



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 735**

51 Int. Cl.:
C09C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03756229 .5**

96 Fecha de presentación : **27.05.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1509576**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2005**

54 Título: **Pigmentos ópticamente difractivos totalmente dieléctricos.**

30 Prioridad: **31.05.2002 US 384629 P**
11.02.2003 US 365090

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.04.2011

73 Titular/es: **JDS UNIPHASE CORPORATION**
1768 Automation Parkway
San Jose, California 95131, US

72 Inventor/es: **Argoitia, Alberto;**
Raksha, Vladimir P. y
Kohlmann, Paul T.

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 356 735 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

ÁMBITO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere generalmente a pigmentos ópticamente variables y más particularmente a pigmentos difractivos totalmente dieléctricos, incluyendo pigmentos difractivos totalmente dieléctricos con estructuras de interferencia de película fina.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Los pigmentos ópticamente variables («OVP»™) se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Pueden utilizarse en pintura o tinta, o mezclados con plástico. Dicha pintura o tinta se utiliza con finalidades decorativas o como una medida para evitar la falsificación de las papel moneda. Aunque las escamas del pigmento pueden ser muy pequeñas, los efectos ópticos surgen de los efectos agregados de las escamas, que a menudo están generalmente alineadas con el plano del sustrato. Un tipo de OVP utiliza capas de película fina en un sustrato para formar una estructura óptica de tipo Fabry-Perot. Generalmente, una capa de material ópticamente absorbente se separa de una capa reflectora mediante una capa (espaciadora) dieléctrica. Pueden añadirse capas adicionales para efectos adicionales, como la adición de pares de capas absorbentes espaciadoras adicionales. La capa reflectora suele ser una capa de metal que convierte en opaca la escama del pigmento. Las imágenes impresas o pintadas con las escamas de pigmento opacas también son opacas, o las escamas de pigmento apagan el brillo o cambian el color subyacente.

25 Las escamas de pigmento transparente pueden realizarse utilizando capas alternas de materiales dieléctricos en un forma (alta-baja-alta)ⁿ o (baja-alta-baja)ⁿ para formar una pila de interferencia óptica, que suele denominarse pila dicróica. Las escamas de pigmento dicróico pueden ser básicamente transparentes, reflejando un color y transmitiendo otro color. El color de una imagen impresa con algunas escamas de pigmento dicróico cambia con el ángulo de visión, y dichos pigmentos permiten la sobreimpresión, de modo que el espectador puede ver la imagen subyacente a través de las escamas de pigmento dicróico.

30 Otro tipo de pigmento utiliza un modelo de difracción (rejilla), como una serie de ranuras, para crear una estructura de interferencia difractiva. La rejilla de difracción está formada en una capa reflectora en la escama, similar a los modelos formados en láminas difractivas. Los pigmentos difractivos se han utilizado para crear un efecto iridiscente, tanto en medios impresos como en pinturas, como la pintura para vehículos. Lamentablemente, las capas reflectivas suelen ser opacas, de modo que las escamas de pigmento difractivas pierden brillo o cambian el color subyacente, como con las escamas de pigmento opaco de tipo Fabry-Perot.

40 Las pinturas nacaradas y los aditivos nacarados han sido populares durante algún tiempo para pintar automóviles, motocicletas, barcos, cascos y otros objetos. Muchos de estos pigmentos se realizan utilizando escama de mica procesada revestida con un material de índice alto, como el óxido de hierro o el titanio. El grosor de la mica y/o revestimiento pueden variar para obtener diferentes colores nacarados; sin embargo, las pinturas realizadas con dichos pigmentos no muestran un efecto difractivo. En la técnica anterior, el documento US 6,383,638 B1 divulga un pigmento con base de escama que tiene unas características mejoradas de reflectancia especular en el rango de la longitud de onda visible, que tiene una pluralidad de secciones de escama central formada cada una por una capa reflectora central y capas de apoyo dieléctrico en lados opuestos, y la sección de escama central resultante es una estructura muy fina de tres capas que muestra una fuerza compresiva uniaxial mucho mayor que una fuerza de tracción uniaxial correspondiente. En la técnica anterior, el documento WO 93/23481 A1 describe un proceso para preparar pequeñas partículas gofradas de metal brillante finamente divididas. Dicho proceso comprende la formación de una superficie gofrada de salida a al menos un lado de la hoja portadora, depositando una película de metal en la superficie de salida de modo que la película de metal se ajuste a la superficie gofrada, solubilizando la superficie de salida, eliminando la película de metal de la hoja portadora y rompiendo la fina película de metal en partículas gofradas que tienen un diámetro medio de entre 25 a 50 micrómetros, y la película también puede tomar la forma de una pila óptica.

RESUMEN DE LA INVENCION

55 Una escama de pigmento producida de acuerdo con las realizaciones de la presente invención proporciona efectos difractivos sin una capa reflectora de metal. En una realización particular, una escama de pigmento difractivo tiene una rejilla de difracción formada en la superficie de una capa de película fina dieléctrica inorgánica. La superficie proporciona una interfaz difractiva cuando la escama de pigmento se dispersa en un portador, como un vehículo de tinta o un vehículo de pintura, o cuando se forma una segunda capa de película fina sobre el modelo de la rejilla de difracción. En algunas realizaciones, el modelo de la rejilla de difracción se duplica a través del segundo, y quizá posterior(es) capa(s) de película fina(s) y se forman interfaces difractivas adicionales. Se activan fuertes efectos

difractivos cuando las escamas de pigmento con cinco o menos capas dieléctricas se dispersan en un portador.

5 A diferencia de las escamas difractivas que tienen reflectores metales opacos, algunas realizaciones de escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico de acuerdo con la presente invención son semitransparentes y pueden tener colores reflectores y/o transmisores para coincidir con el objeto sobre el que se aplican. En otras realizaciones, las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico que tienen un diseño óptico alto-bajo-alto-bajo-alto centrado en 550 nm proporcionan un efecto difractivo blanco cuando se aplican sobre un objeto blanco. Dichas realizaciones se aplican alternativamente sobre superficies coloreadas para conferir un efecto difractivo sin cambiar sustancialmente el color de fondo de la superficie. En algunas realizaciones de las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico realizadas de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, el grosor de las capas dieléctricas se elige para crear una interferencia de película fina y conferir un cambio de color o efecto nacarado, así como un efecto difractivo.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1A es una sección transversal simplificada de una pila dieléctrica multicapa general formada sobre un sustrato modelado de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La figura 1B es una sección transversal simplificada de una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 1C es una sección transversal simplificada de una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico de acuerdo con otra realización de la presente invención.

25 La figura 2A es un conjunto de trazados simplificados de reflectancia frente a la longitud de onda medidos para tres diseños ópticos diferentes de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

La figura 2B es un conjunto de trazados simplificados gonioespectrofotométricos de las muestras tratadas en conjunción con la figura 2A.

30 La figura 3A es un conjunto de trazados simplificados de reflectancia frente a una longitud de onda medida para tres diseños ópticos neutrales diferentes.

La figura 3B es un conjunto de trazados gonioespectrofotométricos de las muestras ilustradas en la figura 3A.

35 La figura 4A es un conjunto de trazados simplificados de reflectancia frente a longitud de onda comparando muestras difractivas y no difractivas.

Las figuras 4B-4D muestran conjuntos de trazados simplificados gonioespectrofotométricos de trayectoria de color y cromaticidad de tres muestras diferentes de pigmentos totalmente dieléctricos en varios ángulos de visión.

40 La figura 4E compara los trazados gonioespectrofotométricos de las muestras ilustradas en las figuras 4B-4D en un ángulo de visión común.

La figura 5 es una sección transversal simplificada de un artículo pintado de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 La figura 6 es un diagrama de flujo simplificado de un proceso de acuerdo con una realización de la presente invención.

50 DESCRIPCIÓN ESCRITA

I. Introducción

55 Los efectos difractivos se obtienen utilizando escamas de pigmento que tengan capas dieléctricas sin un reflector metálico. Los efectos difractivos pueden estar en combinación con tecnología de efectos de interferencia de película fina utilizando pilas ópticas multicapas totalmente dieléctricas. Esta combinación crea nuevos efectos de color no vistos antes. Los revestimientos dieléctricos son sustancialmente materiales no absorbentes, resultando en pilas multicapas con transmitancias elevadas o reflectancias altas, a diferencia de las estructuras difractivas que emplean capas reflectoras que son esencialmente opacas. El color transmitido o reflejado depende del diseño óptico y son complementarios para estos sistemas totalmente dieléctricos.

60 Para algunos diseños, el color reflejado o/y transmitido cambiará fuertemente con el ángulo de luz incidente. En el caso de los diseños de cambio de color, los efectos de color son únicos porque en condiciones de luz difusa el color se desplaza de longitudes de onda alta a baja a medida que aumenta el ángulo de visión. Sin embargo, en

condiciones de iluminación altamente direccional (ej. luz solar), el color se mueve en la dirección opuesta de longitudes de onda baja a alta con ángulo. En luz difusa, el color observado es dominado por el color de efectos ópticamente variables de interferencia óptica de película fina, mientras que en la luz altamente direccional, los efectos ópticamente variables surgen de la difracción.

5

En algunas situaciones con condiciones de iluminación combinadas, el color se desplaza de formas inusuales porque ambos fenómenos físicos de cambio de color (difracción e interferencia de película fina) pueden verse simultáneamente. Asimismo, los pigmentos totalmente dieléctricos pueden ser parcialmente transparentes, de modo que el color inherente del objeto revestido influirá también en la apariencia visual final del objeto, o pueden observarse las imágenes bajo el pigmento totalmente dieléctrico.

10

Para otros diseños ópticos, el "color de fondo" del pigmento no cambiará drásticamente con el ángulo de la luz de incidencia. Considerando que la pila óptica totalmente dieléctrica que crea el pigmento puede ser semitransparente, el color de fondo observado en un objeto puede depender enormemente del color (base) inherente del objeto antes de que se aplique la pintura. En particular, los pigmentos difractivos totalmente dieléctricos pueden estar hechos de forma que confieran poco cambio al color de fondo, y en algunos casos básicamente nada. Dichos pigmentos pueden utilizarse para obtener un efecto difractivo blanco, en otras palabras, un objeto que aparezca esencialmente blanco o nacarado, pero que muestre un color percibido, luminosidad, matiz y/o cromaticidad variables, en función del ángulo de visión.

