

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 201**

51 Int. Cl.:

C08F 257/02	(2006.01)	C09D 5/36	(2006.01)
C08F 265/04	(2006.01)	C09D 11/00	(2006.01)
C08F 283/00	(2006.01)	C09D 151/08	(2006.01)
C08F 283/10	(2006.01)	C09D 151/10	(2006.01)
C08F 283/12	(2006.01)	C09D 5/29	(2006.01)
C08F 291/00	(2006.01)	C09D 151/00	(2006.01)
C08L 51/00	(2006.01)	B05D 5/06	(2006.01)
C08L 51/08	(2006.01)	C08F 292/00	(2006.01)
C08L 51/10	(2006.01)	C09D 11/02	(2006.01)
C08L 67/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06826702 .0**
- 96 Fecha de presentación: **26.10.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1951825**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.08.2008**

54 Título: **Colorantes de difracción de radiación**

30 Prioridad:
01.11.2005 US 263679

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.06.2012

73 Titular/es:
**PPG INDUSTRIES OHIO, INC.
3800 WEST 143RD STREET
CLEVELAND, OH 44111, US**

72 Inventor/es:
**MUNRO, Calum H. y
MERRITT, Mark D.**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 383 201 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

Colorantes de difracción de radiación

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a colorantes de difracción de Bragg producidos a partir de partículas de núcleo-cubierta.

Antecedentes de la invención

10 La goniocromaticidad es el efecto del color percibido cuando se produce variación en el ángulo de iluminación o de observación. Los pigmentos goniocromáticos se usan, por ejemplo, como revestimientos en automóviles, revestimientos decorativos, pigmentación de plásticos, tintas de impresión (en particular tintas de seguridad), textiles y cosméticos. Su efecto óptico depende de la reflexión direccional de la luz a partir de partículas de tipo predominantemente lámina que de manera convencional son metálicas o que presentan un contraste de índice de refracción estructurado, cuya longitud de escala es comparable con la longitud de onda de la luz. De acuerdo con la naturaleza de las partículas de pigmento, se conocen pigmentos como pigmentos de efecto metálico (por ejemplo, aluminio, cinc, cobre o sus aleaciones) o pigmentos de interferencia (por ejemplo, basados en mica revestida con dióxido de titanio, tales como muscovita, flogopita y biotita).

15 Como resultado de que la luz incidente es reflejada de manera direccional por medio de las partículas predominantemente de tipo lámina, los pigmentos de efecto de color que se encuentran orientados, por ejemplo, en un revestimiento, exhiben goniocromaticidad; es decir, el color que se percibe de ellos (claridad y/o matiz y/o croma) varía con el ángulo de iluminación o de observación.

20 El documento WO 2004/098793 describe un procedimiento para mejorar el brillo de color y la estabilidad de un sistema polimérico de color que consiste en una matriz y partícula poliméricas discretas distribuidas en la matriz de acuerdo con una estructura reticular de espacio definido y se obtiene por medio de formación de película de un polímero de emulsión que presenta una estructura de núcleo/cubierta.

25 Existe la necesidad de materiales goniocromáticos duraderos que se puedan producir en forma de partículas y que resulten apropiados para su uso como colorantes con mínima turbidez.

Sumario de la invención

30 La presente invención va destinada a un material de difracción de la radiación que comprende una agrupación periódica y ordenada de partículas que se mantienen en una matriz polimérica en la que dichas partículas comprende cada una un núcleo rodeado por una cubierta, de una composición que no forma película que es diferente de dicha matriz, en la que el índice de refracción de dicho núcleo es diferente del índice de refracción de dicha cubierta.

La invención además va destinada a un procedimiento para la producción de una composición coloreada que comprende:

- 35 - aplicar una dispersión de partículas de núcleo-cubierta a un sustrato, siendo los núcleos sustancialmente no aptos para hinchamiento y siendo las cubiertas no formadoras de película;
- disponer las partículas en una agrupación periódica ordenada que provoca la difracción de la radiación;
- revestir la agrupación de partículas con una composición de matriz;
- alterar la composición de las cubiertas que comprenden los monómeros o el disolvente a partir de la composición de la matriz polimérica para difundir con un gradiente a través del espesor de la cubierta, produciendo de este modo el hinchamiento de la cubierta, con el fin de crear una diferencia en el índice de refracción entre la cubierta y el núcleo, escogiendo de este modo la intensidad de color exhibida por los colorantes;
- 40 - fijar la agrupación revestida de partículas de núcleo-cubierta para formar un material de difracción de radiación;
- desmenuzar el material de difracción de radiación para dar lugar a una forma particulada y
- 45 - dispersar el material de difracción de radiación en un aglutinante resinoso.

