G	B	Y	C	M	W	K	Promedio
i	Y1,M1,C1,W1	11	9	1	6	18	15	5	0	8
ii	Y2,M1,C1,W1	11	8	7	8	15	8	7	0	8
iii	Y3,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
iv	Y4,M1,C1,W1	19	28	5	9	29	13	13	0	15
iii (repetido)	Y1,M1,C1,W1	5	8	8	7	13	17	10	0	9
v	Y1,M1,C1,W2	9	15	11	2	16	22	7	3	11
vi	Y1,M2,C1,W1	19	20	0	5	16	36	16	3	14

En la Tabla 7, se obtiene un mejor resultado cuando la aproximación más cercana al objetivo SNAP es un número menor (es decir, la distancia al objetivo es más corta, idealmente sería cero). Se puede ver que las mejores formulaciones son aquellas en las que las partículas de los tipos 3 y 4 (amarillo y magenta) tienen cada una de ellas una envoltura de

5 polímero mínima. En el Fluido iv, las partículas amarillas tienen una envoltura de polímero sustancial, mientras que en el Fluido vi las partículas magenta tienen una envoltura de polímero sustancial. En cada uno de estos fluidos, la distancia promedio de aproximación más cercana al objetivo es mayor (~14,5) que en los fluidos de la invención, tales como los fluidos i, ii y iii (~8). El Fluido v también funciona peor que el control: en este fluido, el pigmento blanco (partícula tipo 1) tiene un potencial zeta mayor que en los fluidos i, ii y iii, y por lo tanto cabría esperar que interactúe más fuertemente con el pigmento cian (partículas tipo 2), lo que no se prefiere en la invención.

Ejemplo 13: Cambio de un dispositivo electroforético utilizando un primer esquema de accionamiento como se ha descrito anteriormente.

Parte A: Preparación de un dispositivo de visualización.

10 Se llenó una agrupación de microceldas en relieve sobre una película de poli(tereftalato de etileno) con un revestimiento de un conductor transparente (óxido de indio y estaño, ITO) con el fluido electroforético (iii) preparado como se ha descrito en el Ejemplo 10 anterior. Las microceldas tenían forma hexagonal, con una profundidad de 20 micrómetros y un ancho de 130 micrómetros medido de borde a borde. El exceso de líquido electroforético se eliminó de las microceldas con una cuchilla rascadora, y se sellaron con un revestimiento polimérico compuesto como se ha descrito en la Solicitud de los EE.UU. con número de serie 62/065.575, presentada el 17 de octubre de 2014. Este conjunto se estratificó a una placa posterior de vidrio con electrodos ITO usando un adhesivo térmico dopado sustancialmente como se ha descrito en la Patente de los EE. UU. N° 7.012.735 de 3 µm de grosor para producir un dispositivo de visualización.

Parte B: Accionamiento eléctrico del dispositivo de visualización a ocho colores primarios

20 El dispositivo producido como se ha descrito en la Parte A fue accionado utilizando una forma de onda como se muestra en la Tabla 8. Había dos sub-fases de la sección de reinicio: accionamiento 1) con una frecuencia baja a una tensión alta de direccionamiento y 2) con una frecuencia relativamente alta con las mismas tensiones. Después de esta fase estaba la fase de "escritura de color", que seguía esencialmente las mismas líneas que las descritas anteriormente con referencia a las Figuras 5-7. Esta fase de la forma de onda utilizaba una forma de onda cuadrada que alternaba entre las tensiones V1 y V2 a la frecuencia mostrada, con un ciclo de trabajo (definido como la proporción del tiempo de un ciclo en el que el dispositivo de visualización se activaba con la tensión V1) como se indica. La columna encabezada "Fin" tiene la entrada "V1" cuando el ciclo final de la onda cuadrada de CA terminó después de escribir con la tensión "V1" (es decir, omitiendo la parte en la que el dispositivo de visualización se habría direccionado a la tensión "V2"). En los casos en que no hay entrada en la columna encabezada "Fin", el ciclo final de la onda cuadrada de CA fue el mismo que el de los otros ciclos.

30 Tabla 8

		V1 (V)	V2 (V)	Ciclo de trabajo (%)	Frecuencia (Hz)	Duración (s)	Final
K	Reinicio 1	-30	30	50	1	2	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	2	
	Escritura	15	0	50	10	2	
	Cero	0	0			2	
B	Reinicio 1	-30	30	50	1	2	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	2	
	Escritura	30	-15	28,5	5	3,86	V1
	Cero	0	0			2	
R	Reinicio 1	-30	30	50	1	2	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	2	
	Escritura	15	-15	71,4	1	4	
	Cero	0	0			2	
M	Reinicio 1	-30	30	50	1	2	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	2	
	Escritura	30	-15	33	5	4	
	Cero	0	0			2	
G	Reinicio 1	-30	30	50	1	2	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	2	
	Escritura	-30	15	33	2	4	

		V1 (V)	V2 (V)	Ciclo de trabajo (%)	Frecuencia (Hz)	Duración (s)	Final
	Cero	0	0			2	
C	Reinicio 1	-30	30	50	1	1	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	1	
	Escritura	-15	15	62,5	1	5	
	Cero	0	0			2	
Y	Reinicio 1	-30	30	50	1	1	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	1	
	Escritura	-30	15	33	2	3,67	V1
	Cero	0	0			2	
W	Reinicio 1	-30	30	50	1	1	
	Reinicio 2	-30	30	50	30	1	
	Escritura	-15	0	50	10	2	
	Cero	0	0			2	

La Tabla 9 muestra los colores que se obtuvieron después de que se accionó el dispositivo de visualización de ensayo como se describió anteriormente. Se puede ver que los ocho colores primarios se podían obtener; sin embargo, la calidad de la reproducción del color no fue tan alta como cuando se empleó el "segundo esquema de accionamiento" de la invención (véase la Tabla 4 anterior).

5

Tabla 9

Color	L*	a*	b*
K	17	2	-2
B	33	2	-11
R	28	18	9
M	42	25	11
G	51	-8	15
C	52	-8	-4
Y	62	2	35
W	70	-1	6
Volumen Gama (ΔE^3)	14836		

Ejemplo 14: Comparación de la polimerización por dispersión y tratamiento/polimerización de silano para la funcionalización de una partícula de tipo 2 (partícula cian)

Parte A: Preparación ejemplar de partículas cian que contienen poli(dimetilsiloxano) en envoltorio de polímero

10 A una botella de plástico de 500 ml se le añadieron 32,0 g de Hostaperm Blue B2G-EDS (Clariant Corporation 225226), 12,5 g de metacrilato de metilo, 25 g de poli(dimetilsiloxano) terminado en monometacrilato (Gelest MCR-M22, peso molecular 10.000) e Isopar E. La botella se agitó y el contenido se vertió en un reactor de 500 ml y se homogeneizó durante 30 minutos a 25 °C. El homogeneizador se retiró y el reactor se volvió a montar con un tubo de inmersión de nitrógeno, un impulsor de agitación superior y un condensador de aire. El agitador de aire superior se ajustó a 400 rpm y la mezcla de reacción se purgó con nitrógeno durante una hora a 65 °C, después de lo cual se retiró el tubo de inmersión y se ajustó el nivel de nitrógeno del rotómetro. En un vial pequeño, se disolvieron 0,189 g de 2,2'-azobis (2-metilpropionitrilo) (AIBN) en acetato de etilo y se añadieron a una jeringa. Luego se enjuagó el vial con acetato de etilo y se añadió a la misma jeringa. La solución de AIBN resultante se inyectó en el reactor en una sola adición y la mezcla de reacción se calentó durante 16-24 horas. La mezcla de reacción se dispensó luego en una botella de centrífuga de 1 litro y se centrifugó. El sobrenadante se decantó y el pigmento restante se lavó con Isopar E y se centrifugó nuevamente. Este procedimiento de lavado se repitió dos veces, y después se decantó el sobrenadante final, el pigmento restante se secó en un horno de vacío a temperatura ambiente durante la noche.

15

20

El pigmento seco se dispersó a una mezcla del 30 por ciento en peso con Isopar G usando sonicación y rodadura y la dispersión resultante se filtró a través de una malla de 200 µm y se midió el porcentaje de material sólido en la dispersión.

Parte B: Preparación ejemplar de partículas de cian revestidas con polímero utilizando un proceso de acoplamiento/polimerización de silano

5 A una botella de plástico de 500 ml se añadieron 45,0 g de Heliogen Blue D 7110 F (BASF Corporation), solución acuosa concentrada de amoníaco y agua. La mezcla se hizo rodar para dispersar el pigmento y luego se agitó usando perlas de vidrio. Por separado, se mezclaron 7,875 g de N-[3-(trimetoxisilil) propil]-N'-(4-vinilbencil)etilendiamina bis-clorhidrato (disponible en United Chemical Technologies), ácido acético glacial y agua, en un vial de vidrio y se mezclaron por rodadura (o rotación) durante 1 hora para formar una solución de silano hidrolizado. El desgaste del pigmento cian se detuvo y la solución de silano hidrolizada se añadió al triturador. El pH se ajustó a aproximadamente 9,4 con solución acuosa concentrada de hidróxido de amonio. Luego, el desgaste continuó durante 1 hora más, después de lo cual las cuentas de vidrio se retiraron por filtración y el pigmento hecho funcional con silano resultante se aisló del filtrado por centrifugación, se secó a 70 °C durante 16 horas, y luego se molió con un mortero y mazo a un polvo fino.

15 Se añadieron metacrilato de laurilo (1 g por gramo de pigmento seco de la etapa anterior) y tolueno al pigmento molido y la mezcla se sometió a múltiples ciclos de sonicación y rodadura hasta su total dispersión. La mezcla resultante se filtró a través de una malla de 200 µm en un matraz de fondo redondo equipado con un condensador y agitación magnética, después de lo cual el matraz se purgó con nitrógeno y la mezcla se calentó a 65 °C. Luego se añadió gota a gota una solución de AIBN (0,428 g) en acetato de etilo y la mezcla se calentó a 65 °C durante 17 horas, luego se enfrió y el pigmento se recogió por centrifugación. El pigmento en bruto se volvió a dispersar con sonicación en tolueno y nuevamente se recogió por centrifugación (4500 rpm, 30 min), luego se secó a 70 °C. El pigmento seco se dispersó a una mezcla de 30 por ciento en peso con Isopar G usando sonicación y rodadura, luego se filtró a través de una malla de 200 µm y se midió el porcentaje de material sólido en la dispersión.