15

20

Por ejemplo, un diseño óptico del tipo HLHLH hecho de capas de película fina que tienen grosores ópticos de cuarto de onda («QWOT») de 530 nm con ZnS como material de índice refractivo alto (H) y MgF₂ como material de índice refractivo bajo (L), no presentará un tinte de color característico. Estos materiales son solo a modo de ejemplo y pueden emplearse otros materiales dieléctricos como TiO₂ para el material de índice alto y SiO₂ para el material de índice bajo. Se conocen muchos otros materiales adecuados y pueden utilizarse en diversas combinaciones. Según se ha utilizado en la presente, un material de índice alto tiene un índice de refracción superior a aproximadamente 1,65 y preferiblemente superior a aproximadamente 2, y un material de índice bajo tiene un índice de refracción menor que aproximadamente 1,65. No es necesario que cada capa de índice alto esté hecha del mismo material de índice alto o que cada capa de índice bajo esté hecha del mismo material de índice bajo, y los materiales pueden estar clasificados por tamaño o mezclados dentro de una capa.

25

30

Este diseño de 5 capas muestra fuertes efectos de color refractivo cuando se deposita en una lámina de rejilla lineal con frecuencias de ranura entre 1300 y 3000 líneas por mm. Las capas de película fina óptica se retiran de la lámina modelada y son procesadas en escamas de pigmento. Cuando se aplica este pigmento particular en un objeto pintado de blanco, el color observado con luz difusa (ej. día nublado) es dominado por el color blanco del objeto, pero en condiciones de iluminación altamente direccional (ej. luz solar), el objeto presentará un efecto de arcoíris difractivo. Cuando el mismo diseño óptico cambia de 530 nm a longitudes de onda menores o mayores, el pigmento presentará un tinte azulado o rojizo en la reflexión y un tinte amarillento o verdoso en la transmisión, respectivamente.

35

40

Los pigmentos difractivos con reflectores metálicos opacos confieren un color cuando se aplican sobre fondo blanco. De este modo, dichos pigmentos no proporcionan un efecto difractivo blanco, sino a menudo un efecto difractivo de color plata o grisáceo en el caso de un reflector de aluminio, un efecto amarillento en el caso de un reflector de níquel y un efecto rojizo en el caso de un reflector de cobre. De forma similar, cuando los pigmentos difractivos con reflectores metálicos se aplican sobre fondos de color, el pigmento difractivo diluye el color de fondo, incluso si las capas reflectoras de metal son semiopacas. Por ejemplo, la aplicación de pigmentos difractivos metálicos sobre un fondo rojo crea un efecto difractivo rosáceo, en lugar de un efecto difractivo rojo. De este modo, los pigmentos difractivos totalmente dieléctricos de acuerdo con las realizaciones de la presente invención pueden aplicarse a un objeto previamente pintado o coloreado de otro modo para proporcionar un efecto difractivo que preserve esencialmente el color del objeto mientras que confiere un efecto difractivo. El efecto difractivo puede elegirse (diseñarse) para que opere en conjunción con un color de fondo particular para obtener un efecto específico.

45

50

Las estructuras de interferencia de película fina pueden combinarse con una estructura difractiva totalmente eléctrica para proporcionar pigmentos transparentes difractivos de cambio de color (transparentes o teñidos). Las estructuras de interferencia de película fina son esencialmente pilas dieléctricas de película fina que no tienen el tipo de capa reflectora metálica utilizada normalmente en las estructuras de interferencia de tipo Fabry-Perot. Por ello, las pilas dieléctricas de película fina pueden ser transparentes, normalmente con un cambio de color característico, que operan en conjunción con los efectos difractivos de la escama de pigmento o lámina para proporcionar efectos ópticos únicos.

55

II. Escamas ejemplares

La figura 1A es una sección transversal simplificada de una lámina difractiva multicapa general 100 formada sobre un sustrato 102 de acuerdo con una realización de la presente invención. El sustrato que no es parte de la lámina difractiva 100, ha sido modelado con una estructura difractiva 103 (modelo de rejilla de difracción), y las capas de material dieléctrico se depositan sobre el sustrato modelado. El modelo puede ser un modelo de difracción simple o un modelo de imagen holográfica, por ejemplo. El sustrato podría ser una hoja plástica gofrada, como un rollo de tereftalato de polietileno («PET») y las capas de película fina podrían depositarse en un sistema de revestimiento de rollo, por ejemplo. El sustrato podría ser también una hoja de una lámina de metal gofrada o laminado o una pastilla gofrada, guía de deslizamiento o disco.

Una técnica adecuada para producir escamas de pigmento de acuerdo con las realizaciones de la presente invención implica depositar sucesivas capas de película fina en un rollo modelado de PET para formar una pila dieléctrica difractiva. La pila dieléctrica está separada del sustrato PET o «red» y es procesada, mediante molturación y clasificación, en escamas de pigmento. Las escamas de pigmento adecuadas suelen encontrarse en el rango de aproximadamente 10-1.000 micrómetros de ancho y aproximadamente 1-2 micrómetros de grosor, aunque estas dimensiones son únicamente a modo de ejemplo y en algunas realizaciones los pigmentos suelen tener generalmente menos de 100 micrómetros de ancho.

Una capa de salida opcional 104 puede formarse sobre el sustrato 102 para facilitar la retirada de las capas depositadas del sustrato. La capa de salida podría ser soluble en agua, como CaO, CaF₂, Na₃AlF₆ (criolita), NaNO₃ y NaCl. Otros materiales, incluyendo materiales orgánicos, metales y semiconductores podrían utilizarse para la capa de salida. Aunque el uso de NaCl («sal») permite que la capa de salida se active mediante agua, podrían liberarse otros materiales utilizando una solución ácida, una solución básica u otro disolvente, incluidos los disolventes orgánicos.

Una pila óptica dieléctrica de capa fina 105 se forma sobre el sustrato 102 y la capa de salida opcional 104, teniendo la pila óptica dieléctrica una pluralidad de capas dieléctricas alternas de un material de índice refractivo más alto (H) 106, 110 y un material de índice refractivo más bajo (L) 108, 112. Las capas alternas de índices mayores y menores de la pila dieléctrica óptica pueden formarse en varias configuraciones del sustrato 102, como (HL)ⁿ, (LH)ⁿ, (LHL)ⁿ y (HLH)ⁿ, y combinaciones de ellas, en las que n es un número entero entre 1 y 100, normalmente 2-4 y las capas L y H tienen cada una un grosor óptico de cuarto de onda («QWOT») en una longitud de onda de diseño seleccionada. También pueden obtenerse otros diseños ópticos adecuados por la combinación de revestimientos H y L con diferentes grosores ópticos y en algunos diseños, algunas capas podrían no tener un grosor óptico de cuarto de onda de la misma longitud de onda. De forma similar, algunos diseños ópticos podrían ser simétricos, como H(LH)ⁿ.

La lámina de sustrato difractivo puede producirse con ranuras con una configuración lineal, en cruz u otra. La forma de las ranuras puede ser triangular, sinusoidal, de onda cuadrada, etc. En este tipo de pigmentos, la apariencia óptica de un objeto revestido dependerá enormemente de las eficiencias difractivas de orden cero y superiores. La eficiencia de las diferentes órdenes se logra mediante la selección de la profundidad de la ranura, forma y frecuencias de la rejilla del sustrato de la lámina.

Las capas de película fina pueden retirarse del sustrato y aplicarse como una película o procesarse en escamas de pigmento para usarse en pinturas, tintas, revestimientos de polvo, cosméticos y extrusiones y fundiciones, por ejemplo. Las capas de película fina pueden unirse a un sustrato de transferencia o soporte antes de ser liberadas del sustrato.

La figura 1B es una sección transversal simplificada de una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico 120 de acuerdo con una realización de la presente invención. Un sustrato de escama dieléctrico modelado 122 ha sido encapsulado con una capa dieléctrica externa 124 y se dispersa en un portador 126, como vehículo de pintura o vehículo de tinta. Alternativamente, las capas dieléctricas externas no tienen que encapsular el sustrato de escama.

El sustrato de escama dieléctrica modelado tiene un índice refractivo suficientemente diferente de la capa dieléctrica externa para establecer una interfaz difractiva 128. Aunque la escama de pigmento dieléctrico solo tiene tres capas, se crean cuatro interfaces difractivas 128, 130, 132, 134. Una primera interfaz difractiva 130 entre el portador 126 y la capa dieléctrica externa 124, una segunda interfaz difractiva 128 entre la capa externa y el sustrato de escama 122, una tercera interfaz difractiva 132 entre el sustrato de escama y la otra parte de la capa dieléctrica externa y una cuarta interfaz difractiva 134 entre la otra parte de la capa dieléctrica externa y el portador. Cada una de las interfaces difractivas puede contribuir al efecto difractivo del pigmento porque la escama es totalmente dieléctrica, permitiendo que la luz que no es difractada por una interfaz superior sea difractada por una

interfaz inferior. En una escama difractiva convencional con capas reflectoras de metal, los efectos difractivos de las capas dieléctricas suprayacentes no contribuyen significativamente a la difracción de la escama porque la diferencia en índices refractivos entre las capas dieléctricas y el portador que las rodea no es lo suficientemente grande y las capas no suelen tener un grosor como para contribuir al efecto difractivo.

5

Una pila dieléctrica de tres capas dispersada en un portador adecuado puede obtener normalmente una reflectividad en el rango de 20-40%. Dichos pigmentos difractivos de baja reflectividad pueden ser deseables cuando se utilizan en aplicaciones donde se requiere un alto grado de transmisión a través del pigmento, como cuando se sobreimprime una imagen, por ejemplo. Cuando se utilizan escamas de pigmento totalmente dieléctrico con reflectividad relativamente baja, debe evitarse el solapamiento de las escamas de pigmento porque la luz transmitida a través de una escama superior puede difractarse de una escama inferior y la luz difractada de las dos escamas podría interferir, degradando el efecto «arcoíris» difractivo. Dichas escamas de baja reflectividad podrían utilizarse en concentraciones relativamente bajas o aplicarse para evitar el solapamiento de escamas de pigmento difractivas dieléctrico.

10

15

La capa dieléctrica externa podría aplicarse utilizando un proceso sol gel o un proceso de deposición en vacío, incluyendo varios procesos de deposición en vacío asistidos por plasma u otros procesos. En una realización particular, el portador tiene un bajo índice de refracción y la capa dieléctrica externa tiene un alto índice de refracción. En otras realizaciones, la capa dieléctrica externa puede tener una suave superficie externa que no contribuye a la difracción. En ese caso, puede ser deseable evitar la formación de una interfaz reflectiva con el portador, por ejemplo, utilizando una capa externa de índice bajo en un portador de índice bajo. En algunos casos, una escama dieléctrica de capa única modelada con una rejilla de difracción dispersada en un portador crea un efecto difractivo, como una escama modelada de índice alto en un portador de índice bajo, o viceversa.