El presente procedimiento además va destinada a un procedimiento para producir un material de difracción de radiación que comprende las etapas de:

- aplicar una dispersión de partículas de núcleo-cubierta sobre un sustrato, siendo los núcleos sustancialmente no aptos para hinchamiento y siendo las cubiertas no formadoras de película;
- 50 - agrupar las partículas en una agrupación periódica ordenada que provoca la difracción de la radiación;
- revestir la agrupación de partículas con una composición de matriz;
- provocar el hinchamiento de las cubiertas por medio de la difusión de los componentes de la matriz hacia el interior de las cubiertas produciendo de este modo un gradiente de índice de refracción a través del espesor de la cubierta, y

- fijar la agrupación de partículas revestidas.
- de manera opcional, retirar la agrupación fija del sustrato y desmenuzar la agrupación fija para dar lugar a una forma de partículas.

Breve descripción de los dibujos

5 La Figura 1 es un corte transversal de material de difracción de la radiación preparado de acuerdo con la presente invención;

La Figura 2 es una vista detallada del material de difracción de radiación de la Fig. 1 que muestra la difracción de Bragg de luz visible en un ángulo de visión; y

10 La Figura 3 es un esquema de un procedimiento para la preparación del material de difracción de la radiación de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

15 La presente invención proporciona materiales de difracción de la radiación que comprenden una agrupación periódica y ordenada de partículas de núcleo-cubierta dentro de una matriz como se ha definido anteriormente. Los materiales son apropiados para su uso en forma de partículas como colorantes, entre otras cosas. Según se emplea en el presente documento, el término "colorantes" se refiere a materiales de difracción de radiación que provocan la difracción de la misma en el espectro visible, mientras que los materiales de difracción de la radiación se refieren a un material que provoca la difracción de cualquier longitud de onda de la radiación electromagnética.

20 El material de núcleo y el material de cubierta presentan diferentes índices de refracción. Además, el índice de refracción de la cubierta puede variar en función del espesor de la cubierta como gradiente de índice de refracción a través del espesor de la cubierta. El gradiente de índice de refracción es el resultado de un gradiente en la composición del material de cubierta a través del espesor de la cubierta.

25 En una realización de la invención, el gradiente a través del espesor de cubierta de la composición y las propiedades se producen mediante la aplicación de una dispersión de partículas polimerizables de núcleo-cubierta sobre un sustrato, siendo los núcleos sustancialmente no aptos para hinchamiento y siendo las cubiertas no aptas para la formación de película. Las partículas se encuentran dispuestas según una agrupación periódica ordenada que provoca la difracción de la radiación, y la agrupación de partículas se encuentra revestida con una composición de matriz. Uno o más componentes de la matriz difunden hacia el interior de las cubiertas dando lugar a gradientes de la composición de cubierta y de las propiedades de la cubierta. La composición de matriz puede incluir monómeros aptos para reticulación. La polimerización de los monómeros de matriz de la cubierta y de la matriz fija la agrupación.

30 En el presente documento se describe un sistema para producir un material de difracción de la radiación que presenta un sustrato para recibir una dispersión de partículas que forman una agrupación periódica y ordenada y un dispositivo de suministro de matriz para revestir la agrupación con una composición de matriz. Se dispone una fuente de radiación para iluminar la agrupación revestida al tiempo que el detector de radiación mide el espectro de la radiación sometida a difracción por parte de la agrupación revestida. Se ajusta el espacio entre las partículas para conseguir una longitud de onda deseada de la radiación sometida a difracción. Un sistema de curado provoca el curado de los componentes de la agrupación revestida y fija las posiciones relativas de las partículas.

35 Haciendo referencia a las Figs. 1 y 2, el material de difracción de radiación de la presente invención incluye una agrupación periódica y ordenada de partículas 4 en una matriz polimérica 6. Las partículas 4 están formadas por un núcleo 8 rodeado por una cubierta 10. El material de la cubierta 10 es no formador de película y es diferente del material de la matriz 6. Como tal, la agrupación incluye al menos tres zonas generales, la matriz 6, la cubierta de partícula 10 y el núcleo de partícula 8. Típicamente, de manera general, las partículas 4 son esféricas con el diámetro del núcleo 8 formando de 80 a 90 por ciento del diámetro total de partícula u 85 por ciento del diámetro total de partícula con la cubierta 10 formando el equilibrio del diámetro total de partícula y presentando una dimensión radial de espesor. El material del núcleo y el material de la cubierta presentan diferentes índices de refracción. Además, el índice de refracción de la cubierta varía en función del espesor de la cubierta en forma de un gradiente de índice de refracción a través del espesor de la cubierta. El gradiente de índice de refracción es el resultado de un gradiente de la composición del material de cubierta a través del espesor de la cubierta.