25 La Tabla 10 muestra las propiedades de una serie de pigmentos preparados de acuerdo con los métodos generales descritos anteriormente. En algunos casos, se agregó un tensioactivo para ayudar en la dispersión de las partículas de pigmento del núcleo antes de la polimerización: esto se indica como la "ayuda de dispersión" en la Tabla (PVP es poli(vinilpirrolidona); Solsperse 8000 es un tensioactivo disponible en Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH; OLOA 371 es un surfactante disponible en Chevron Oronite, Bellaire, TX). También se añadió a ciertas polimerizaciones un agente de reticulación: trimetacrilato de trimetilolpropano (TMPTMA), como se muestra. Los pigmentos de núcleo Pigmento Azul 15:3 y Pigmento Azul 15:4 son materiales de ftalocianina de cobre (es decir, compuestos organometálicos). Los pigmentos de núcleo mostrados como EX1456 y BL0424 son materiales inorgánicos disponibles en The Shepherd Color Company, Cincinnati, OH. Los materiales inorgánicos que dispersan la luz sustancialmente tienen superficies que cabría esperar que tengan grupos funcionales (por ejemplo, átomos de oxígeno enlazados con un metal) que reaccionarían con los agentes de acoplamiento de silano utilizados en el método de preparación B anterior.

35 Tabla 10

Partícula	Pigmento de núcleo	Método para hacer Funcional	Ayuda de dispersión	Aditivo de polimerización	Potencial Zeta, Solsperse 17000 (mV), Isopar G	Fracción de polímero en peso medida por TGA, %
C2	Pigmento Azul 15:3	A		TMPTMA	30	22,9
C3	Pigmento Azul 15:3	A			33	21
C4	Pigmento Azul 15:3	A		TMPTMA	38	22,7
C5	Pigmento Azul 15:3	A		TMPTMA	38	24,9
C6	Pigmento Azul 15:3	A		TMPTMA	41	26,9
C7	Pigmento Azul 15:3	A			53	36,4
C8	Pigmento Azul 15:3	A	Solsperse 8000		5,1	25,6
C9	Pigmento Azul 15:3	A	OLOA 371		10,1	27,2
C10	Pigmento Azul 15:4	B			49	21,8
C11	Pigmento Azul 15:4	B	PVP		57	23,1
C12	Pigmento Azul 15:4	B			61	20,4
C13	Pigmento Azul 15:4	B			65	29
C14	EX1456 (inorgánico)	B			149	2,4
C15	BL0424 (inorgánico)	B			161	4,3

Parte C: Preparación de fluido electroforético

Los fluidos electroforéticos se prepararon con partículas cian C2 – C15. Los pigmentos cian se añadieron a composiciones de fluido electroforético en cantidades que estaban en proporción inversa a sus coeficientes de extinción. A continuación, se da una preparación ejemplar.

- 5 La dispersión de pigmento amarillo preparada en el Ejemplo 1 (0,64 g) se combinó con la dispersión magenta preparada en el Ejemplo 5 (0,85 g), la dispersión blanca preparada en el Ejemplo 10, Parte A anterior (4,93 g) y la dispersión cian (0,47 g de una dispersión al 31,7% de peso/peso para un pigmento de coeficiente de extinción 2,24 m²/g medida a 650 nm), Solsperse 17000 (0,06 g de una solución al 20% de peso/peso en Isopar G), poli(isobutileno) de peso molecular 850.000 e Isopar G. adicional La mezcla resultante se mezcló completamente durante la noche y se sonicó durante 90 minutos para producir un fluido electroforético (es decir, una composición electroforética que comprende un pigmento en una fase móvil) que tiene una conductividad de aproximadamente 30 pS/cm.

Parte D: Ensayo electro-óptico

- 15 Los fluidos electroforéticos preparados en la Parte C anterior se ensayaron como se describió anteriormente en el Ejemplo 12, Parte C. Las Figuras 19-21 muestran la distancia promedio del estándar SNAP de los ocho colores primarios para 14 medios electroforéticos diferentes, cada uno de los cuales contenía una partícula cian diferente pero las mismas partículas blanca, magenta y amarilla en la misma proporción de masa, junto con un agente de control de carga (una mezcla de Solsperse 19000 y Solsperse 17000 en una proporción de 4:1) y un estabilizador polimérico (poli(isobutileno)) en Isopar G. Como se señaló anteriormente, las partículas cian se cargaron en proporción inversa a sus coeficientes de extinción. Se utilizaron tres tipos diferentes de partículas de cian: a) materiales hechos funcionales por polimerización en dispersión usando metacrilato de metilo y monómeros de poli(dimetilsiloxano) terminados en monometacrilato como se ha descrito en la Parte A anterior (partículas C2-C9, mostradas por círculos abiertos en las Figuras 19-21); b) materiales organometálicos hechos funcionales como se ha descrito en la Parte B anterior mediante tratamiento con silano seguido de polimerización con metacrilato de laurilo (partículas C10-C13, mostradas por cuadrados abiertos en las Figuras 19-21); y c) materiales inorgánicos hechos funcionales como se ha descrito en la Parte B anterior mediante tratamiento con silano seguido de polimerización con metacrilato de laurilo (partículas C14-C15, mostradas por cuadrados rellenos en las Figuras 19-21).

- 20 Las abscisas de los gráficos en las Figuras 19-21 son la diferencia en el potencial zeta entre el pigmento cian y el pigmento magenta medido con Solsperse 17000 como agente de control de carga (el pigmento magenta en todos los casos fue una partícula M1 preparada como se ha descrito en el Ejemplo 5 anterior). Estos potenciales zeta se midieron en Isopar E o Isopar G. Hay que tener en cuenta que en los gráficos de las Figuras 19-21, los valores más pequeños de la distancia desde SNAP corresponden a un mejor rendimiento de color.

- 25 Se puede ver en la Figura 19 que cuando el pigmento cian de núcleo organometálico es revestido por polimerización por dispersión (método A, círculos abiertos), el rendimiento de color cian generalmente es mejor que cuando el pigmento cian es revestido con tratamiento de silano/poli(metacrilato de laurilo) (método B, cuadrados abiertos). Una racionalización de este resultado es que el proceso de polimerización por dispersión proporciona una barrera estérica más efectiva para el pigmento cian de núcleo organometálico (una partícula de tipo 2) que el proceso de tratamiento con silano. Es de destacar que las dos partículas de cian preparadas usando el método A con un dispersante (C8 y C9) exhiben potenciales zeta más bajos y dan un rendimiento más pobre que las partículas preparadas sin el uso de un dispersante. Las partículas cian inorgánicas (cuadrados rellenos) tienen un potencial zeta mucho mayor y dan buenos resultados de color, posiblemente porque el tratamiento con silano, como se señaló anteriormente, es más eficiente cuando se aplica a una superficie inorgánica que a una orgánica. Sin embargo, el pigmento de núcleo inorgánico dispersa la luz sustancialmente, y el estado negro obtenido a partir de estas formulaciones (L * 34 y 36, respectivamente, para C14 y C15) fue mucho más pobre que el estado negro obtenido a partir de los mejores pigmentos organometálicos (por ejemplo, L * 28 y 27, respectivamente, para C3 y C4).

- 30 La Figura 20 muestra la misma tendencia para el color magenta. De acuerdo con la hipótesis avanzada anteriormente, el color magenta se forma cuando el pigmento magenta se mueve más lentamente a través del pigmento blanco (debido a la hetero-agregación, en este caso entre las partículas de los tipos 1 y 4) que el pigmento cian (que, siendo una partícula de tipo 2, tiene solo una hetero-agregación débil con partículas de tipo 1). Parece que el tratamiento con silano no proporciona una envolvente de polímero estérico tan efectiva como el proceso de polimerización por dispersión para el pigmento cian de núcleo organometálico, de modo que la discriminación entre los pigmentos magenta y cian es menos evidente.

La Figura 21 muestra que el tratamiento con polímeros del pigmento cian casi no produce ninguna diferencia en la reproducción del color amarillo. Esto no es inesperado, ya que es la fuerza de la interacción entre los pigmentos magenta y amarillo la que se piensa que media en la formación del color amarillo, como se discutió anteriormente.

55

REIVINDICACIONES

1. Un método para accionar un dispositivo de visualización electroforético, comprendiendo el dispositivo de visualización una capa de un medio electroforético dispuesta entre el primer y segundo electrodos, formando el primer electrodo la superficie de visión del dispositivo de visualización,

5 el medio electroforético comprende un fluido y una primera, segunda, tercera y cuarta partículas (1-4) dispersadas en el fluido, en el que:

(a) la pluralidad de primeras (1) y la pluralidad de segundas partículas (2) tienen cargas de polaridad opuesta, siendo la primera partícula (1) una partícula blanca de dispersión de luz y teniendo la segunda partícula (2) uno de los colores primarios sustractivos; y

10 (b) la pluralidad de terceras (3) y la pluralidad de cuartas partículas (4) tienen cargas de polaridad opuesta, teniendo cada una de las terceras (3) y cuartas partículas (4) un color primario sustractivo diferente entre sí y de las segundas partículas (2),

el medio está caracterizado por que el campo eléctrico requerido para separar un agregado formado por las terceras (3) y las cuartas partículas (4) es mayor que el requerido para separar un agregado formado de cualesquiera otros dos tipos de partículas, y estando caracterizado el método de la invención por que el dispositivo de visualización tiene medios de control de tensión capaces de aplicar tensiones diferentes de $+V_H$, $+V_L$, 0, $-V_L$ y $-V_H$ entre el primer y segundo electrodos respectivamente, donde:

$$+V_H > +V_L > 0 > -V_L > -V_H$$

comprendiendo el método, en cualquier orden:

20 (a) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las cuartas partículas, y el color de una mezcla de las cuartas y segundas partículas aplicando entre los electrodos una serie de primeros impulsos alternativos con una serie de segundo impulsos, teniendo los primeros impulsos una tensión de $\pm V_H$ y una polaridad que acciona las cuartas partículas hacia el primer electrodo, y teniendo los segundos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y siendo de polaridad opuesta a, pero de mayor duración que, los primeros impulsos; y

25 (b) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las terceras partículas y el color de una mezcla de las terceras y segundas partículas aplicando entre los electrodos una serie de terceros impulsos que alternan con una serie de cuartos impulsos, teniendo los terceros impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los primeros impulsos, y teniendo los cuartos impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los segundos impulsos, teniendo los cuartos impulsos mayor duración que, los terceros impulsos.