20

25

La figura 1C es una sección transversal simplificada de una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico 140 de acuerdo con otra realización de la presente invención. Las capas externas 142, 144 son material de índice alto, como la capa central 146, y las capas intermedias 148, 150 son capas de índice bajo, que proporcionan un diseño óptico comúnmente conocido como HLHLHL. Esto es, las capas de índice alto están hechas de un/unos material(es) que tiene(n) un índice alto de refracción y las capas de índice bajo están hechas de un/unos material(es) que tiene(n) un índice bajo de refracción. Las escamas de pigmento similares de acuerdo con otras realizaciones de la presente invención pueden tener más capas, o menos capas. Este diseño, y otros diseños que tienen un número impar de capas, proporciona capas externas 142, 144 que son ambas capas de índice alto. Este tipo de configuración es deseable para escamas que se dispersarán en un portador de índice bajo porque ambas capas externas proporcionarán una interfaz difractiva en el portador si la superficie externa de las capas externas se modela con una rejilla de difracción. Una capa externa de índice bajo tendería a "desaparecer" en un portador de índice bajo, aunque produce una interfaz reflectora en el aire. Alternativamente, una escama de cinco capas podría tener un diseño óptico de LHLHL para usar en un portador de índice alto, por ejemplo.

30

35

Es generalmente deseable obtener el efecto de pigmento deseado en el menor número de capas posible. El número de capas puede elegirse de acuerdo con la reflectividad deseada de la escama de pigmento. Utilizando materiales convencionales en pilas dieléctricas altas-bajas, una pila de tres capas puede obtener una reflectancia media de entre aproximadamente 20-40% en aire, una pila de cinco capas normalmente tiene una reflectancia de aproximadamente 70%, y una pila de once capas normalmente tiene una reflectancia de aproximadamente 90%. En el ejemplo de un pigmento difractivo blanco, una reflectividad media en aire de aproximadamente 20% es deseable para proporcionar un efecto difractivo adecuado, mientras que en algunas realizaciones, es deseable una reflectividad media en aire menor de 90% para proporcionar un fuerte efecto difractivo, pero permitiendo alguna transmisión hacia y desde el sustrato subyacente. Más capas producen generalmente más reflexión hasta que la pila dieléctrica se aproxima a la reflexión completa. De este modo, las escamas de pigmento que tienen solamente unas pocas capas dieléctricas pueden obtener una reflectividad adecuada para un efecto difractivo deseable. Por supuesto, la reflectividad se refiere a la luz que tiene una longitud de onda particular y depende de los materiales utilizados, entre otras variables.

40

45

50

El grosor de las capas en una pila dieléctrica puede elegirse para proporcionar un efecto dicroico, donde se refleja la luz de un color y la luz de los otros colores se transmite a través de la pila. Dichas pilas dicroicas suelen mostrar lo que se conoce comúnmente como recorrido del color. El recorrido de color es el cambio en el color percibido a medida que cambia el ángulo de visión (o ángulo de iluminación). La combinación de un efecto dicroico con una estructura difractiva dieléctrica es particularmente deseable para evitar la interferencia destructiva del solapamiento de las escamas difractivas dieléctricas que tienen una reflectividad de baja a moderada. Un diseño dicroico actuará en efecto como un filtro. Comparado con un pigmento difractivo blanco (centrado en el espectro visible), un pigmento difractivo puede realizarse con pilas de película fina que muestren poco recorrido del color centrando el diseño óptico en medio del espectro visible (blanco), o utilizando pilas dieléctricas de película fina que no producen

55

60

interferencia de película fina significativa, aunque producen interfaces reflectoras para crear el efecto difractivo.

III. Resultados experimentales

- 5 Se realizaron y sometieron a prueba varios tipos diferentes de escamas de pigmento difractivas dieléctricas de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Las escamas de pigmento se incorporaron en un aglutinante de pintura transparente en una proporción de 0,3:3,9 (pigmento:aglutinante) para formar formulaciones de pintura. Las formulaciones de pintura se aplicaron a tarjetas LENETA™ (generalmente, una tarjeta que tiene un campo blanco y un campo negro) utilizando una rasqueta para disminuir el pigmento. Al disminuir la tinta o pintura
- 10 generalmente se allanan las escamas de pigmento en el plano de la superficie de la tarjeta. La pintura o tinta pueden aplicarse utilizando otras técnicas como la pulverización, pintura, serigrafía o impresión en hueco que alinea sustancialmente las escamas en el plano del sustrato.
- 15 Las medidas de reflectancia se realizaron bajo iluminación difusa con un espectrofotómetro DATACOLOR SF600+ utilizando una esfera integradora. Las medidas goniospectrofotométricas (“recorrido del color”) se realizaron a una incidencia de 45 grados de un ángulo de recepción de -32 a 80 grados en campos de tarjeta negra LENETA™ de acuerdo con las convenciones colorimétricas estándar CIE™.
- 20 Se produjeron varias muestras que aparecieron esencialmente neutrales en el color de fondo. Dichos pigmentos pueden utilizarse sobre un objeto blanco para obtener un efecto difractivo blanco. De forma similar, los pigmentos transparentes totalmente dieléctricos pueden utilizarse sobre objetos coloreados para proporcionar un efecto difractivo sin alterar sustancialmente el color de base. Por ejemplo, puede aplicarse una escama de pigmento difractivo sobre un objeto rojo para obtener un efecto rojo difractivo. Los pigmentos difractivos que utilizan reflectores de metal generalmente iluminan u oscurecen el color del objeto subyacente debido a la capa de metal
- 25 generalmente opaca.
- La figura 2A es un conjunto de trazados simplificados de reflectancia frente a longitud de onda medidos para tres diseños ópticos diferentes de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. El primer trazado 200 es para un diseño de cinco capas (HLHLH) en una longitud de onda de diseño de 450 nm, utilizando ZnS como material de índice alto y MgF₂ como material de índice bajo. La rejilla de difracción fue de 2.000 líneas/mm. Este diseño óptico tenía un tinte azulado como color de fondo cuando se veía en reflexión.
- 30 El segundo trazado 202 es para un diseño de nueve capas que tiene una primera capa de ZnS 1QWOT a 500 nm, una segunda capa de MgF₂ 2QWOT a 495 nm, una tercera capa de ZnS 1QWOT a 500 nm, una cuarta capa de MgF₂ 1QWOT a 495 nm, una quinta capa de ZnS 1QWOT a 400 nm, una sexta capa de MgF₂ 2 QWOT a 397 nm, una séptima capa de ZnS 2 QWOT a 400 nm, una octava capa de MgF₂ 2 QWOT a 397 nm y una novena capa de ZnS 2 QWOT a 400 nm. La rejilla de difracción tenía un espaciado de línea de 1400 líneas/nm. El diseño óptico era de color bastante neutro.
- 35 El tercer trazado 204 es para un diseño de siete capas que tiene una primera capa de ZnS 2 QWOT a 434 nm, una segunda capa de MgF₂ 2 QWOT a 375 nm, una tercera capa de ZnS 2 QWOT a 391 nm, una cuarta capa de MgF₂ 2 QWOT a 354 nm, una quinta capa de ZnS 2 QWOT a 391 nm, una sexta capa de MgF₂ 2 QWOT a 375 nm, y una séptima capa de ZnS 2 QWOT a 434 nm. La rejilla de difracción tenía un espaciado de línea de 1.400 líneas/mm. Este diseño óptico tenía un tinte dorado como color de fondo cuando se veía en reflexión.
- 40 La figura 2B es un conjunto de trazados goniospectrofotométricos simplificados de las muestras ilustradas en la figura 2A. El primer trazado 206 ilustra el recorrido del color de la muestra azulada tratada en asociación con el primer trazado 200 en la figura 2A. El segundo trazado 208 ilustra el recorrido del color de la muestra neutra tratada en asociación con el segundo trazado 202 en la figura 2A. El tercer trazado 210 ilustra el recorrido del color de la muestra dorada tratada en asociación con el tercer trazado 206 en la figura 2A. De forma similar pueden diseñarse y realizarse otros diseños para otros colores de fondo.
- 45 Los trazados de reflectividad mostrados en la figura 2A muestran una característica típica de tener mayor reflectividad en una parte del espectro que en otra. La reflectividad media de una escama totalmente dieléctrica en el espectro visible es la reflectividad promediada entre aproximadamente 400-700 nm. Con las escamas difractivas totalmente dieléctricas, la luz que no es reflejada se transmite generalmente a través de la escama. De este modo, los trazados de las características de transmisión serían inversos a los trazados de reflectividad. La reflectividad media proporciona una indicación del equilibrio entre la reflectividad y la transmisión de la escama. En una realización de la presente invención, la reflectividad media en el espectro visible de las escamas de pigmento totalmente dieléctricas es al menos de un 20% (medida en aire) para proporcionar efectos difractivos deseables. En otra realización, la reflectividad media en el espectro visible de las escamas de pigmento totalmente dieléctricas no es superior al 90% (medida en aire) para permitir la transmisión de luz a través de las escamas de pigmento
- 50
- 55
- 60

difractivo al sustrato subyacente, y para permitir la observación del color o imágenes impresos en el sustrato subyacente.

5 La figura 3A es un conjunto simplificado de trazados de reflectancia frente a una longitud de onda medida para tres diseños ópticos neutrales diferentes. El número diferente de capas («recuento de capas») afecta a la reflectancia total de los pigmentos. Cada uno de estos diseños está centrado en medio de la región visible para evitar mostrar un tinte de fondo particular. Los tres ejemplos tenían modelos de rejilla de difracción de 1.400 líneas/mm, y cada muestra utilizada ZnS para el material de índice alto y MgF_2 para el material de índice bajo. El primer trazado 300 muestra el rendimiento de reflectancia para el diseño de tres capas (HLH), teniendo cada capa un QWOT a 550 nm. Aunque una sola escama de pigmento con una pila dieléctrica de tres capas podría alcanzar un 20-40% de reflectancia, se cree que una mayor reflectancia aquí se debe a un número de capas de escamas de pigmento sobre un fondo ligero, con múltiples capas de escamas que contribuyen a la reflectividad general. El segundo trazado 302 muestra el rendimiento de reflectancia para un diseño de siete capas: (HLH) a 500 nm; (L) a 550 nm; y (HLH) a 600 nm. El tercer trazado 304 muestra el rendimiento de reflectancia para un diseño de once capas: (HLHLH) a 500 nm; (L) a 550 nm; y (HLHLH) a 600 nm.