40 El material de la matriz es un polímero orgánico tal como poliestireno, un poliuretano, un polímero acrílico, un polímero alquídico, un poliéster, un polímero que contiene siloxano, un polisulfuro, un polímero que contiene epoxi o un polímero procedente de un polímero que contiene epoxi. El material de los núcleos de partícula también es polimérico y se puede escoger entre los mismos polímeros que el material de la matriz y también puede ser un material inorgánico tal como un óxido de metal (por ejemplo, alúmina, sílice u óxido de titanio) o un semiconductor (por ejemplo, seleniuro de calcio). El(los) polímero(s) de las cubiertas de partícula se pueden escoger entre la misma lista de polímeros que el material de la matriz; no obstante, para una agrupación particular de partículas, el(los) polímero(s) de la cubierta de partícula difiere del(de los) polímero(s) del material de matriz. Por "no formador de película" se entiende que el material de cubierta permanece en una posición que rodea al núcleo de cada partícula sin formar una película de material de cubierta; como tal, las partículas de núcleo-cubierta son partículas discretas

dentro del material de matriz. Dichas partículas de núcleo-cubierta se pueden producir por medio de polimerización en emulsión de los monómeros de núcleo seguido de polimerización de los monómeros de cubierta sobre los mismos.

5 Las partículas de núcleo-cubierta resultantes se disponen según una agrupación ordenada por medio de la dispersión de las partículas de núcleo-cubierta en un vehículo y del revestimiento de la dispersión sobre un sustrato. La dispersión de las partículas puede contener de 1 a 70 % en volumen de las partículas, o de 30 a 65 % en volumen de las partículas. Una composición apropiada para vehículo es agua. Se puede revestir la dispersión sobre un sustrato por medio de varias técnicas que incluyen inmersión, pulverización, cepillado, revestimiento de rodillos, revestimiento por gravedad, revestimiento de cortina, revestimiento de flujo, revestimiento por rendija de troquel o revestimiento por chorro de tinta. Las partículas de la dispersión presentan todas la misma carga, lo que provoca que se repelan unas a otras y formen una agrupación de partículas periódica. El sustrato revestido con la capa de dispersión se seca con el fin de retirar el vehículo de la dispersión de manera que las partículas se empaqueten de forma sustancialmente adyacente unas con otras en tres dimensiones. El secado se puede llevar a cabo usando aire forzado, o por medio de calentamiento convectivo o radiativo del sustrato y/o de la dispersión.

15 Se aplica un material de matriz precursor (que contiene monómeros) a las partículas empaquetadas sobre el sustrato por medio de cualquier técnica tal como pulverización, cepillado, revestimiento de rodillos; revestimiento por gravedad, revestimiento de cortina, revestimiento de flujo, revestimiento por rendija de troquel o revestimiento por chorro de tinta de forma que la composición-matriz fluida inter-penetre en la agrupación. Los monómeros de la composición de matriz fluyen alrededor de las partículas de núcleo-cubierta y rellenan los espacios intersticiales entre las partículas de la agrupación empaquetada. Algunos monómeros de matriz difunden hacia el interior de las cubiertas de las partículas, produciendo de este modo el hinchamiento de las cubiertas y aumentando el espesor de la cubierta. Los monómeros de matriz difunden hacia el interior de las células como gradiente a través del espesor de las cubiertas, presentándose la mayor concentración de monómeros de matriz en el borde externo de la cubierta y la menor concentración de monómeros de matriz siendo adyacente a la interfase entre la cubierta y el núcleo.

25 La composición de matriz se somete a curado (tal como por medio de exposición a luz ultra-violeta) para polimerizar el material de matriz en los intersticios de la agrupación y el material de matriz que difunde hacia el interior de las cubiertas de partícula, dando lugar a la fijación de la dimensión de las cubiertas y la posición de las partículas dentro del polímero de la matriz. Se pueden usar otros mecanismos de curado para fijar la composición de la matriz en el interior y alrededor de las partículas. Los monómeros de matriz que han difundido hacia el interior de las cubiertas polimerizan dentro de las cubiertas creando un gradiente de polímero de matriz en la cubierta, estando la concentración más elevada de polímero de matriz en el borde externo de la cubierta adyacente a la matriz y estando la concentración más baja del polímero de matriz adyacente a la interfase entre la cubierta y el núcleo.