30 2. Un método según la reivindicación 1 que comprende, además:

(c) visualizar en la superficie de visión un color sustancialmente negro aplicando entre los electrodos una serie de quintos impulsos que alternan con períodos de tensión cero, teniendo los quintos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y una polaridad que acciona las primeras partículas hacia el segundo electrodo; y

35 (d) visualizar en la superficie de visión el color blanco de las primeras partículas aplicando entre los electrodos una serie de sextos impulsos que alternan con períodos de tensión cero, teniendo los sextos impulsos la misma tensión, pero polaridad opuesta a los quintos impulsos.

3. Un método según la reivindicación 1 o 2 que comprende, además:

40 (e) visualizar en la superficie de visión alternativamente el color de las segundas partículas o el color de una mezcla de las terceras y cuartas partículas aplicando entre los electrodos una serie de séptimos impulsos que alternan con una serie de octavos impulsos, teniendo los séptimos impulsos una tensión de $\pm V_L$ y una polaridad que acciona las segundas partículas hacia el segundo electrodo, y teniendo los octavos impulsos la misma tensión pero polaridad opuesta a los séptimos impulsos, teniendo los octavos impulsos mayor longitud que los séptimos impulsos.

45 4. Un método según la reivindicación 1 en el que la primera, segunda, tercera y cuarta partículas (1-4) son respectivamente de color blanco, cian, amarillo y magenta, estando las partículas blanca y amarilla cargadas negativamente y las partículas magenta y cian cargadas positivamente.

5. Un método según la reivindicación 1, en el que el fluido ha sido disuelto o dispersado en el mismo un polímero que tiene un peso molecular medio en número superior a aproximadamente 20.000 y que es esencialmente no absorbente en las partículas.