10 La figura 3B es un conjunto de trazados goniospectrofotométricos simplificados de las muestras ilustradas en la figura 3A. Ha de tenerse en cuenta que la escala es diferente a la del conjunto de trazados mostrado en la figura 2B y que el recorrido del color es generalmente menor. El primer trazado 306 es para el diseño de tres capas, el segundo trazado 308 es para el diseño de siete capas, y el tercer trazado 310 es para el diseño de once capas. Estas muestras tienen relativamente poco recorrido de color, lo que puede resultar deseable en algunas aplicaciones.

25 IV. Comparación de escamas de pigmento difractivo y no difractivo

Los pigmentos difractivos dieléctricos se formaron depositando capas de película fina en una capa de salida recubriendo los sustratos de la red de polímeros. Dos sustratos de red de polímero fueron modelados con rejillas difractivas. Una muestra de escamas de pigmento difractivo dieléctrico se realizó en un sustrato modelado con una rejilla de difracción que tiene una frecuencia de 1.400 líneas/mm, y otra muestra de escamas se realizó en un sustrato modelado con una rejilla de difracción que tiene una frecuencia de 2.000 líneas/mm. Se realizó un pigmento no difractivo totalmente dieléctrico depositando las mismas capas de película fina en una capa de salida que recubre un suave (no modelado) sustrato de red de polímero. Cuando se mezclan con un portador de tinta y se aplican a un fondo negro, las escamas del pigmento sin la rejilla de difracción mostraba solo un color azulado - morado («cambio de color») sin un efecto óptico difractivo, mientras que las escamas de pigmento que tienen una rejilla de difracción de 1.400 líneas/mm y escamas de pigmento que tienen una rejilla de difracción de 2.000 líneas/mm mostraban efectos ópticos difractivos además del color de fondo cambiante de azul a morado. Estas tres muestras de cambio de color se denominan a continuación muestras «dicroicas azules».

40 El diseño del revestimiento utilizado para realizar las tres muestras de escama de pigmento dicroico azul fue el siguiente:

1QWOT MgF_2 a 440nm / 1QWOT ZnS a 440nm /
 1QWOT MgF_2 a 440nm /
 1QWOT ZnS a 440nm / 1QWOT MgF_2 a 440nm /
 1QWOT ZnS a 440nm/
 45 1QWOT MgF_2 a 440nm / 3QWOT ZnS a 440nm.

50 La figura 4A muestra una familia de curvas reflectivas para las tres muestras de pigmento azul dicroico medidas utilizando una esfera integradora difusa de 8 grados. Cada muestra de pigmento dicroico azul se mezcló con un portador transparente y se posiciona sobre una tarjeta negra. La primera curva 400 muestra la reflectancia para la muestra realizada con escamas de pigmento difractivo azul dicroico con 1.400 líneas/mm. La segunda curva 402 muestra la reflectancia para la muestra realizada con escamas de pigmento difractivo azul dicroico con 2.000 líneas/mm, y la tercera curva 404 muestra la reflectancia para la muestra no difractiva azul dicroica. Los datos de color de reflectividad muestran que las muestras extraídas del pigmento presentan un color azul dominante.

55 Las figuras 4B-4D son conjuntos de trazados simplificados de cromaticidad y trayectoria de color goniospectrofotométrico de las muestras de 1.400 líneas/mm, 2.000 líneas/mm y muestras «planas» (no difractivas) tratadas anteriormente. Los trazados de recorrido del color (normalmente conocidos como diagramas a^*b^*) y los datos de reflectividad se obtuvieron utilizando un goniospectrofotómetro MURAKAMI. Los diagramas a^*b^* muestra el cambio en el color (coordenadas a^* , b^*) para un objeto de muestra fijo revestido con una composición de escama de pigmento.

60 La figura 4B muestra trayectorias de color en diferentes ángulos de visión para la muestra de escama de pigmento

5 azul dicróico realizada con una rejilla de difracción de 1.400 líneas/mm a medida que va cambiando el ángulo de iluminación. Estas trayectorias de color ayudan a entender la variación de color que un observador experimenta al ver un objeto curvado revestido (ej. pintado) con el pigmento. Cada trayectoria de color representa un ángulo de visión constante, con una línea continua de la trayectoria que conecta los puntos de datos medidos (valores de color) para una serie de ángulos de iluminación.

10 Con el fin de apreciar la percepción de un observador de un objeto curvado revestido con un pigmento, una trayectoria única es insuficiente ya que tanto el espectador como el ángulo de iluminación cambian. El espacio de color en los diagramas a^*b^* que es atravesado con los cambios incrementales en las condiciones del espectador y la iluminación ayuda a comprender el efecto óptico obtenido al revestir una superficie curvada con pintura o tinta de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Uno de los beneficios de los pigmentos inventivos y su uso en una pintura es destacar la curvatura de un objeto sobre un rango de condiciones de luz. El espacio de color puede ser determinado o derivado en cualquier punto en una primera trayectoria donde el movimiento en la trayectoria representa un cambio en la inclinación de la fuente de iluminación con respecto a la normal de la superficie. Las trayectorias adyacentes podrían ser determinadas para corresponderse con los cambios en la orientación del espectador como ocurre cuando un observador fijo ve la curvatura de un objeto.

20 La primera curva (trayectoria de color) 403 en el diagrama a^*b^* de la figura 4B representa un ángulo de visión fijo de doce grados, la segunda curva 405 representa un ángulo de visión fijo de veinte grados, la tercera curva 407 representa un ángulo de visión fijo de treinta grados, la cuarta curva 409 representa un ángulo de visión fijo de cuarenta grados, la quinta curva 411 representa un ángulo de visión fijo de cincuenta grados, la sexta curva 413 representa un ángulo de visión fijo de cincuenta grados, la séptima curva 415 representa un ángulo de visión fijo de setenta grados y la octava curva 417 representa un ángulo de visión fijo de ochenta grados.

25 La figura 4C muestra trayectorias de color para la muestra de escamas de pigmento azul dicróico realizadas con una rejilla de difracción de 2.000 líneas/mm. La primera curva (trayectoria de color) 403' en el diagrama a^*b^* de la figura 4C representa un ángulo de visión fijo de doce grados, la segunda curva 405' representa un ángulo de visión fijo de veinte grados, la tercera curva 407' representa un ángulo de visión fijo de treinta grados, la cuarta curva 409' representa un ángulo de visión fijo de cuarenta grados, la quinta curva 411' representa un ángulo de visión fija de cincuenta grados, la sexta curva 413' representa un ángulo de visión fijo de cincuenta grados, la séptima curva 415' representa un ángulo de visión fijo de setenta grados y la octava curva 417' representa un ángulo de visión fija de ochenta grados.

35 La figura 4D muestra las trayectorias de color para la muestra de escamas de pigmento azul dicróico que se realizó sin un modelo de rejilla de difracción. La primera curva (trayectoria de color) 403" en el diagrama a^*b^* de la figura 4D representa un ángulo de visión fijo de doce grados, la segunda curva 405" representa un ángulo de visión fijo de veinte grados, la tercera curva 407" representa un ángulo de visión fijo de treinta grados, la cuarta curva 409" representa un ángulo de visión fijo de cuarenta grados, la quinta curva 411" representa un ángulo de visión fijo de cincuenta grados, la sexta curva 413" representa un ángulo de visión fijo de cincuenta grados, la séptima curva 415" representa un ángulo de visión fijo de setenta grados y la octava curva 417" representa un ángulo de visión fijo de ochenta grados.

45 Las coordenadas de color en las figuras 4B-4D se calcularon a partir de la respuesta espectral total de los pigmentos ya que la orientación de la fuente de iluminación del instrumento se escalonó de 0 a 70 grados desde normal a la muestra en incrementos de 10 grados para cada ángulo de visión. De este modo, cada punto de datos en cada curva representa un paso de 10 grados en la orientación de la fuente de iluminación. De este modo, el valor del ángulo de la fuente de iluminación en cada punto de datos puede determinarse contando bien desde el principio o bien desde el final de cada uno de los extremos del terminal de la trayectoria que están etiquetados como 0 ó 70 en el diagrama. Así, para un ángulo de visión de 50 grados con respecto a la superficie de la muestra, el barrido de una fuente de iluminación desde la orientación normal a un ángulo de incidencia de 70 grados resulta en un color observado correspondiente a la trayectoria.

50 La figura 4E es un conjunto de los trazados de recorrido del color en un ángulo de visión de cincuenta grados para las tres muestras azules dicróicas tratadas anteriormente en relación con las figuras 4A-4C. El primer trazado 418 representa la muestra de pigmento azul dicróico con 1.400 líneas/mm a medida que el ángulo de iluminación cambia de 0-70 grados de normal a la muestra, el segundo trazado 420 representa la muestra de pigmento azul dicróico con 2.000 líneas/mm, y el tercer trazado 422 representa la muestra plana (no estructurada) de pigmento azul no difractivo.

60 Para el pigmento azul no difractivo, la trayectoria del color 422 mostrada en el diagrama a^*b^* de la figura 4E forma una forma ovalada que tiene un vértice 428 cerca de la condición especular, y progresa en sentido contrario a las agujas del reloj con el vértice opuesto 410 en el origen, que es un camino de trayectoria típico para dichas escamas de pigmento dicróico no difractivo. Este tipo de trayectoria de color es predictiva de las trayectorias de color del

pigmento dicróico no difractivo en otros ángulos de iluminación y visión.

Para los pigmentos dicróicos azules difractivos, las trayectorias 418, 420 mostradas en el diagrama a^*b^* de la figura 4E no forman trayectorias de color regulares comúnmente asociadas con pigmentos dicróicos. Las rutas irregulares de estas trayectorias cubren un área más amplia de espacio de color con un solapamiento mínimo, que proporcionan un mayor contraste de color así como colores distintivos a lo largo de una superficie curvada. De este modo, las diversas regiones de la superficie curvada revestida con los pigmentos dicróicos difractivos azules de cambio de color mostrarán diferentes conjuntos de colores en comparación con la superficie revestida con un pigmento similar dicróico de cambio de color sin una estructura difractiva.