35 Haciendo referencia a la Figura 2, la agrupación de partículas 2 provoca la difracción de la radiación de acuerdo con la ley de Bragg. La radiación incidente (rayo I) es parcialmente reflejada (rayo Tri) en la capa más superior de partículas de la agrupación con un ángulo Θ con respecto al plano de la primera capa y es parcialmente transmitida (rayo T) hacia las capas de partículas subyacentes. También tiene lugar parte de absorción de la radiación incidente. Posteriormente, la parte de la radiación transmitida es a su vez reflejada (rayo R2) en la segunda capa de partículas de la agrupación con un ángulo Θ (con cierta absorción) y parcialmente transmitida a las capas de partículas subyacentes. Esta característica de reflexión parcial a un ángulo Θ y la transmisión parcial a las capas de partículas subyacentes continúa a través del espesor de la agrupación. La longitud de onda de la radiación reflejada satisface la ecuación:

$$m\lambda = 2nd\sin\Theta$$

45 en la que (m) es un número entero, (n) es el índice de refracción eficaz de la agrupación y (d) es la distancia entre las capas de partículas. El índice de refracción eficaz (n) se aproxima de forma estrecha como una media de volumen del índice de refracción de los materiales de las partículas. Para partículas generalmente esféricas, la dimensión (d) es la distancia entre el plano de los centros de las partículas en cada capa y es proporcional al diámetro de partícula. En dicho caso, la longitud de onda reflejada λ también es proporcional al diámetro de partícula.

50 En el presente documento, se divulga un sistema para producir un material de difracción de la radiación. En la Figura 3, se reviste una dispersión de partículas 22 sobre un sustrato 24. La Fig. 3 muestra el sustrato 24 que viaja en la dirección de la flecha A y que se sumerge en el interior de un recipiente que contiene la dispersión 22 para revestir la dispersión 22 sobre el sustrato 24, pero este procedimiento de aplicación de la dispersión 22 sobre el sustrato no significa que sea limitante y puede incluir los procedimientos descritos anteriormente. Las partículas 4 forman una agrupación periódica y el vehículo es retirado de la dispersión en 26 (tal como mediante evaporación) para dar lugar esencialmente solo a una agrupación periódica de partículas 4 que permanecen sobre el sustrato 24. La agrupación de partículas es inter-penetrada con una composición fluida de monómero de matriz en 28. Parte de la composición de monómero difunde hacia el interior de las cubiertas, aumentando de este modo el espesor de la cubierta (y el diámetro de partícula) hasta que la composición de matriz experimenta curado en 30. La duración de tiempo entre la aplicación de los monómeros sobre la agrupación y el curado en 30 determina, en parte, el grado de hinchamiento por parte de las cubiertas.

Se puede escoger la longitud de onda y la intensidad de luz reflejada mediante la variación del espaciado (d) entre las capas (ajustando el tamaño de las partículas), la cantidad de capas de partículas, la diferencia en cuanto al índice de refracción entre la matriz polimérica y las partículas, y el índice de refracción eficaz (n) del material de difracción de radiación de acuerdo con la Tabla 1.

5

TABLA 1

Variable (con otras variables constantes)	Variable aumentada	Variable reducida
Espaciado entre las capas (d)	Mayor λ	Menor λ
Número de capas	Intensidad mayor	Menor intensidad
Diferencia en el índice de refracción entre las partículas y la matriz	Intensidad mayor	Menor intensidad
Grado de cambio del índice de refracción entre la matriz y las partículas	Más dispersión y turbidez	Menor dispersión y turbidez
Índice de refracción eficaz (n)	Mayor λ	Menor λ

10

15

Se puede alterar la distancia (d) entre las capas de partículas en la agrupación para modificar la longitud de onda de la radiación sometida a difracción, es decir, aumentar la distancia (d) entre partículas con el fin de aumentar la longitud de onda o disminuir la distancia entre partículas (d) para disminuir la longitud de onda. Se apreciará que el tamaño de partícula de las partículas pre-conformadas que tienen una dimensión fija no se ajusta fácilmente en una operación continua. Por tanto, en una realización de la invención, cuando se necesita un cambio en el tamaño de partícula para ajustar la longitud de onda de difracción, se pueden usar las partículas que tiene un diámetro mayor para preparar la configuración. Esto requiere que el procedimiento se modifique con respecto a la operación con diferentes partículas que pueden no permitir la preparación continua de la agrupación sobre el sustrato. No obstante, las partículas de núcleo-cubierta de la presente invención son particularmente apropiadas para el ajuste en línea del tamaño de partícula. El tamaño de partícula, en parte, viene determinado por el grado de hinchamiento de la cubierta, es decir, la cantidad de monómeros de matriz cuya difusión se encuentra permitida hacia el interior de la cubierta antes del curado.