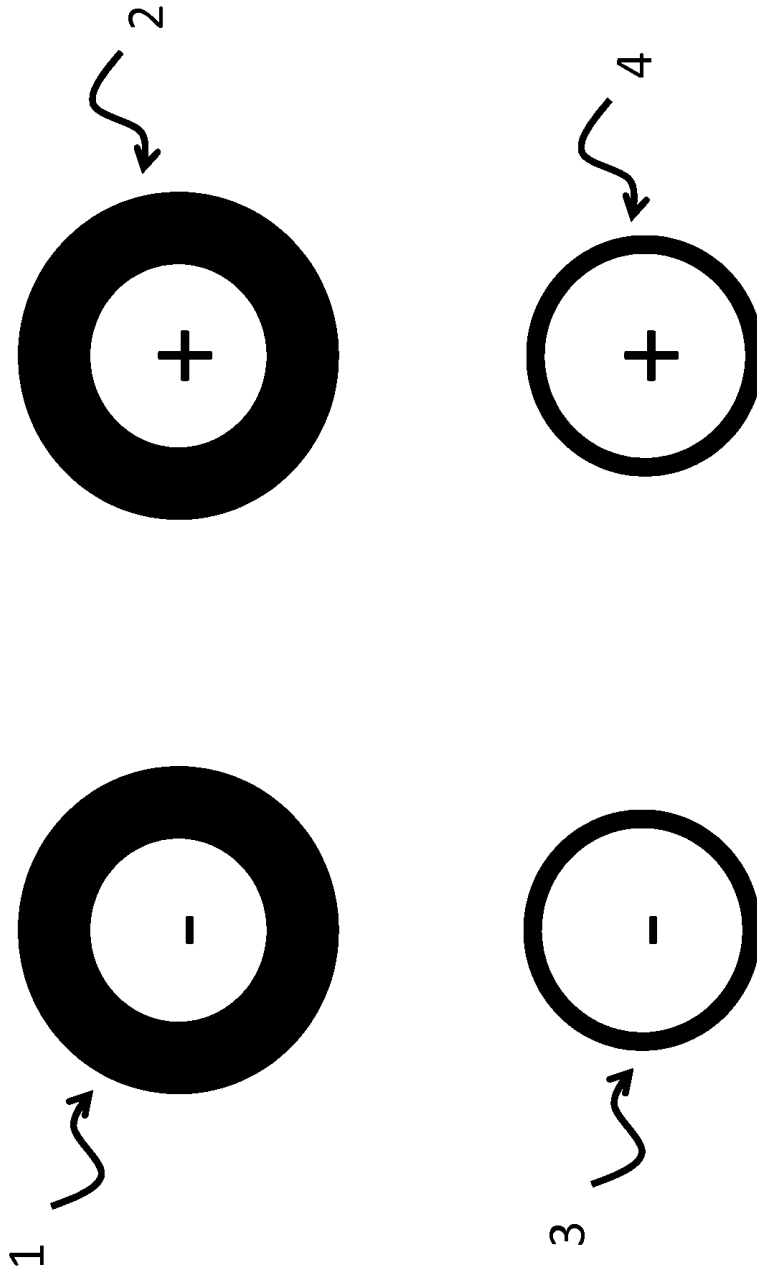


Fig. 2

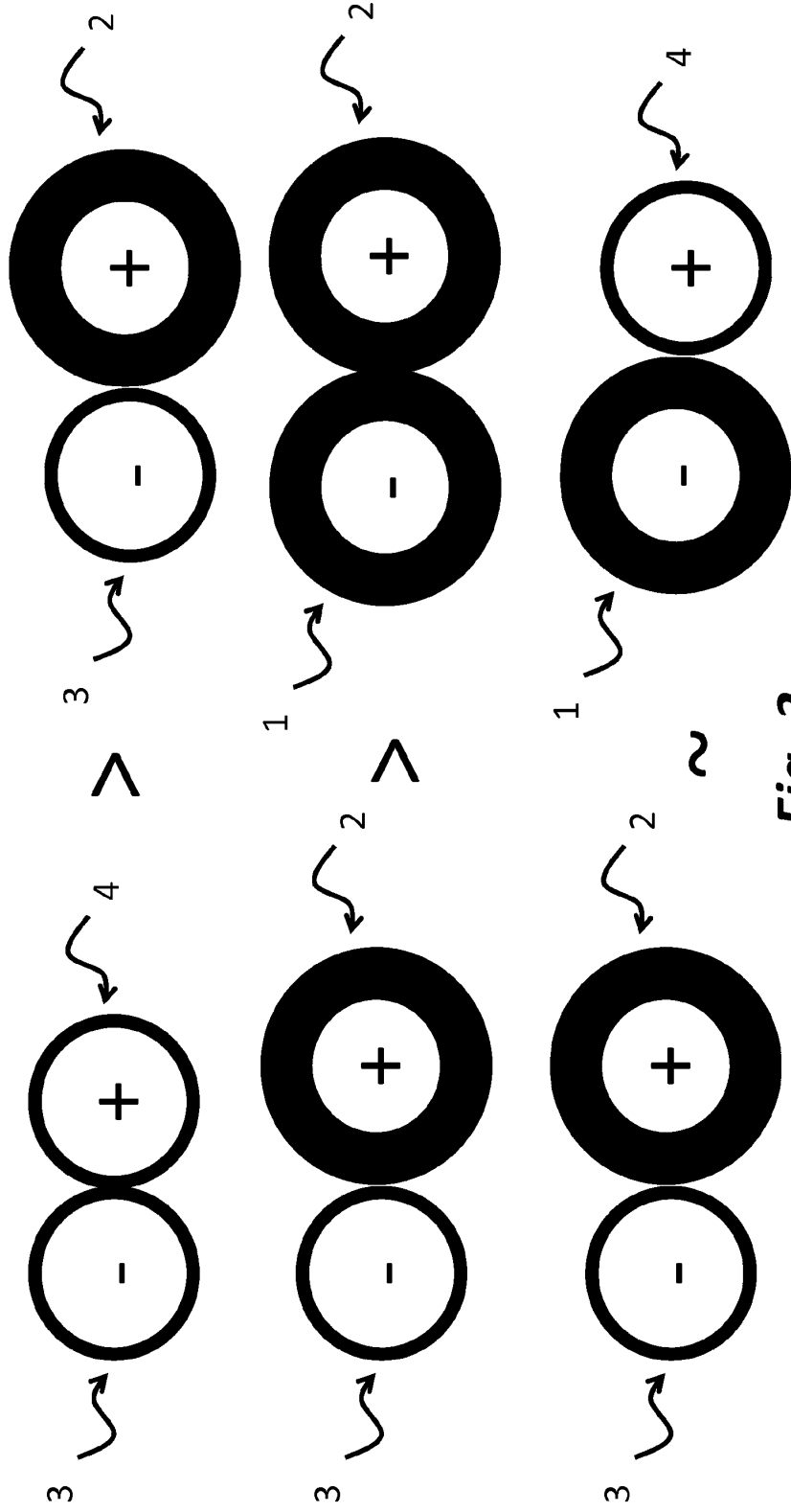


Fig. 3

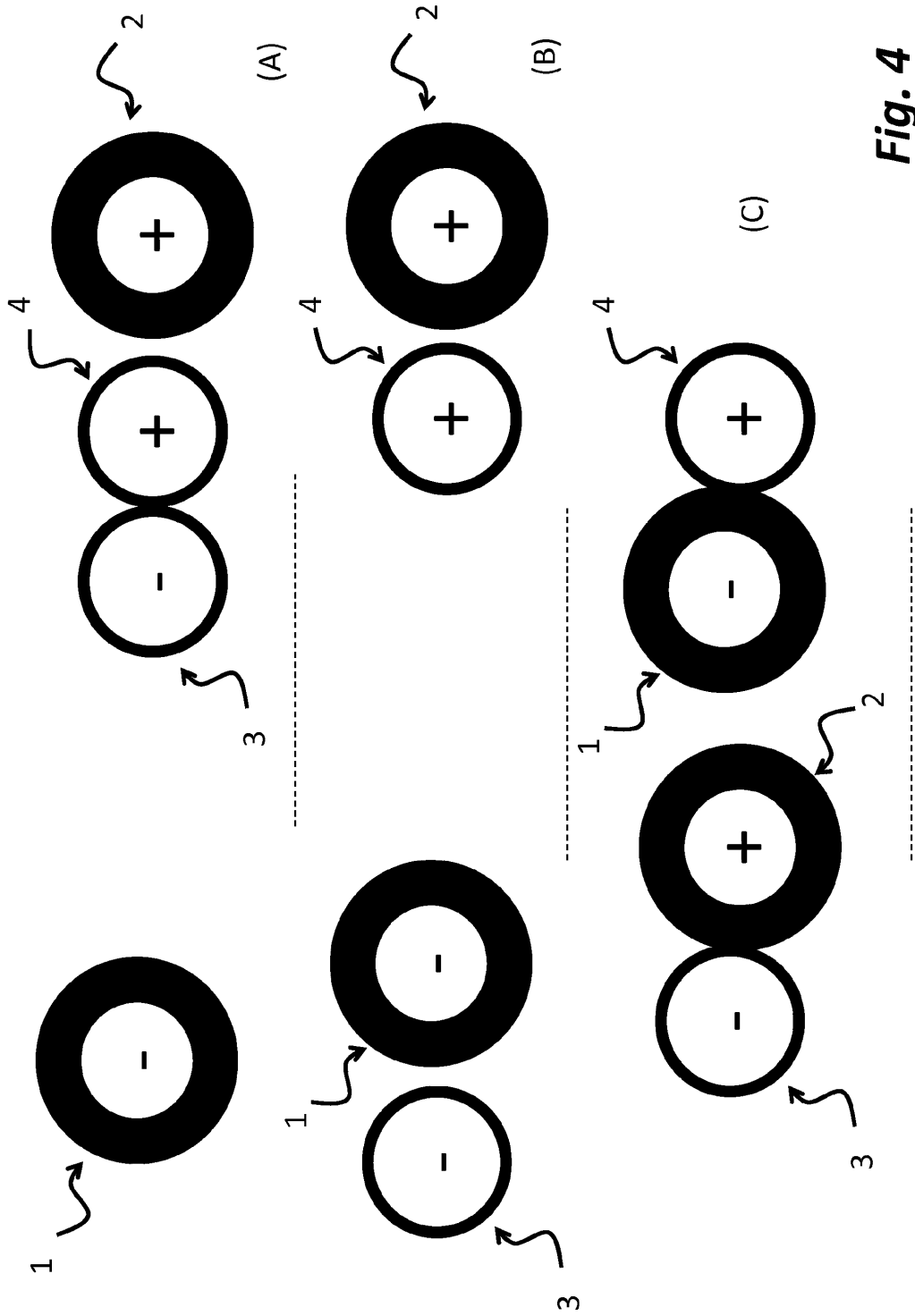


Fig. 4

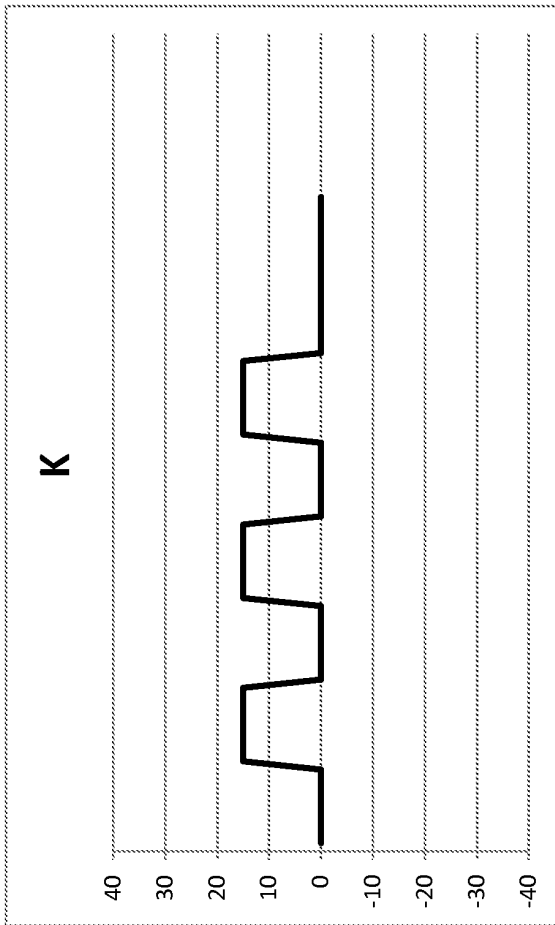


Fig. 5A

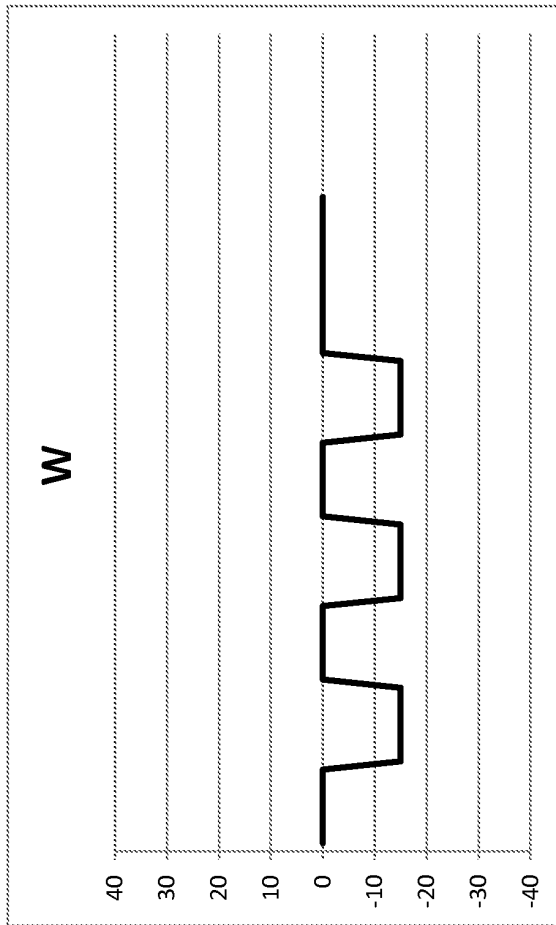


Fig. 5B

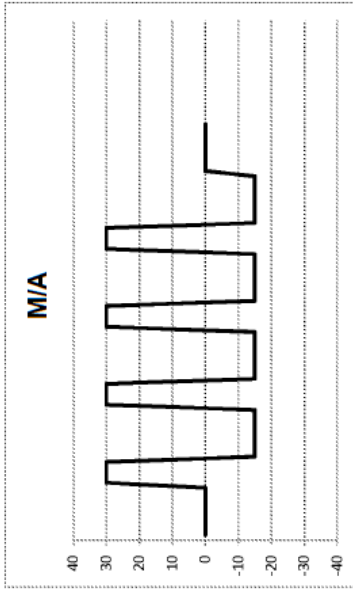