Donde se combinan los efectos ópticos difractivos y de interferencia, los rangos de coloración no serán simétricos generalmente sobre un punto, sino más bien serán únicos para cada posición del espectador y la iluminación. Al combinarse los efectos de cambio de color con color difractivo, la curvatura y profundidad de un objeto se destacan en esquemas de color único que varían tanto en las condiciones de iluminación difusas como en las altamente colimadas. La figura 4E muestra las trayectorias de color de las muestras cuando se ven a 50 grados con la luz incidente cambiando entre cero y 70 grados en intervalos de 10 grados. La mayor intensidad del color para una muestra no difractiva es cercana a la reflexión especular (incidencia de 50 grados) 428. Sin embargo, en el caso de los pigmentos difractivos con una frecuencia de 1.400 líneas/mm, la mayor intensidad del color se obtiene en una orientación de iluminación de aproximadamente 10 grados de la normal. En el caso de una muestra con 2.000 líneas/mm, la iluminación (normal) de cero grados 408 es la condición que crea la mayor intensidad del color. Por supuesto, otras frecuencias de ranura, formas, profundidades, etc. cambiarán las trayectorias de color en modos diferentes no vistos anteriormente.

V. Aplicaciones

La figura 5 es una sección transversal simplificada de una parte de un artículo 500 de acuerdo con una realización de la presente invención. Un objeto o sustrato 502 ha sido pintado con una capa de pintura convencional 504 o revestido o coloreado de otro modo. Por ejemplo, en algunas realizaciones el sustrato podría ser blanco y podría omitirse la capa de pintura. Se ha aplicado al artículo una capa de pintura 506 de acuerdo con una realización de la presente invención. Esta pintura incluye escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico 508 dispersas en un portador 510, como un vehículo de pintura o vehículo de tinta. En una realización, el portador es transparente, en otra está teñido, pero normalmente es transparente para aprovechar las características difractivas de las escamas de pigmento. Puede utilizarse una composición coloreada de pigmento difractivo dicróico para obtener un efecto difractivo similar al uso de una composición de pigmento difractivo (neutro) «blanco» en un objeto blanco. Por ejemplo, puede aplicarse una composición de pigmento difractivo rojo sobre un objeto rojo para obtener un efecto difractivo rojo.

En una realización particular, el objeto se pinta con pintura blanca y después de pinta por encima con una pintura de acuerdo con una realización de la presente invención. Si las escamas de pigmento difractivo son de color neutro, esto confiere un efecto difractivo blanco al objeto que puede destacar enormemente las superficies curvadas del objeto. En otras realizaciones, el pigmento difractivo no confiere un color de fondo apreciable cuando se ve en un primer ángulo de visión, pero confiere un color de fondo cuando se ven en un segundo ángulo de visión, además del /los color(es) difractivo(s).

VI. Procedimientos ejemplares

La figura 6 es un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento 600 para producir un artículo con un efecto difractivo de acuerdo con una realización de la presente invención. Se proporciona un color de fondo (paso 602). El color de fondo podría pintarse sobre el objeto con pintura convencional o podría ser el color del material del que está hecho el objeto. En una realización particular, el color de fondo es blanco. La pintura que contiene escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico se aplica al objeto (paso 604). La pintura podría tener un portador transparente o teñido y podría contener otro pigmento. Las escamas de pigmento difractivo podrían ser dicróicas o de otro modo, proporcionar una interferencia de película fina, además de ser difractivas.

La presente invención puede ser puesta en práctica en otras formas específicas sin apartarse de su espíritu o características esenciales. Las realizaciones descritas han de considerarse en todos los aspectos como ilustrativas, y no restrictivas. Por lo tanto, el alcance de la invención se indica en las reivindicaciones adjuntas en lugar de en la descripción anterior. Todos los cambios que estén incluidos en el significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones han de incluirse en su alcance.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico que comprende:
una capa de película fina dieléctrica inorgánica que incluye una superficie que tiene un modelo de rejilla de difracción.
- 10 2. La escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico de la reivindicación 1 que comprende además una segunda capa de película fina dieléctrica en la superficie de la primera capa de película fina dieléctrica inorgánica.
- 15 3. El pigmento difractivo totalmente dieléctrico de la reivindicación 2 en el que la segunda capa de película fina difractiva incluye el modelo de rejilla de difracción en una segunda superficie, siendo la segunda superficie distal de la capa de película fina dieléctrica no orgánica.
- 20 4. Una escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrica como se define en la reivindicación 1 en la que la escama incluye una pluralidad de capas de película fina dieléctricas y en la que la escama de pigmento difractivo totalmente dieléctrico tiene una reflectividad media en el espectro visible de al menos 20% medido en aire.
- 25 5. La escama de pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 4 en la que la reflectividad media en el espectro visible de la escama del pigmento difractivo totalmente dieléctrico no es superior al 90% medido en aire.
- 30 6. La escama de pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 4 en la que al menos parte de la pluralidad de capas de película fina forman un filtro dicróico.
- 35 7. La escama de pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 6 en la que el filtro dicróico refleja un primer color en un primer ángulo de visión y un segundo color en un segundo ángulo de visión.
- 40 8. La escama del pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 4 en la que el modelo de rejilla de difracción se duplica a través de al menos algunas capas adyacentes de la pluralidad de capas de películas finas dieléctricas.
- 45 9. La escama de pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 4 en la que la pluralidad de capas de finas películas dieléctricas de material dieléctrico de índice alto y material dieléctrico de índice bajo.
- 50 10. Una escama de pigmento totalmente dieléctrico como se define en la reivindicación 1, en la que la escama incluye una pluralidad de capas de finas películas dieléctricas y en la que el modelo de la rejilla de difracción se replica a través de la pluralidad de capas de finas películas dieléctricas para formar interfaces difractivas entre capas dieléctricas adyacentes.
- 55 11. La escama de pigmento totalmente dieléctrico de la reivindicación 10 en la que las interfaces difractivas proporcionan una reflectividad combinada entre el 20% y el 90% medido en aire.
- 60 12. Una composición de pigmento difractivo que comprende:
un medio de pigmento y una pluralidad de escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico de acuerdo con la reivindicación 1 dispersas en el medio de pigmento.
13. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico incluyen además:
una segunda capa dieléctrica dispuesta en el modelo de rejilla de difracción de la primera capa dieléctrica para formar una primera interfaz difractiva y que replica el modelo de rejilla de difracción para formar una segunda interfaz difractiva entre la segunda capa dieléctrica y el medio de pigmento.
14. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctricas comprenden un número impar de capas dieléctricas, incluyendo una primera capa externa y una segunda capa externa que replica el modelo de rejilla de difracción y forma interfaces difractivas con el medio de pigmento.
15. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 14 en la que la primera capa externa y la segunda capa externa son capas de índice alto y el medio de pigmento es un medio de índice bajo.
16. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 14 en la que la primera capa externa y la segunda capa externa son capas de índice bajo y el medio de pigmento es un medio de índice alto.
17. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctricas incluyen una capa dieléctrica externa que no forma una interfaz difractiva con el medio de

pigmento.

- 5
18. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 17 en la que la capa dieléctrica externa es una capa de índice bajo y el medio de pigmento es un medio de índice bajo.
19. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que el medio de pigmento es transparente.
- 10
20. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que el medio de pigmento es teñido o coloreado.
21. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 12 en la que las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctricas incluyen además una estructura de interferencia óptica de película fina.
- 15
22. La composición de pigmento difractivo de la reivindicación 21 en la que la estructura de interferencia óptica de película fina proporciona un cambio de color en función del ángulo de visión.
- 20
23. Un procedimiento para conferir un efecto difractivo a una superficie de un artículo, comprendiendo el procedimiento: el suministro de un objeto que tiene un color de fondo y la aplicación de escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico al objeto.
- 25
24. El procedimiento de la reivindicación 23 en el que el color de fondo es blanco y el efecto difractivo conferido al artículo es un efecto difractivo blanco.
25. El procedimiento de la reivindicación 23 en el que el efecto difractivo conserva fundamentalmente el color de fondo del objeto.
26. El procedimiento de la reivindicación 23 en el que las escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctrico incluyen una estructura de interferencia de película fina y la aplicación de escamas de pigmento difractivo totalmente dieléctricas al objeto confieren además un efecto de cambio de color al artículo.