20

25

30

35

40

La agrupación periódica de partículas exhibe difracción de Bragg de radiación que se puede controlar por medio de una fuente 32 de radiación de iluminación, un detector de radiación difractada 34, que incluye un espectrografo 36 (que muestra la absorbancia como función de la longitud de onda) y un sistema de control 38 para ajustar la longitud de onda de la radiación difractada. La fuente 32 de radiación de iluminación puede incluir un diodo emisor de luz (LED) y fibras ópticas para transportar la luz de iluminación desde el LED hasta la agrupación y la luz reflejada desde la agrupación de nuevo hasta el detector 34. La longitud de onda de la radiación de iluminación puede ser en el espectro visible o en el espectro no visible. La radiación difractada por la agrupación y la reflejada de nuevo desde la agrupación es recibida por el detector y puede ser desplegada en el espectrografo 36. El sistema 36 incluye un sistema de control 38 (tal como un ordenador con un soporte lógico) para correlacionar el espectro medio de la luz difractada con un aspecto deseado y para alterar la longitud de onda de la radiación difractada. El sistema de control 38 determina la duración de tiempo durante la cual se permite que los monómeros de la matriz difundan hacia el interior de las cubiertas de partícula. Si el sistema de control determina que la longitud de onda de la radiación difractada es menor que la deseada, el sistema de control 38 aumenta el tiempo antes del curado con el fin de permitir que más monómeros difundan hacia el interior de las cubiertas de partícula, aumentando de este modo el diámetro de partícula y aumentando la distancia entre partículas (d). Por ejemplo, la velocidad de movimiento del sustrato 24 se puede ralentizar con el fin de aumentar el tiempo de difusión de los monómeros de la matriz hacia el interior de las cubiertas de partícula antes del curado. Se puede escoger un aspecto coloreado deseado de la agrupación 2 usando el ordenador 38 para correlacionar el espectro reflejado en 36 con el color aparente. Por ejemplo, una sombra deseada de luz azul reflejada desde la agrupación 2 presenta un espectro de firma de absorbancia frente a longitud de onda. Cuando el ordenador 38 determina que el espectro de absorbancia coincide de manera suficiente con el espectro de firma deseado, la agrupación 2 producida exhibe la luz azul deseada. De este modo, se puede controlar la producción de la agrupación 2 en base al espectro de absorbancia. Se puede apreciar que otros tipos de componentes para la fuente de radiación 32, el detector 34, el espectrografo 36 y el sistema de control 38 se encuentran dentro del alcance de la invención.

45

El material de difracción de radiación puede permanecer sobre el sustrato como película goniométrica que cubre el sustrato. De manera alternativa, se puede retirar el material de difracción de radiación del sustrato como película continua para la aplicación a un dispositivo tal como por medio de laminado usando adhesivos o similares. En otra realización de la invención (como se muestra en la Figura 3), se desmenuza el material de difracción de radiación para dar lugar a una forma de partículas (por ejemplo, en forma de escama) para su uso como colorante en una composición de revestimiento coloreada cuando la radiación reflejada es la luz visible. La composición de

revestimiento coloreada puede ser una pintura, tinta, un producto cosmético u otra composición decorativa.

El tamaño medio de partícula es de 0,01 a 1 μm o de 0,06 a 0,5 μm . La distancia (d) entre la capas se controla sustancialmente por medio del tamaño de las partículas. Si el tamaño de partícula varía en el interior de una capa o si el tamaño de partícula varía entre capas, el espaciado (d) entre las capas varía a través del agrupación. Como se ha comentado anteriormente, la longitud de onda λ de la luz reflejada bajo la condición de Bragg es una función del espaciado (d) entre capas. La distribución del tamaño de partícula provoca la variación de la longitud de onda de la luz reflejada, lo que se observa como una anchura de banda más amplia de luz que exhibe una mezcla de colores en lugar de un color nítido y limpio. Por tanto, con el fin de mantener una agrupación regular, las partículas presentan un tamaño similar y, preferentemente, difieren en cuanto a tamaño unas de otras un máximo de 15 % o un máximo de 5 por ciento.