Fig. 6A

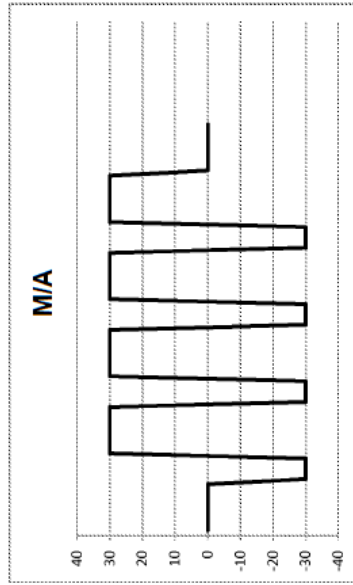


Fig. 6B

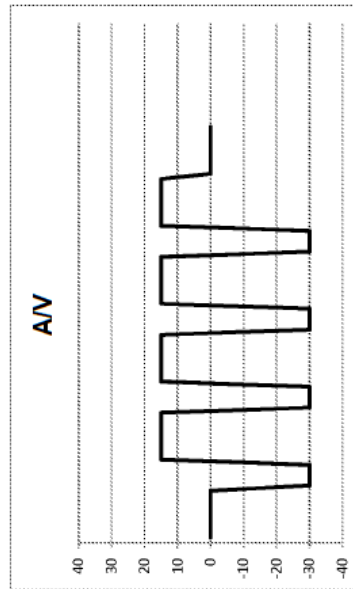


Fig. 6C

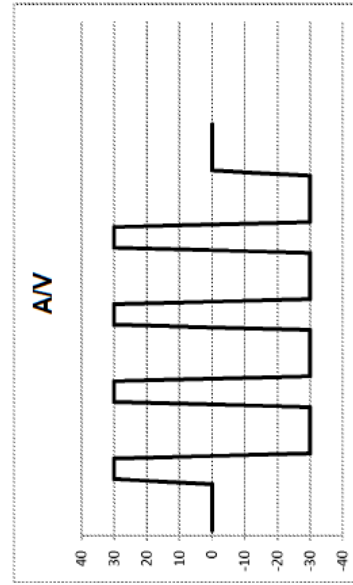


Fig. 6D

Fig. 7A

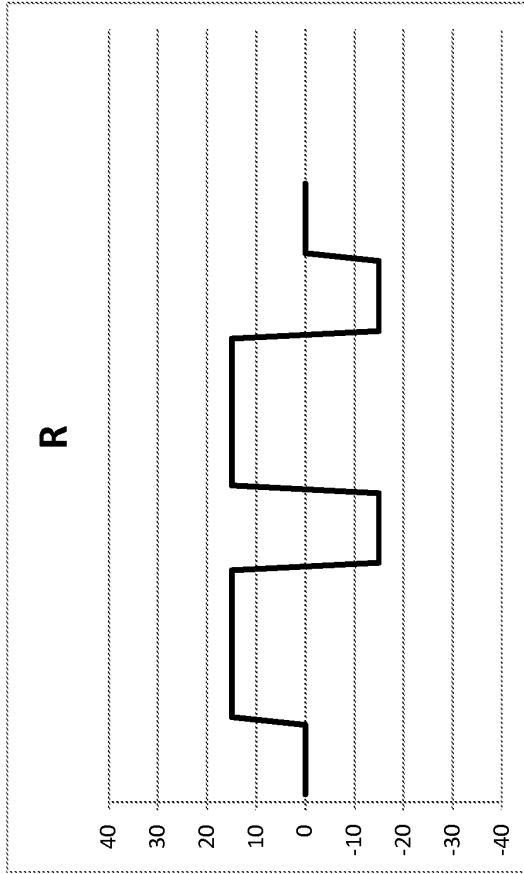
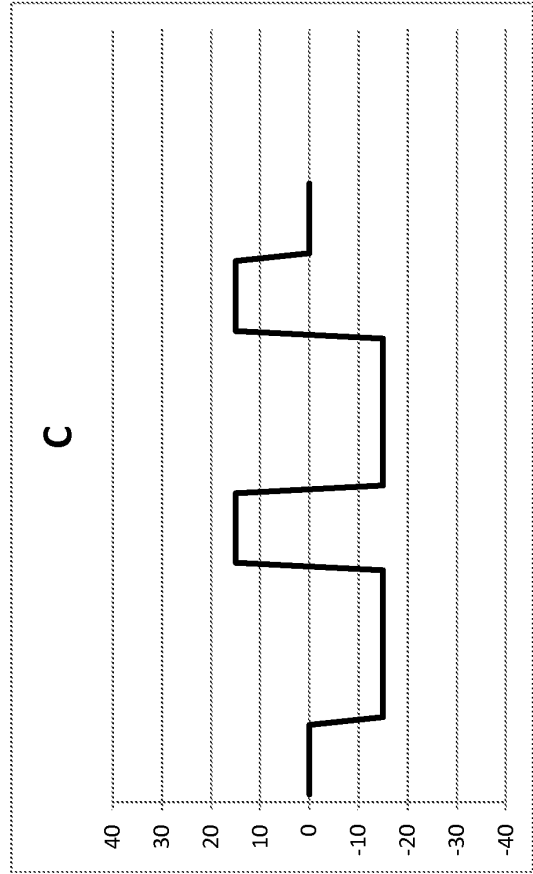