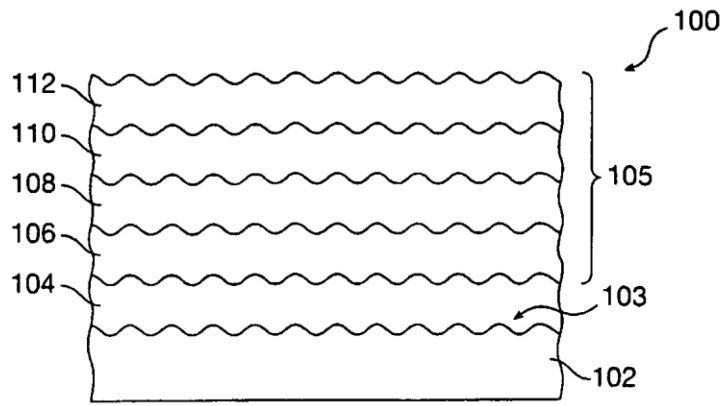


FIG. 1A

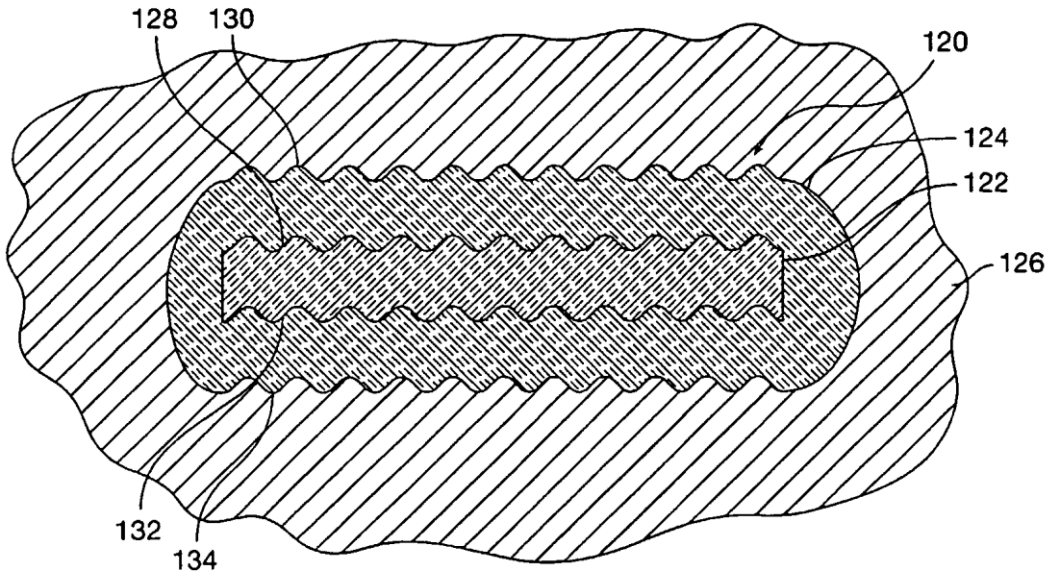


FIG. 1B

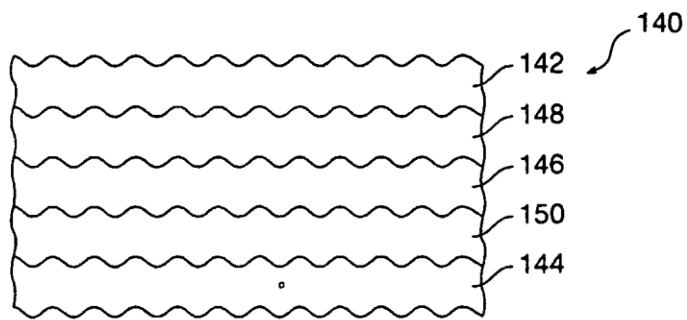


FIG. 1C

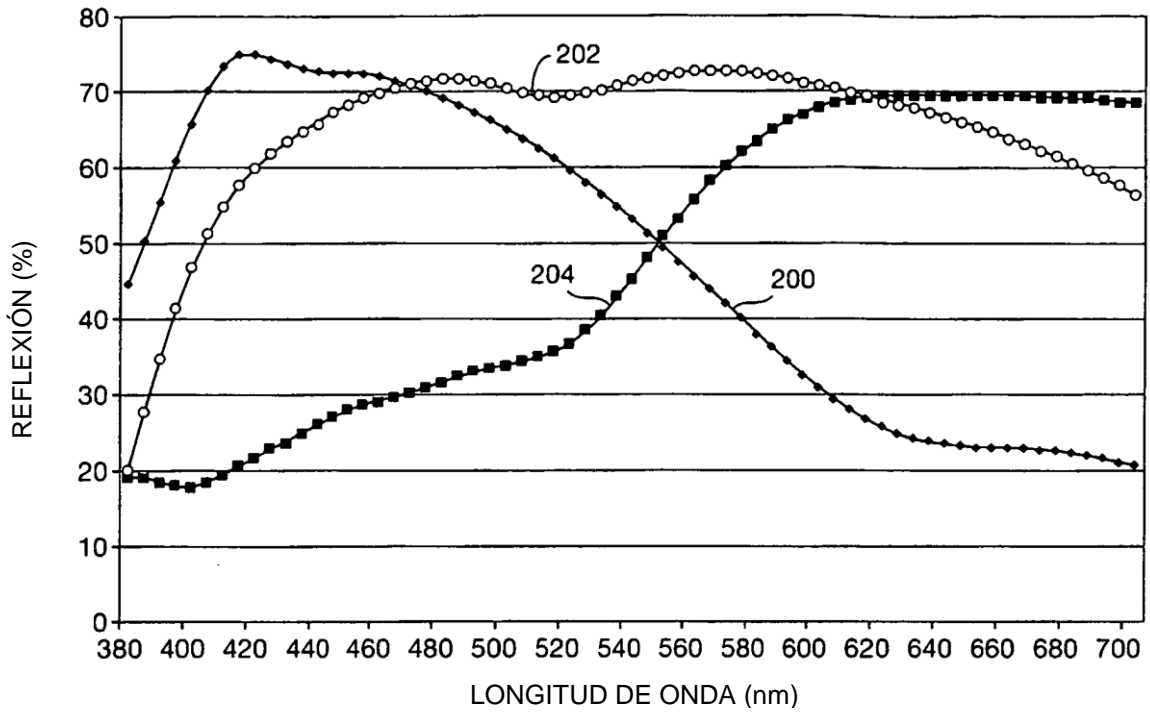


FIG. 2A

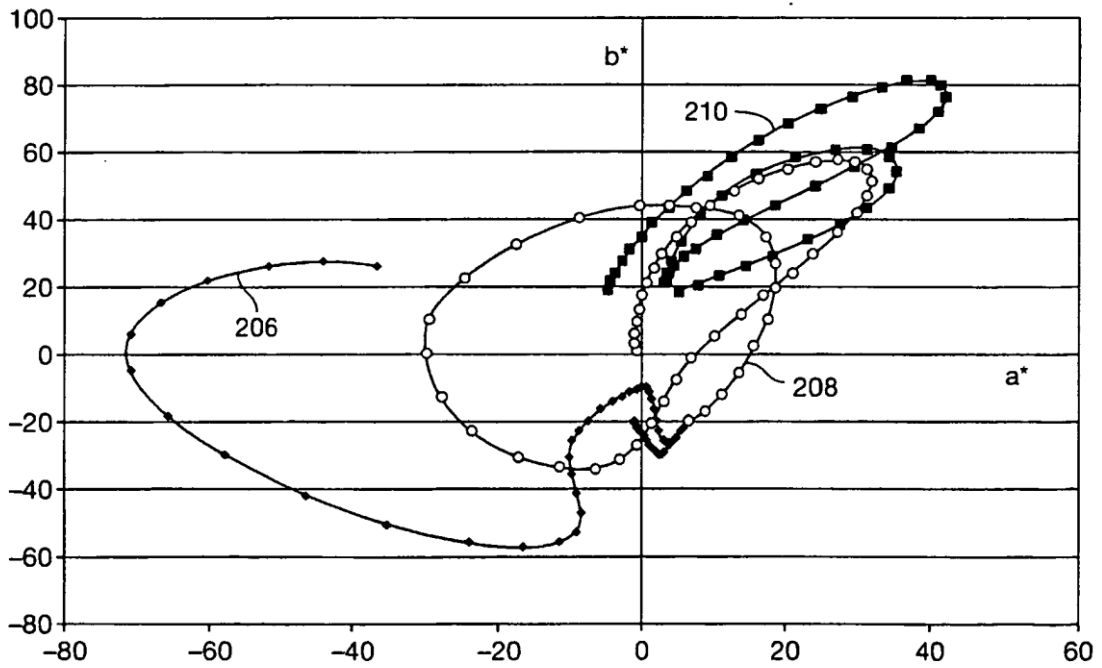


FIG. 2B

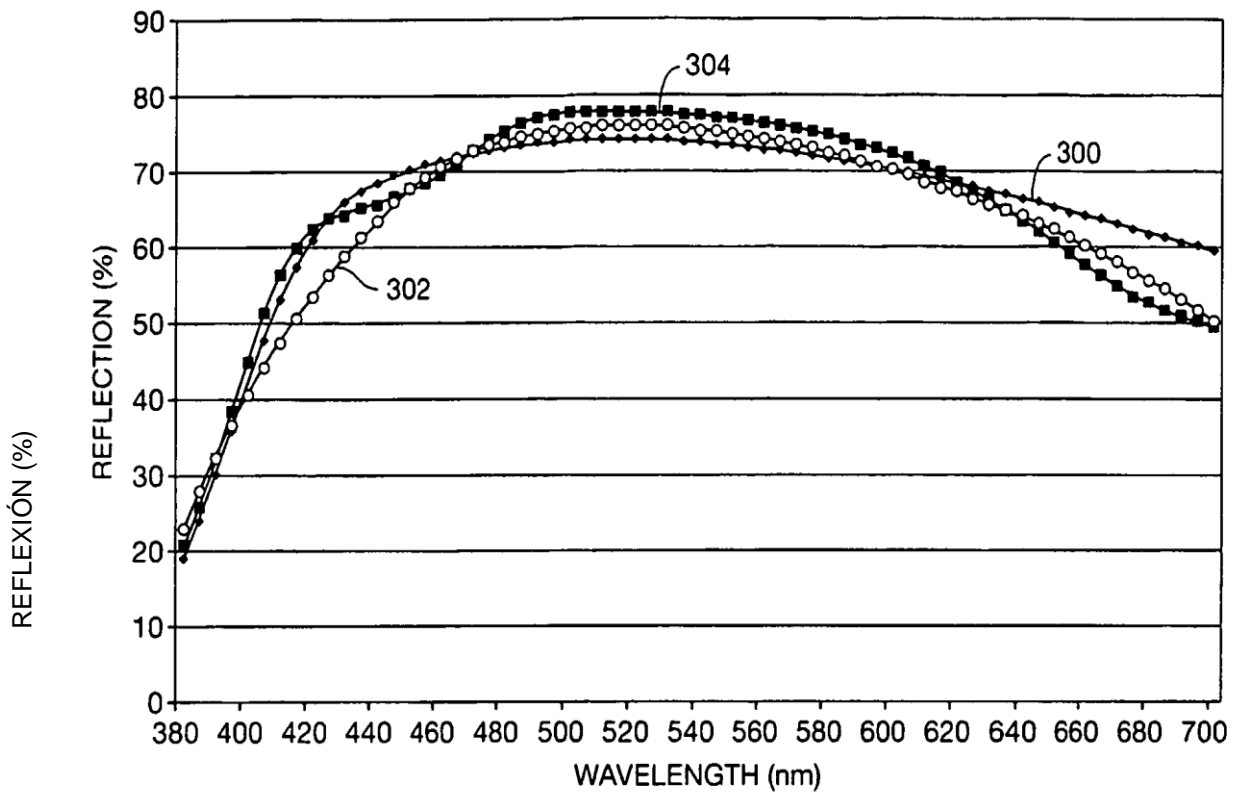


FIG. 3A
LONGITUD DE ONDA (nm)