Para su uso en revestimientos típicos de automóvil y revestimientos industriales (por ejemplo, teléfonos móviles) de espesor convencional, el material de difracción de la radiación puede presentar un espesor máximo de 20 μm , tal como 10 μm o menos o 5 μm o menos, tal como 2 μm . Los materiales sustancialmente más gruesos que 20 μm puede resultar difíciles de dispersar de forma apropiada y de alinear en un revestimiento típico de automóvil o industrial. Los materiales con espesor sustancialmente mayor que 20 μm también pueden causar la formación de rugosidad en la superficie de un revestimiento típico de automoción o industrial, provocando una disminución de brillo del revestimiento, lo que puede resultar deseable o no. Los materiales más gruesos pueden resultar deseables o aceptables en otro tipo de revestimientos que son más gruesos que los revestimientos de automóvil y también pueden resultar aceptables o deseables, por ejemplo, en la pigmentación de plásticos, materiales textiles y productos cosméticos y/o en aplicaciones en las que se desea una apariencia "rugosa" o con menor brillo. Se escoge el número de capas de partículas en el material de difracción de radiación con el fin de lograr las propiedades ópticas deseadas usando el número mínimo de capas para lograr la intensidad de color deseada. En estas dimensiones, el material de difracción de radiación presenta una proporción de aspecto que permite que los materiales de la composición de revestimiento se alineen unos con otros, y con el sustrato revestido, a lo largo de sus ejes. Una proporción de aspecto apropiada para el material de difracción de radiación en una composición de revestimiento para automoción es de al menos 2, o de 5 a 100, tal como 10.

Se puede aumentar el efecto de interferencia (la intensidad de radiación reflejada) aumentando el número de capas de la agrupación. Mientras que se necesitan al menos dos capas para inducir un efecto de Bragg sobre la luz incidente, al menos diez capas de partículas pueden lograr la intensidad deseada de la radiación reflejada. Menos capas de partículas reflejan menos radiación, disminuyendo de este modo la intensidad de la radiación reflejada y tendiendo a ensanchar la longitud de onda de la radiación reflejada. Se pueden usar más que aproximadamente diez capas en determinadas aplicaciones cuando se desea una intensidad mayor de radiación reflejada. Un aumento del espesor de la cubierta (es decir, un aumento del tamaño de partícula) aumenta la distancia (d) entre las capas de partículas de la agrupación, aumentando de este modo la longitud de onda de la radiación difractada.

El efecto de interferencia también aumenta cuando aumenta la diferencia del índice de refracción entre las partículas y la matriz que las rodea. En las agrupaciones de Bragg convencionales de partículas empaquetadas, el índice de refracción eficaz del material en un plano a través de los centros de la capa de partículas se encuentra próximo al índice de refracción de las partículas debido a que poco o nada del material de matriz se encuentra en ese plano. Un plano tomado a través de los bordes de las partículas pasa a través del material de matriz y del material de las partículas. Además, el índice de refracción eficaz a través del plano de los bordes de las partículas viene determinado por ambos materiales, (matriz y partícula convencional) y la diferencia de índice de refracción eficaz entre el plano de los centros de las partículas y el plano a través de los bordes de las partículas es bastante menor que la diferencia del índice de refracción entre el material de partícula y el material de matriz.

Por el contrario, las partículas de tipo núcleo-cubierta de la presente invención proporcionan un diferencia mayor en cuanto al índice de refracción (y un efecto de interferencia mayor) que las partículas convencionales debido a la presencia de la cubierta. El índice de refracción eficaz del material 2 tomado a través del plano C a través de los centros de partículas está basado principalmente en el índice de refracción del material de núcleo. El índice de refracción eficaz del material 2 tomado a través del plano S a través de las cubiertas de las partículas está basado en el índice de refracción del material de cubierta y del material de matriz. De esta forma, la diferencia en el índice de refracción entre el plano C y el plano S se maximiza y puede ser mayor que la que se consigue con las partículas convencionales (núcleo-cubierta).

Además, mientras que una diferencia mayor en cuanto al índice de refracción entre las partículas y la matriz que las rodea induce una intensidad mayor de radiación reflejada, típicamente se asocia cierta dispersión de la radiación incidente con un cambio de etapa en el índice de refracción tal como el que puede existir entre la matriz y las partículas de las agrupaciones de Bragg convencionales. La radiación incidente reflejada reduce la intensidad de la radiación reflejada en la longitud de onda deseada y ensancha el espectro de la radiación reflejada. Para la difracción de Bragg de luz, el color reflejado parece difuso. Este fenómeno no deseado de dispersión de radiación se minimiza en la presente invención cuando el cambio en el índice de refracción del material de refracción de la radiación es menos dramático. El índice de refracción del material de refracción de radiación cambia desde el índice de refracción del polímero de matriz hasta un gradiente de índice de refracción a través del espesor de la cubierta correspondiente al gradiente de concentración del polímero de matriz a través del espesor de la cubierta.