Fig. 7B



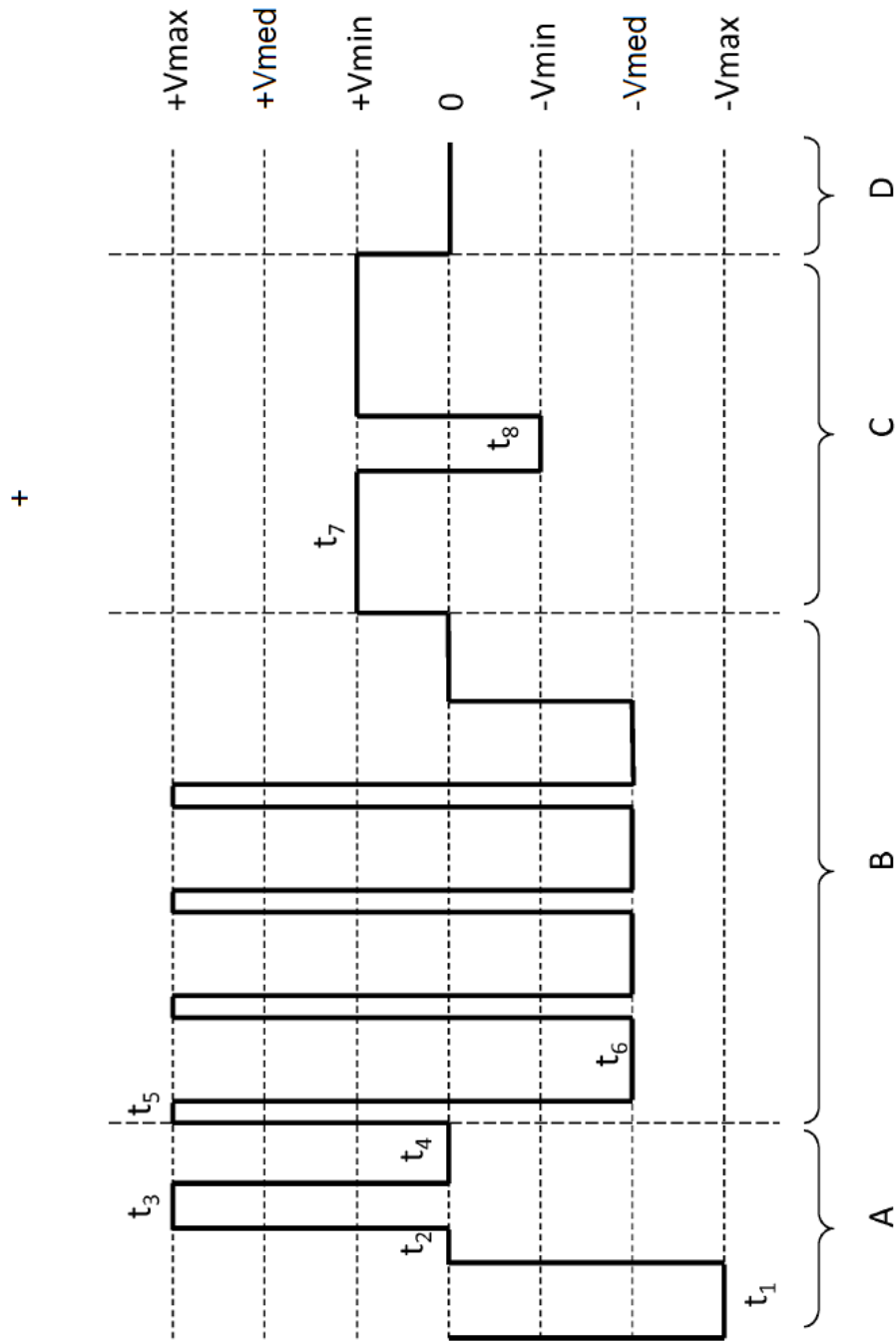


Fig. 8

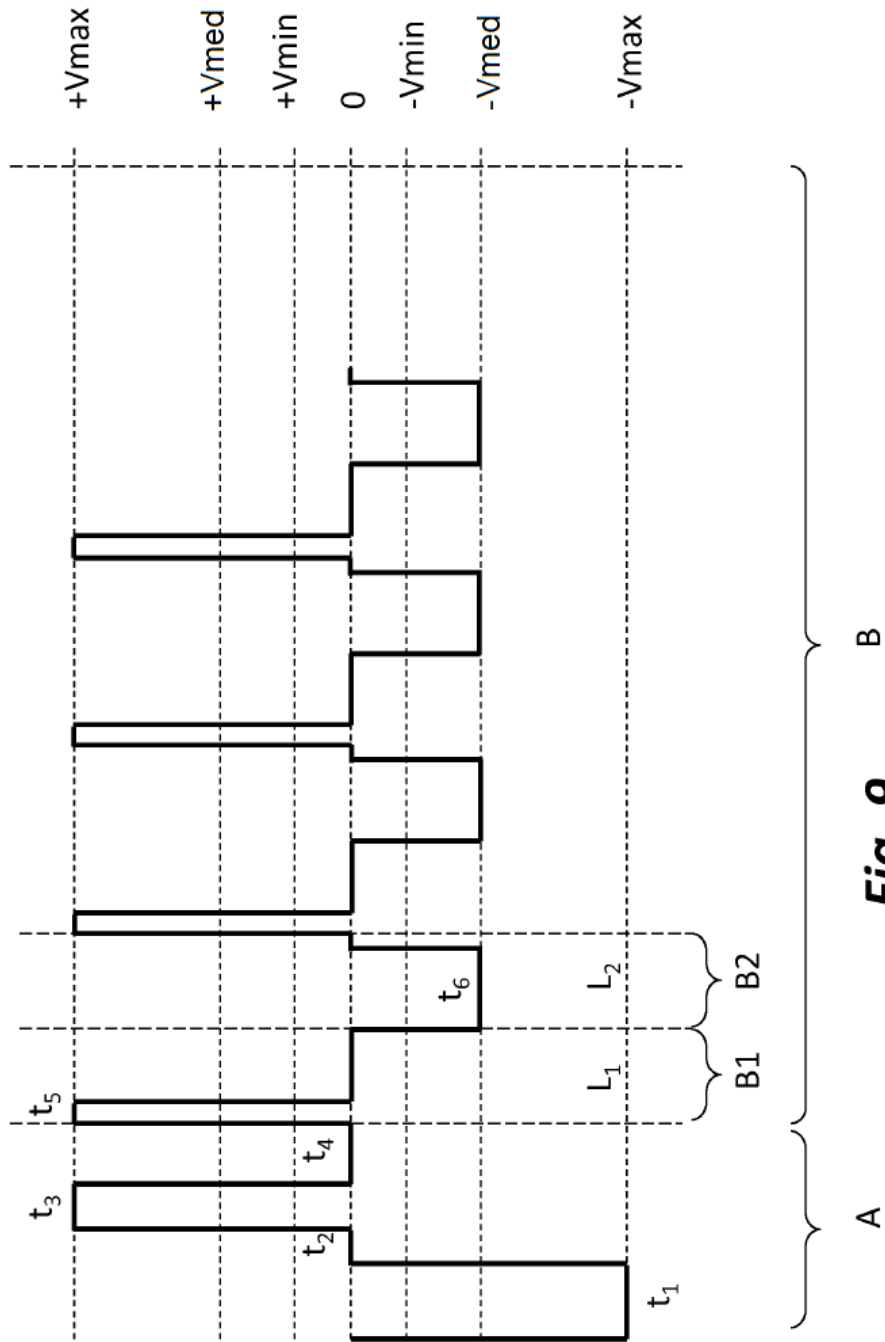


Fig. 9

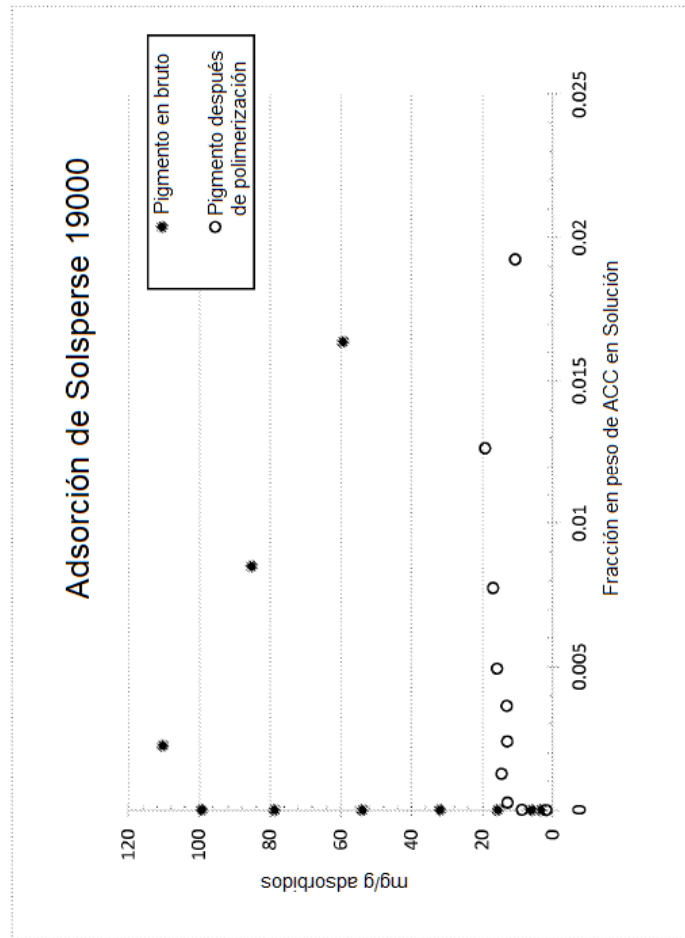


Fig. 10

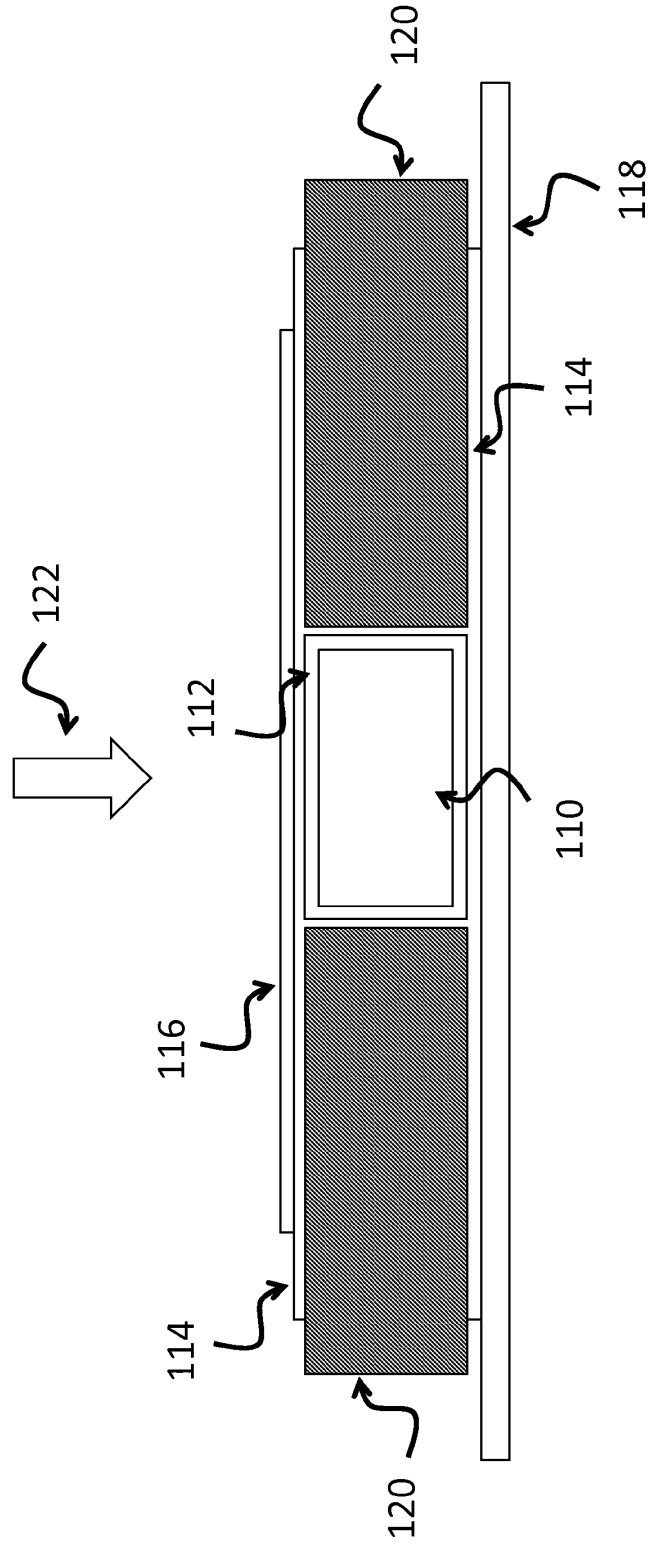


Fig. 11

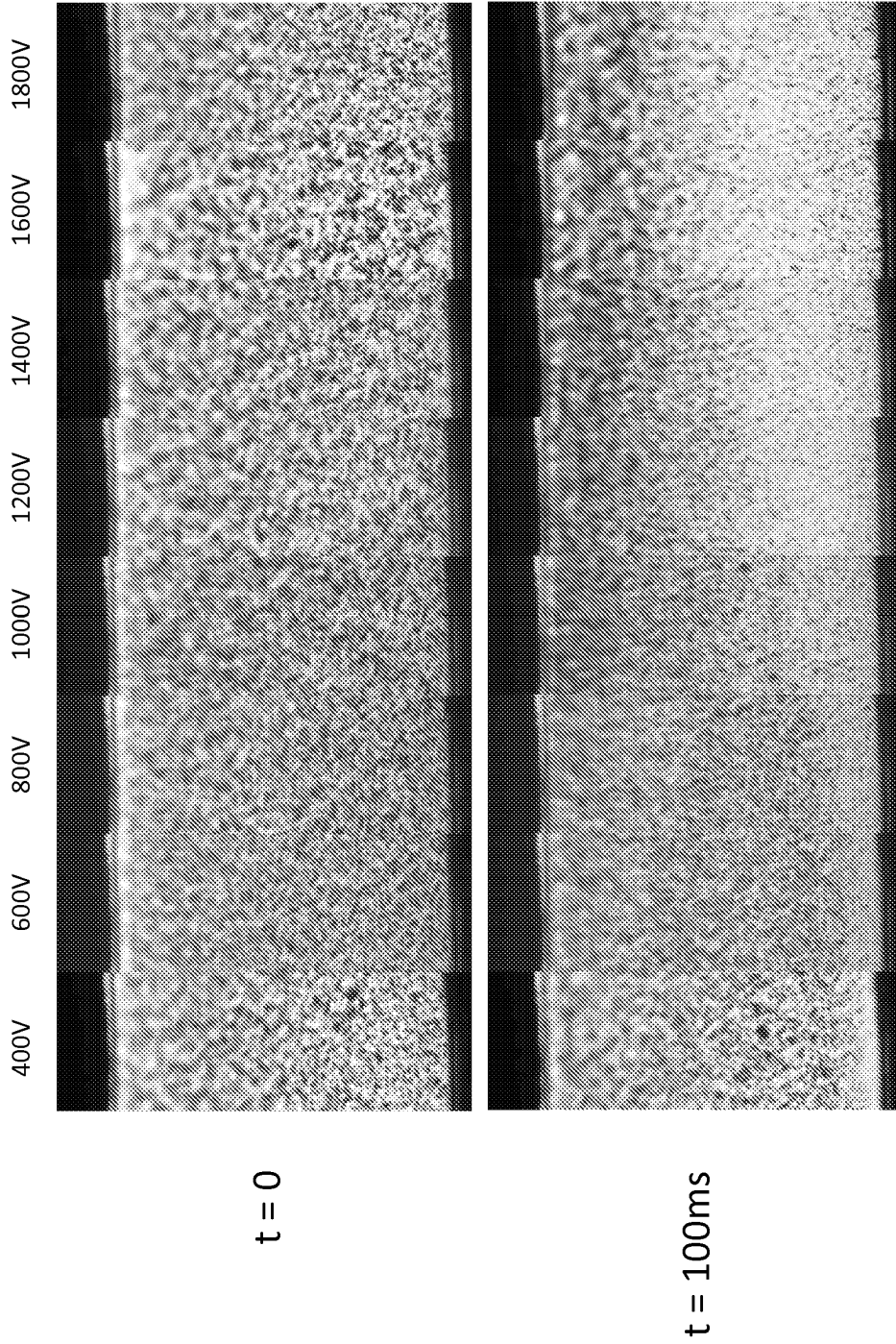


Fig. 12