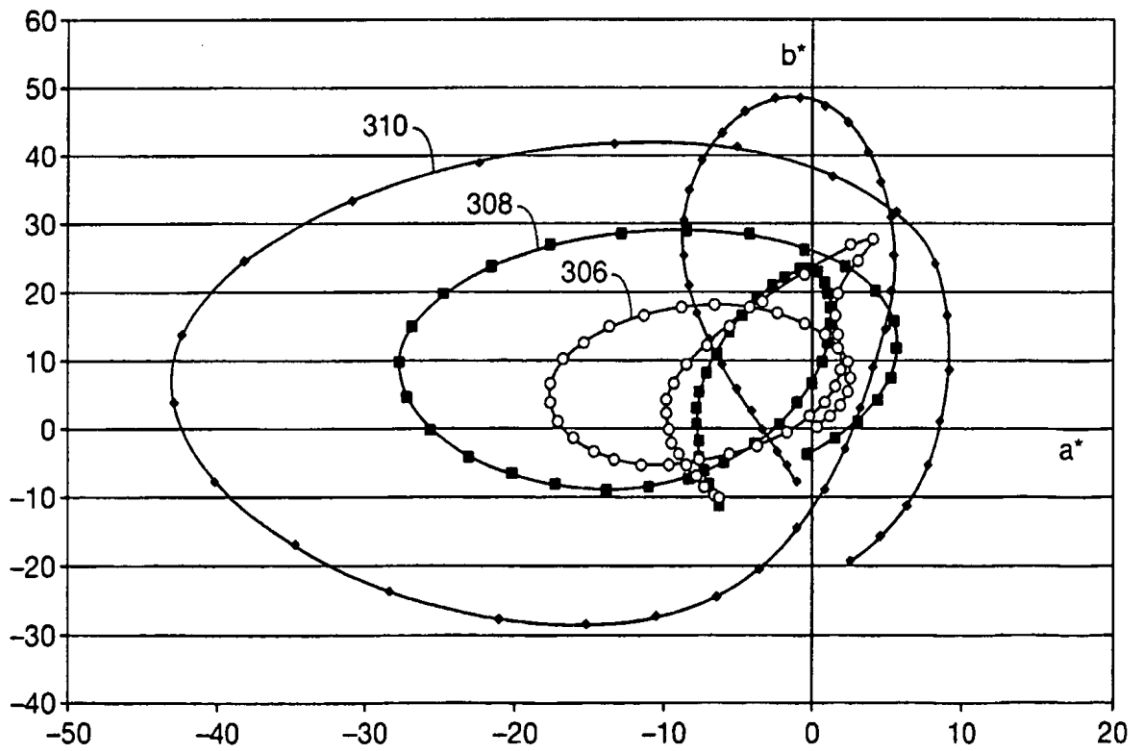


FIG. 3B

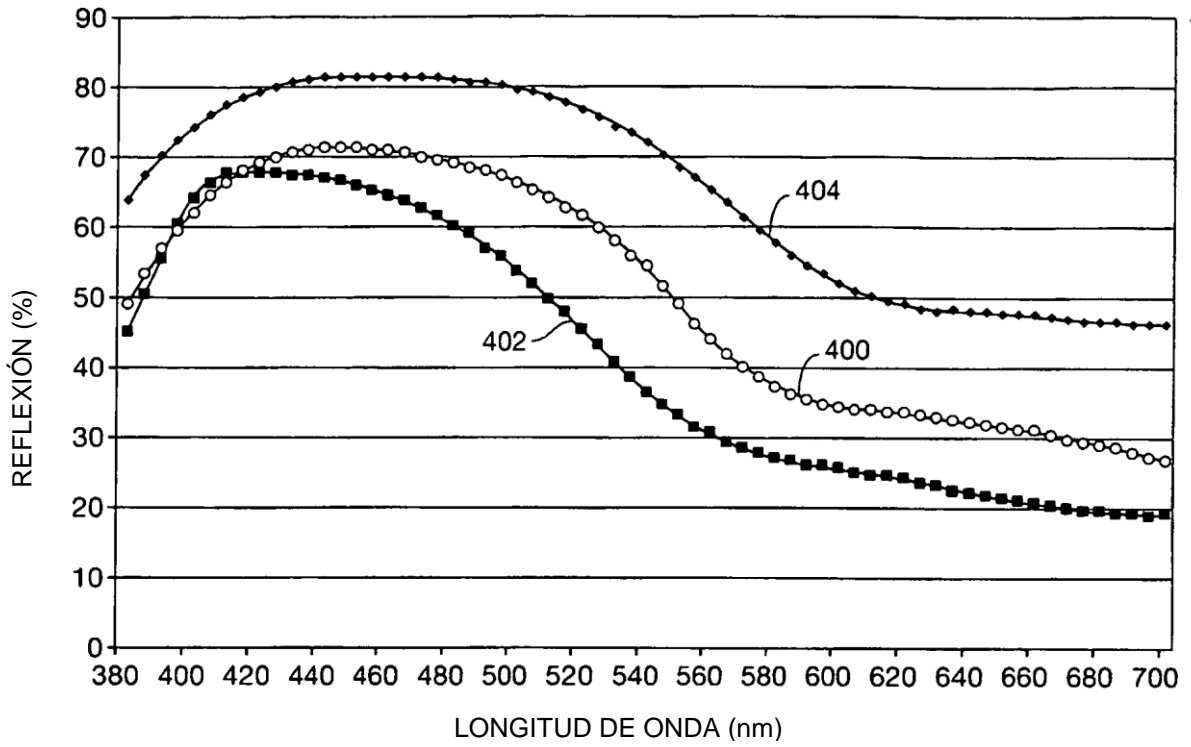


FIG. 4A

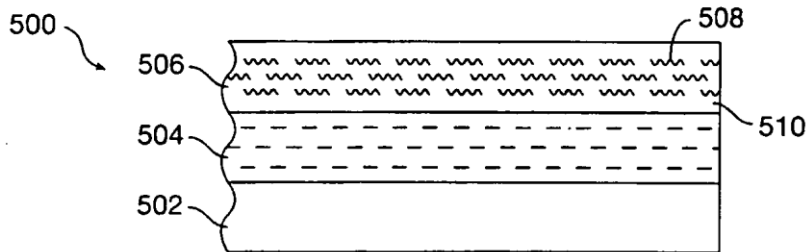


FIG. 5

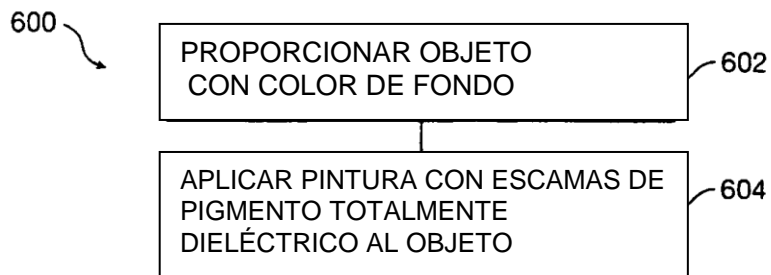


FIG. 6