La presente invención no se encuentra limitada al uso de luz visible de difracción. Se puede reflejar otras longitudes de onda de radiación electromagnética fuera del espectro visible, tal como radiación ultravioleta o radiación infrarroja. Se puede usar la agrupación ordenada en la matriz para reflejar dicha radiación con el fin de evitar o minimizar la exposición del sustrato sobre el cual se coloca la agrupación a esa radiación. Se puede escoger la longitud de onda λ de la radiación reflejada como se ha descrito anteriormente por medio del ajuste del índice de refracción eficaz (n) y de la distancia (d) entre las capas.

También se puede ajustar el índice de refracción de la composición de matriz con el fin de modificar la diferencia entre el índice de refracción de las partículas y el índice de refracción de la matriz mediante la adición de partículas nanoescalares (de tamaño 1 a 50 nm) a la matriz. Las partículas nanoescalares presentan tamaños de partícula menores que la longitud de onda de la luz visible y, de este modo, no dispersan o reflejan la luz de forma sustancial. Materiales apropiados para las partículas nanoescalares que aumentan el índice de refracción eficaz de la matriz incluyen metales (por ejemplo, oro, plata, platino, cobre, titanio, cinc, níquel), óxidos de metal (por ejemplo, óxido de aluminio, óxido de cerio, óxido de cinc, dióxido de titanio), óxidos de metal mixtos, bromuros de metal y semiconductores. Materiales apropiados para las partículas nanoescalares que disminuyen el índice de refracción eficaz de la matriz incluyen óxidos de metal (por ejemplo, sílice), óxidos de metal mixtos y fluoruros de metal (por ejemplo, fluoruro de magnesio, fluoruro de calcio). También se pueden producir burbujas de aire nanoescalares en la matriz de polímero con el fin de disminuir el índice de refracción de la matriz. De manera similar, se puede ajustar el índice de refracción de las partículas mediante la adición de partículas nanoescalares a las partículas.

En otra realización de la presente invención, se produce una composición de revestimiento que presenta un color percibido que exhibe goniocromaticidad, es decir, que el color percibido varía con el ángulo de iluminación o de observación. La composición de revestimiento goniocromática incluye uno o más materiales formadores de película (discutidos a continuación) y una pluralidad de material de difracción de radiación de la presente invención que funciona como colorante y, si se desea, otros aditivos descritos a continuación. En la función como colorantes, el material de difracción de radiación provoca la difracción de la luz visible.

El tipo y la cantidad de material formador de película y de los otros componentes incluidos en la composición de revestimiento dependen en parte de la naturaleza del revestimiento y su procedimiento de aplicación. No se ha encontrado que resulten necesarias medidas particulares para incorporar los colorantes de la presente invención a las formulaciones de revestimiento típicas. Si se desea, con el fin de lograr una mejor capacidad de suministro, en primer lugar se pueden incorporar los colorantes a un vehículo polimérico en forma de pasta, de manera opcional coadyuvado mediante la adición de tensioactivos usados convencionalmente con otros tipos de pigmentos.

La proporción de colorante específico con respecto a componente formador de película puede variar ampliamente con la condición de que proporcione el aspecto de color de requisito, el espesor de película deseado y los sólidos de aplicación y depende de los ingredientes particulares empleados, el tipo de superficie a revestir, el uso pretendido de la superficie, así como también factores tales como el tamaño específico de los colorantes usados. Sobre una base en volumen, normalmente la cantidad de colorante sería similar a la empleada con otros pigmentos de efecto de color, tal como micas revestidas o nacarado natural (peces plateados). Aunque no existen límites críticos, los efectos pueden no resultar perceptibles en la mayoría de aplicaciones a concentraciones de colorante menores que 0,2 por ciento en volumen, y resultaría inusual para un revestimiento un contenido de más que 50 % en volumen de estos colorantes de efecto especial (los porcentajes están basados en el contenido total de sólidos de la composición de revestimiento).