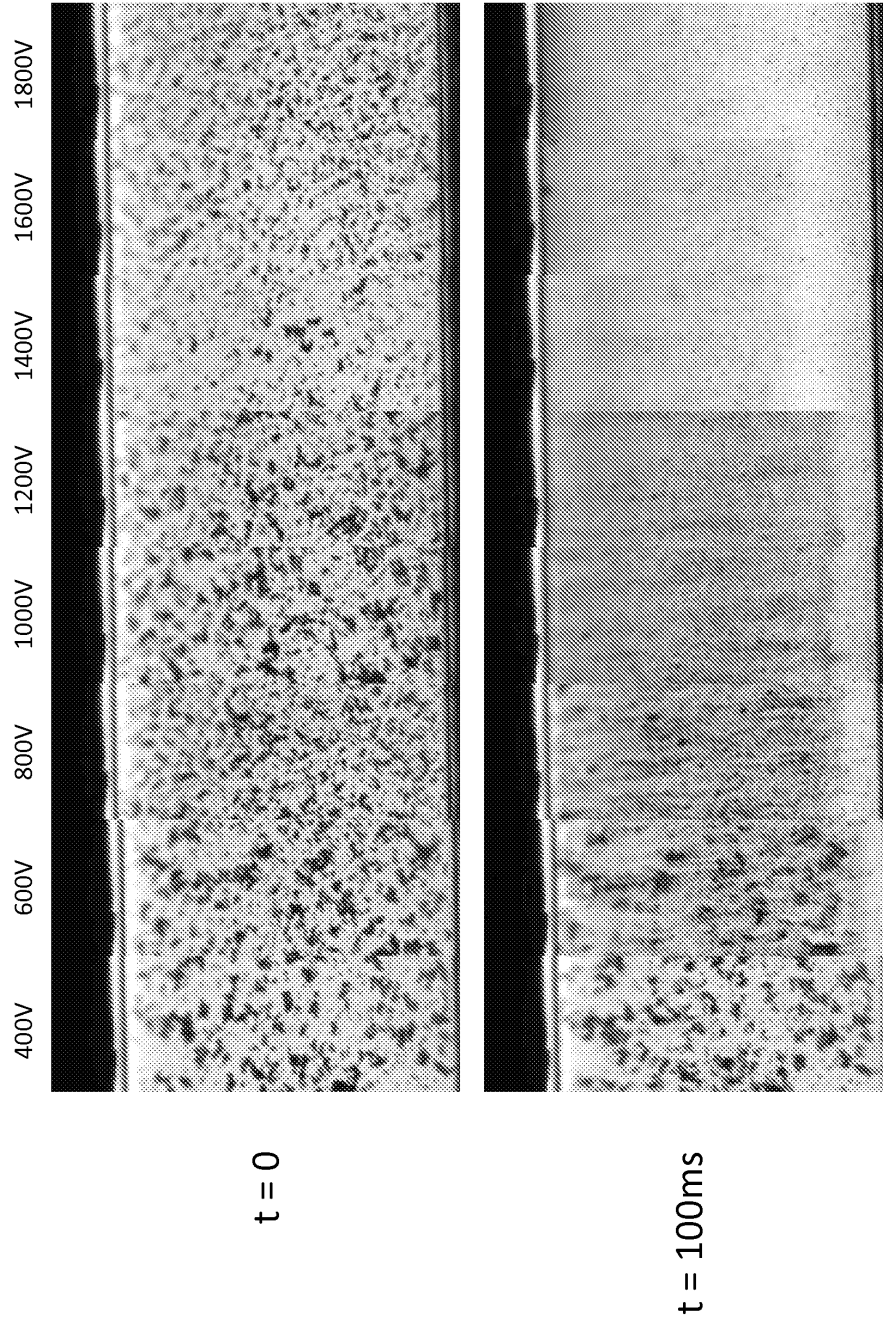


Fig. 13

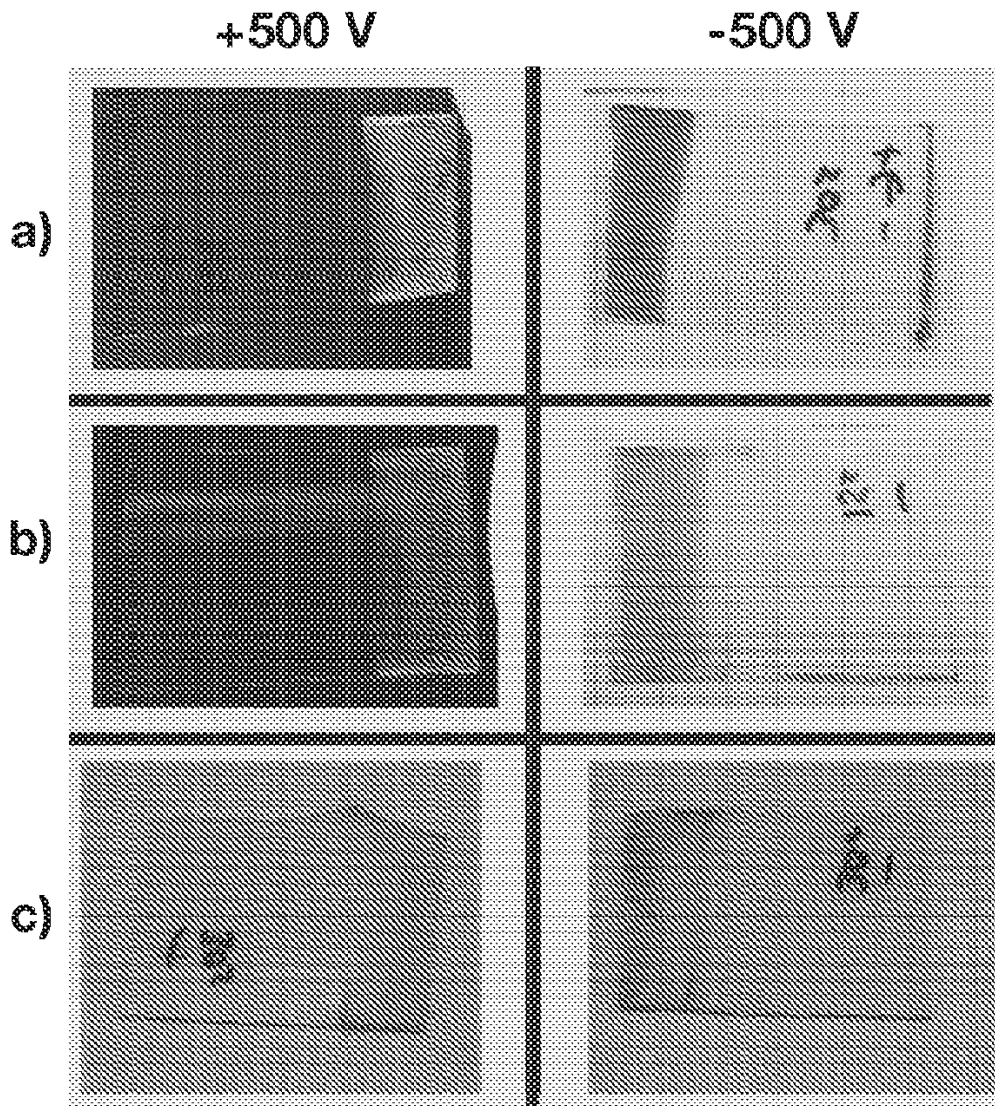


Fig. 14

Blanco/Amarillo/Magenta

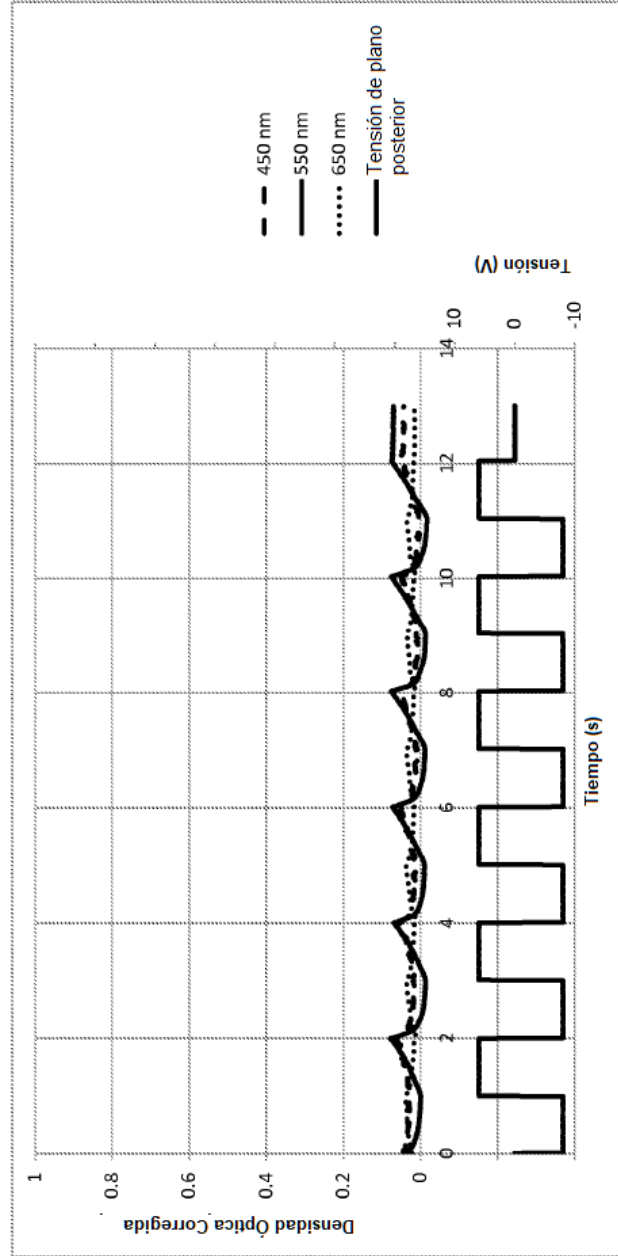


Fig. 15

Blanco/Amarillo/Cian

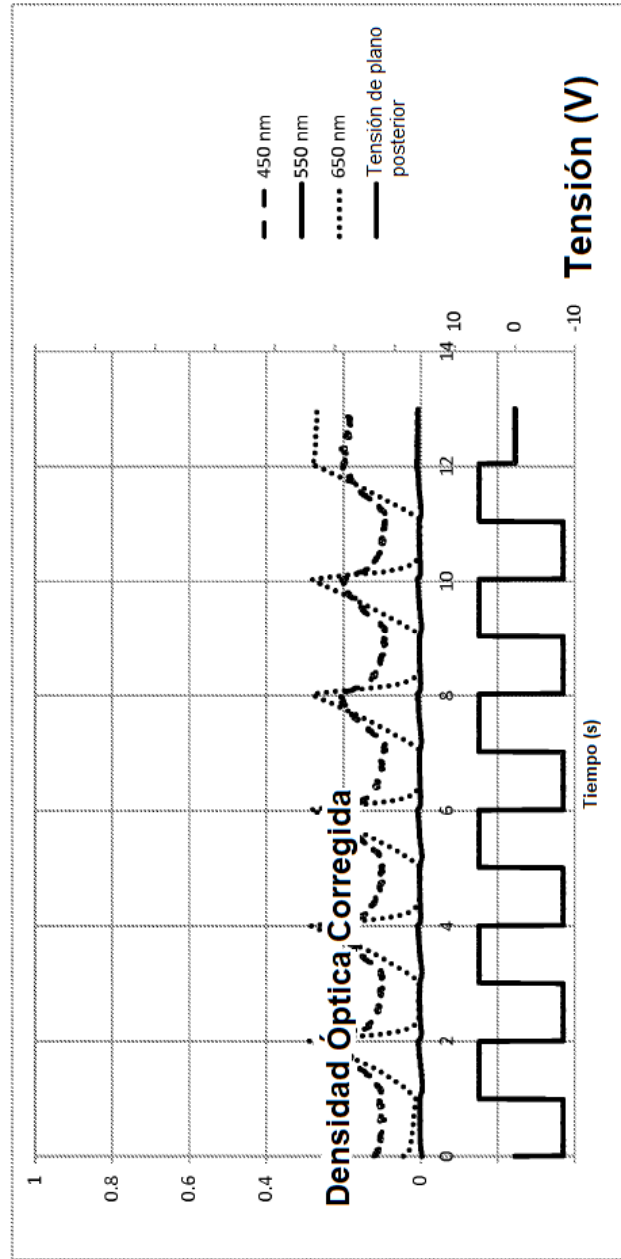


Fig. 16

Blanco/Magenta/Cian