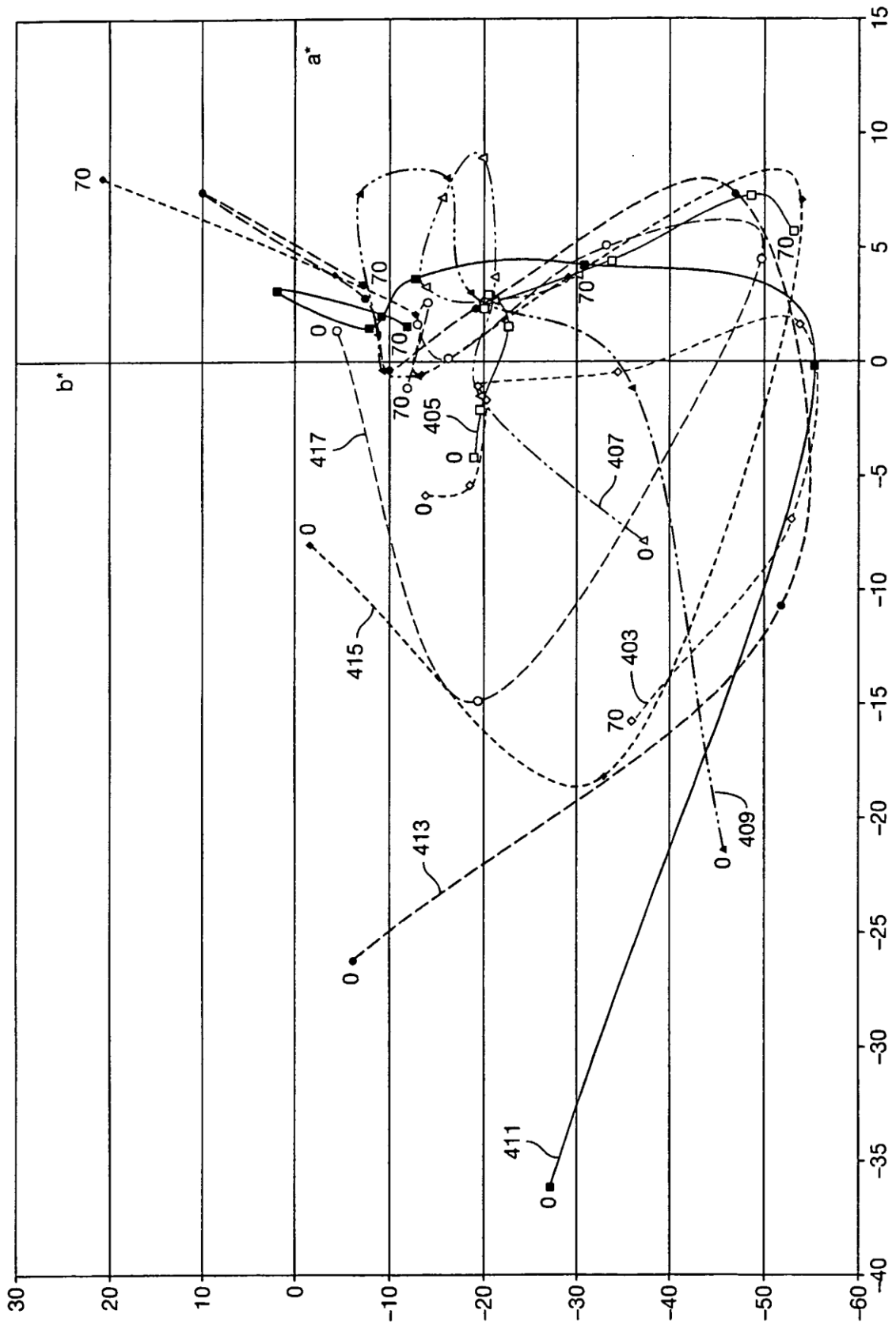


FIG. 4B

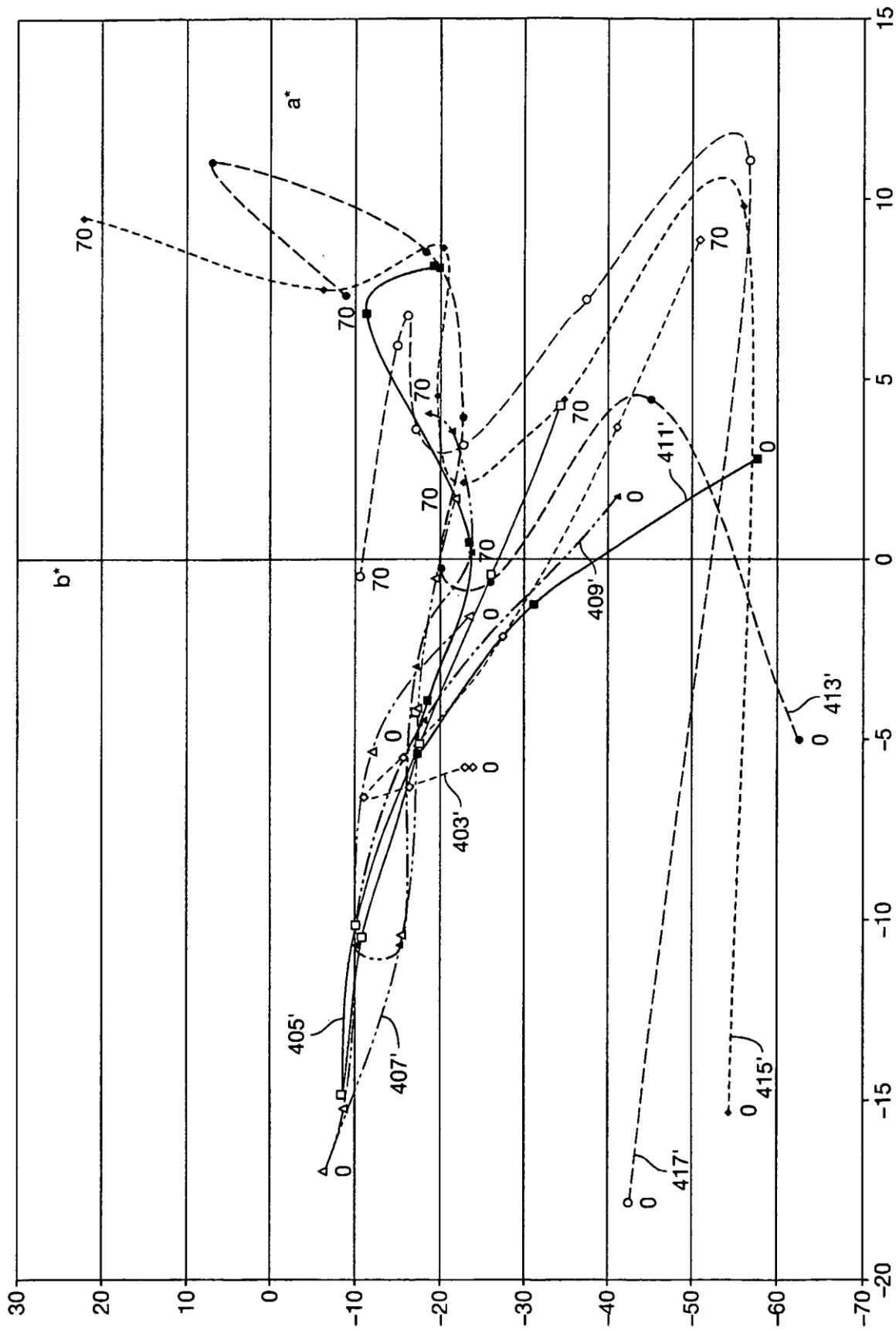


FIG. 4C

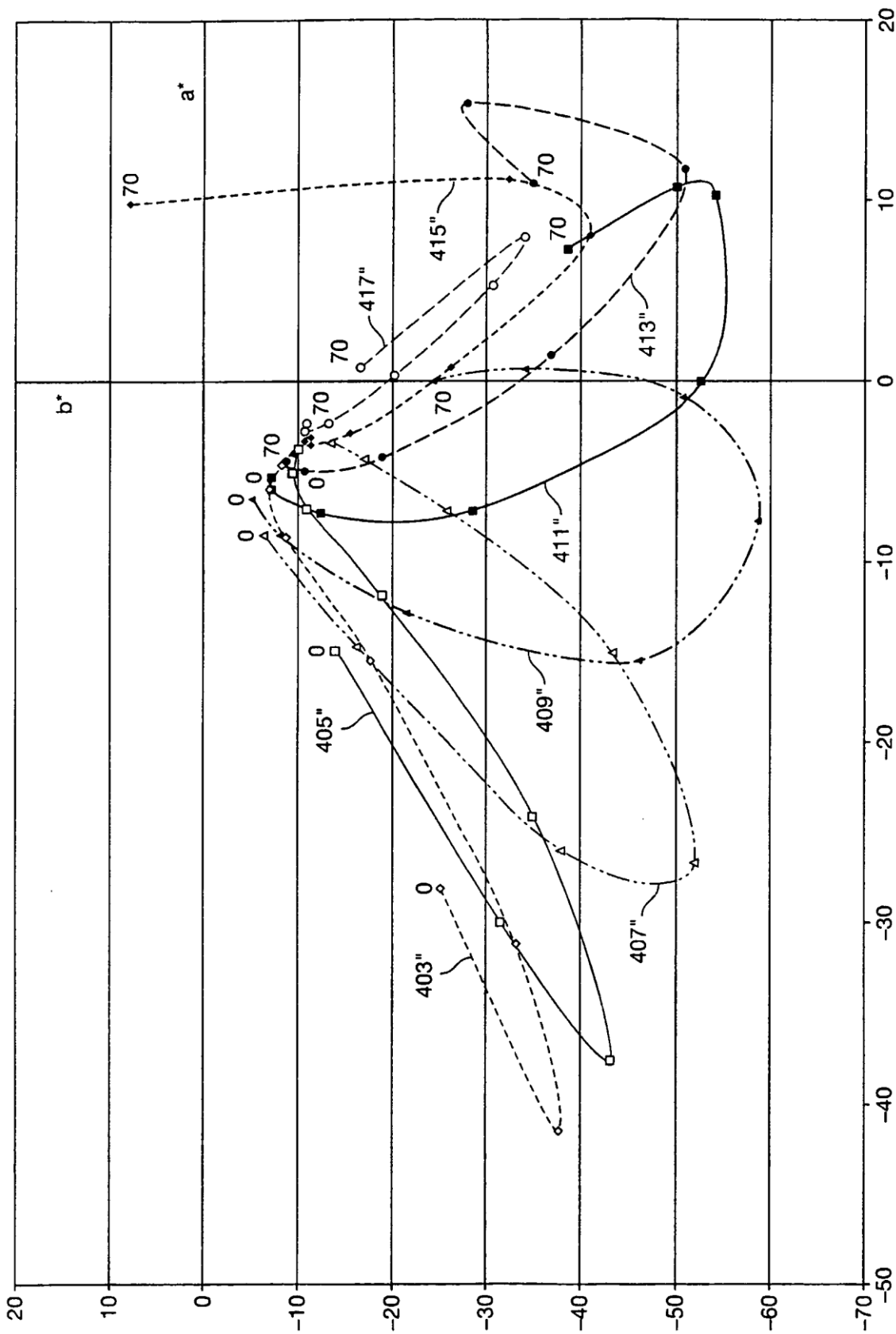


FIG. 4D

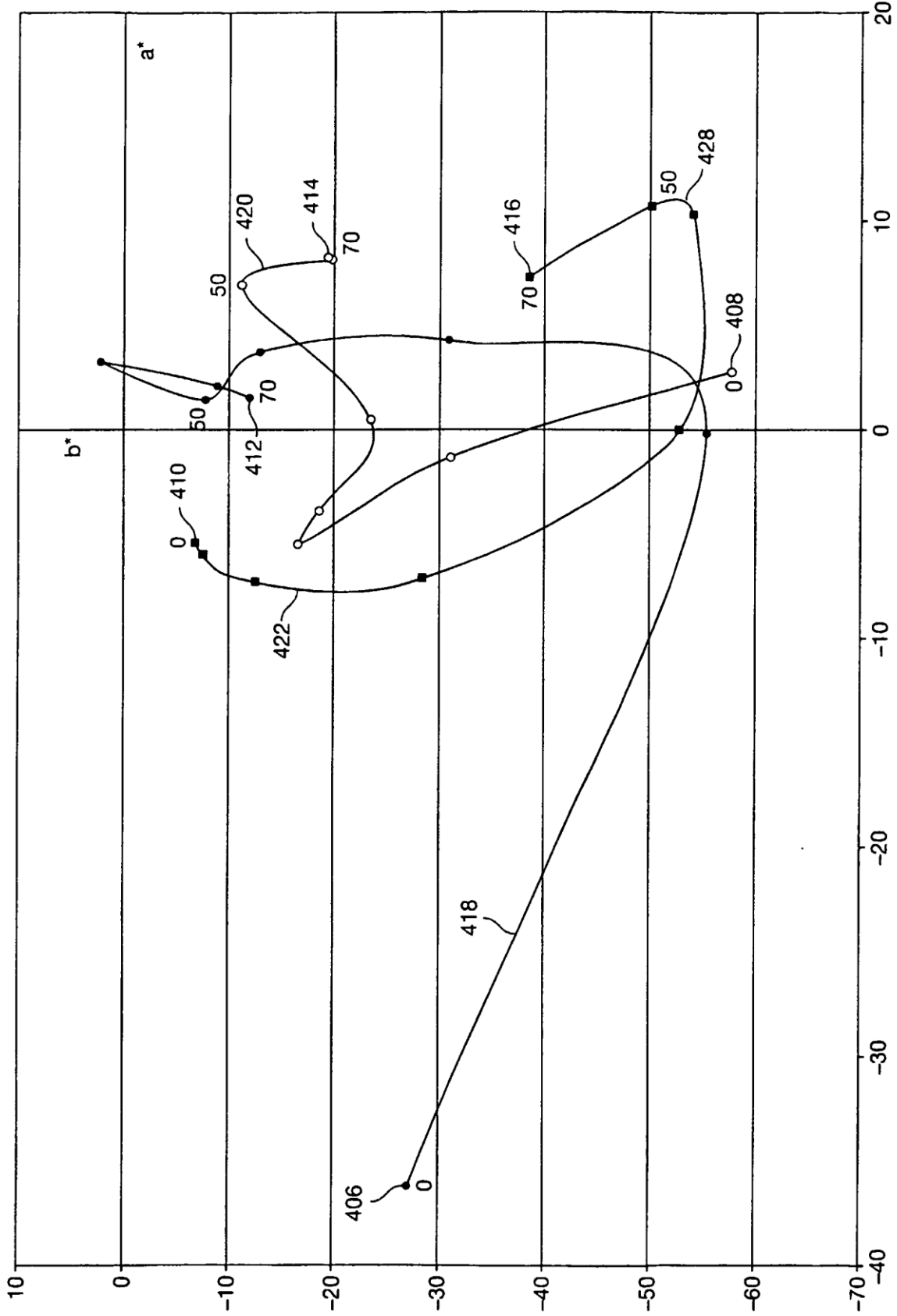


FIG. 4E