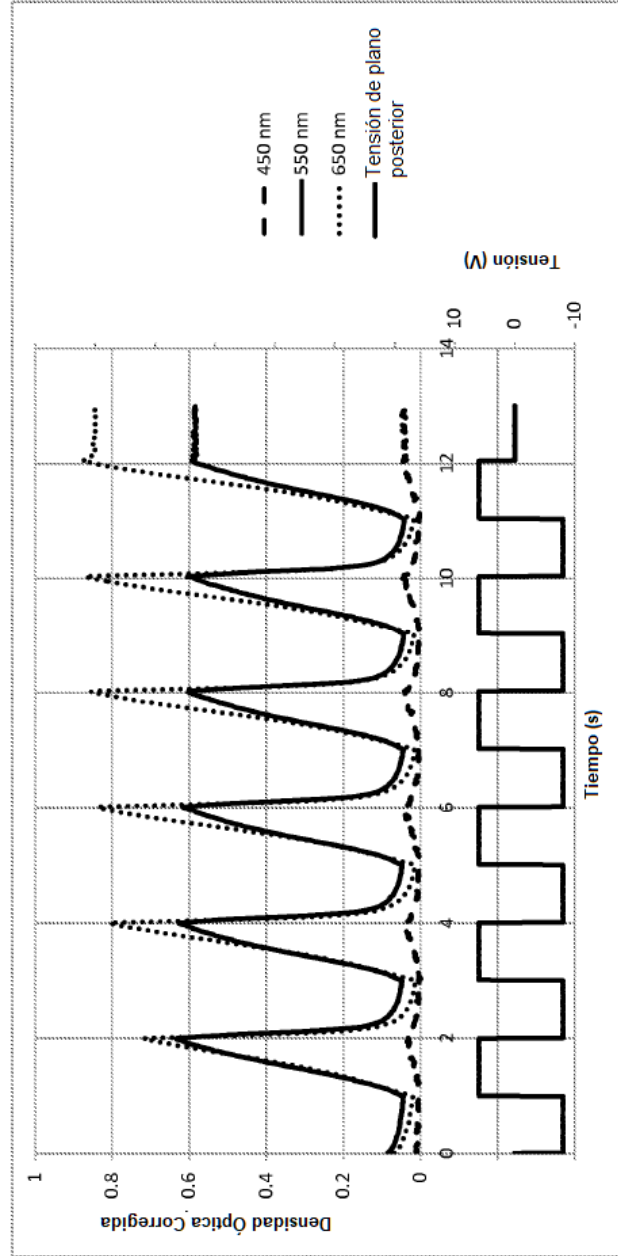


Fig. 17

Blanco/Amarillo/Magenta/Cian

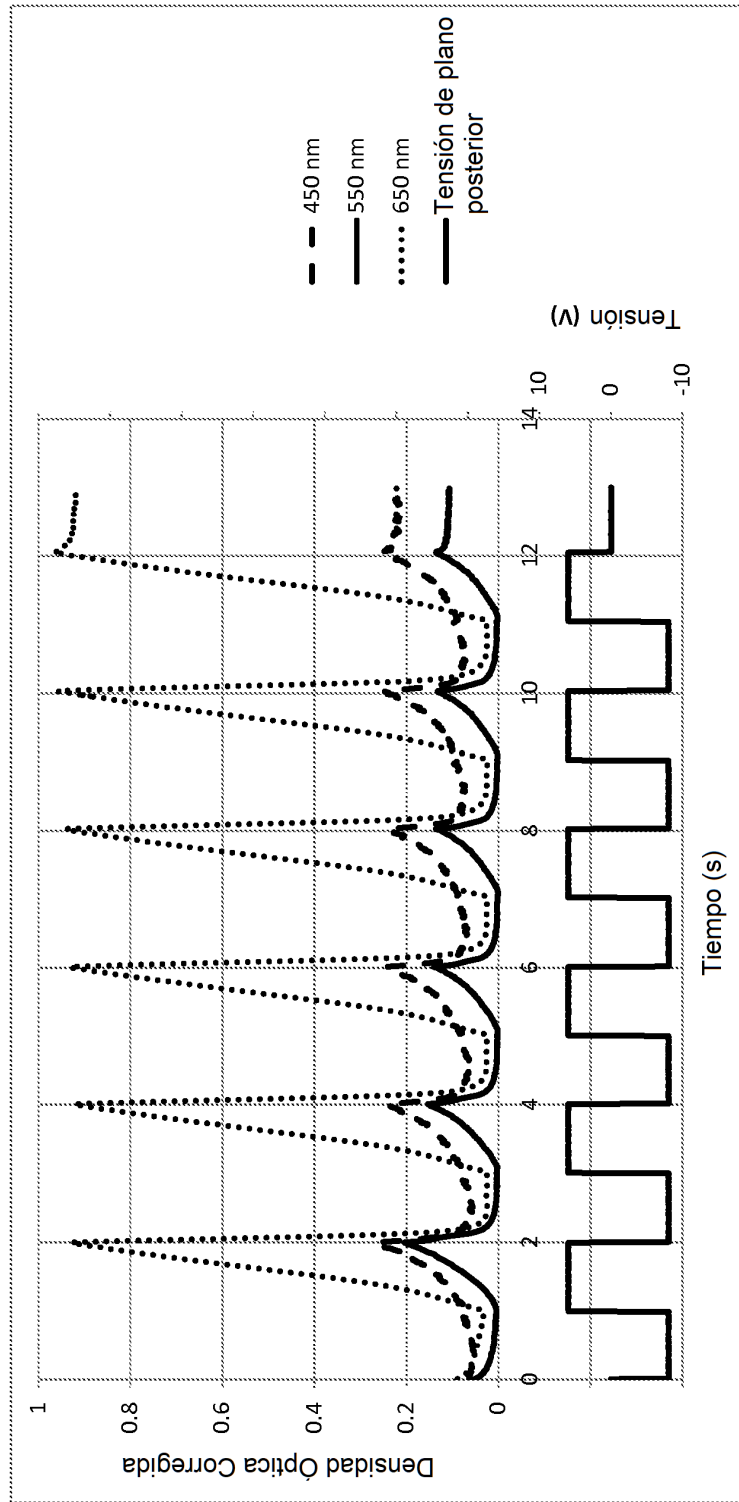


Fig. 18

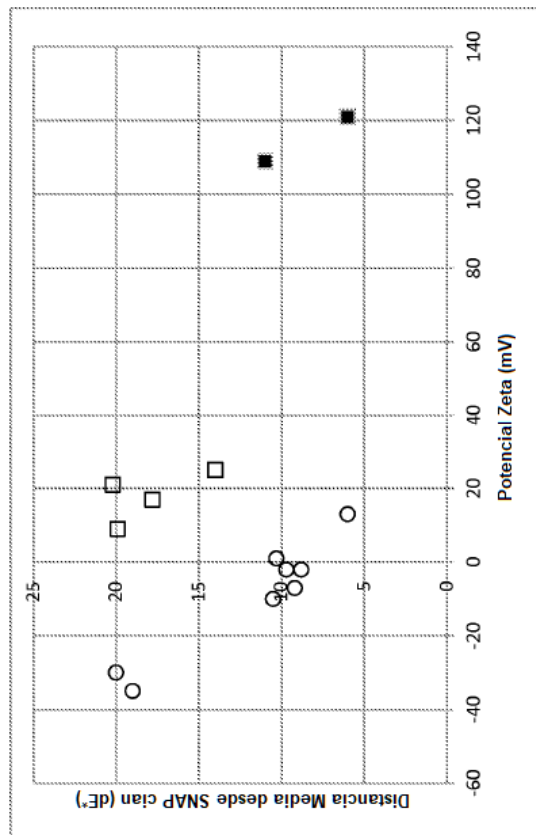


Fig. 19

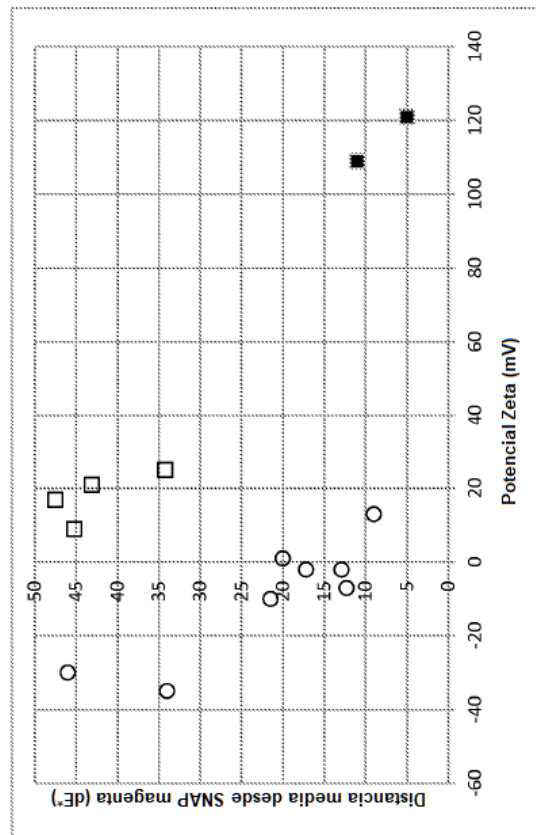


Fig. 20

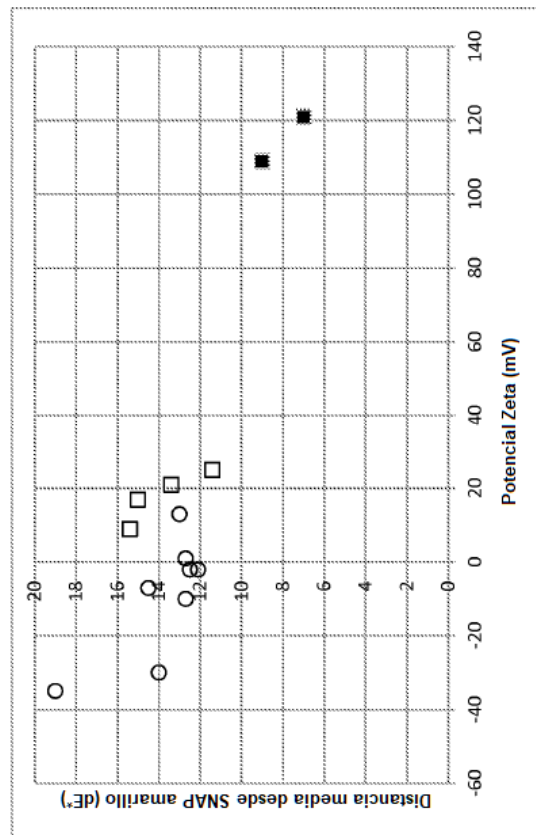


Fig. 21