Se pueden usar los colorantes de efecto especial de la presente invención en una amplia variedad de composiciones de revestimiento, tal como pinturas, tintas, esmalte para uñas y otros productos cosméticos. Estos incluyen composiciones de revestimiento líquidas acuosas o basadas en disolvente, composiciones de revestimiento en forma de polvo, composiciones de suspensiones en forma de polvo y composiciones de electrodeposición. Se puede usar en revestimientos transparentes (es decir, los que producen películas curadas que presentan transparencia sustancial) o se pueden añadir a otros pigmentos y/o colorantes en revestimientos coloreados. De manera funcional, los revestimientos que pueden incluir los colorantes de la presente invención incluyen imprimaciones, revestimientos de base y revestimientos superiores, así como también uno cualquiera o más de los revestimientos en una combinación de multi-revestimiento. Se ha observado la compatibilidad de los colorantes con una variedad de tipos de polímero, y se puede esperar el hecho de que se podría usar cualquier composición conocida de polímero formador de película usada para los revestimientos. Algunas de las familias más comunes de composiciones poliméricas usadas en los revestimientos incluyen poliuretanos, polímeros acrílicos, polímeros alquídicos, poliésteres, polímeros que contiene siloxano, polisulfuros, polímeros que contiene epoxi y polímeros procedentes de polímeros que contiene epoxi y sus combinaciones. Se sabe que estos se proporcionan en revestimientos de composiciones de tipo laca, termoplásticas o termoestables. Las composiciones termoestables incluyen además agentes de reticulación, tal como poliisocianatos, aminoplastos de aminoformaldehído, poliácidos, polianhídridos y sus combinaciones. Según se usa en el presente documento, "formador de película" significa que los materiales formadores de película constituyen una película continua auto-portante sobre al menos una superficie horizontal tras la retirada de cualesquiera disolventes o vehículos presentes en la composición o tras el curado a temperatura ambiente o a temperatura elevada. Las tintas se refieren a composiciones que resultan apropiadas para su uso en procedimientos de impresión convencionales.

5 Materiales volátiles que se pueden incluir como diluyentes en las composiciones de revestimiento líquidas o forma de suspensión de polvo incluyen agua y/o disolventes orgánicos, tales como alcoholes, éteres y alcoholes de éter, cetonas, ésteres, hidrocarburos alifáticos y alicíclicos e hidrocarburos aromáticos como los que se emplean en la industria de revestimiento. Ejemplos de disolventes para revestimientos incluyen disolventes alifáticos, tales como hexano, nafta y líquidos minerales; disolventes aromáticos y/o aromáticos alquilados, tales como tolueno, xileno y SOLVESSO 100 (mezcla aromática de Exxon Chemicals): alcoholes tales como alcohol etílico, metílico, n-propílico, isopropílico, n-butilílico, isobutilílico, amílico y m-priol; ésteres, tales como acetato de etilo, acetato de n-butilo, acetato de isobutilo e isobutirato de isobutilo; cetonas, tales como acetona, etil metil cetona, isobutil metil cetona, diisobutil cetona, metil n-amil cetona e isoforona, éteres de glicol y ésteres de éter de glicol, tales como monobutil éter de etilenglicol, monobutil éter de dietilenglicol, monohexil éter de etilenglicol, monometiléter de propilenglicol, monopropil éter de propilenglicol, acetato de monobutil éter de etilenglicol, acetato de monometil éter de propilenglicol y acetato de monometil éter de dipropilenglicol.

15 Las composiciones de revestimiento además pueden incluir uno o más aditivos, tales como absorbedores de UV y estabilizadores, agentes de control de reología, tensioactivos, catalizadores, aditivos de formación de película, sustancias de relleno, agentes opacificantes, desespumantes, microgeles, aditivos de control de pH y otros pigmentos. Junto con los colorantes de la presente invención, puede resultar útil en algunos casos también incluir pigmentos convencionales y colorantes. Estos incluyen micas, óxidos de hierro, negro de carbono, dióxido de titanio, escamas de aluminio, escamas de bronce, mica revestida, escamas de níquel, escamas de estaño, escamas de plata, escamas de cobre y sus combinaciones. También se podrían incluir otros agentes de coloreado orgánicos (es decir, colorantes o pigmentos orgánicos). Si se desea alcanzar la gravedad específica de los componentes poliméricos y de disolvente de la composición de revestimiento, el contenido de colorante de la composición no debe contener esencialmente componentes de metal elementales, y, preferentemente, tampoco componentes de óxido de metal.

25 Los acabos revestidos, en particular para automóviles, con frecuencia se proporcionan por medio de capas múltiples de revestimientos diferentes. Típicamente un revestimiento para automóvil incluye una imprimación sometida a electrodeposición, un revestimiento superficial de imprimación, un revestimiento de base con color y un revestimiento superior transparente. Se pueden usar capas de revestimiento adicionales desde el punto de vista de apariencia o comportamiento. Se pueden incorporar los colorantes de la presente invención en otro revestimiento transparente que se aplica sobre un revestimiento de base que no contiene el colorante pero que se encuentra pigmentado de manera convencional (es decir, el denominado acabado compuesto de "color más transparente"). En este ejemplo, cualquiera o ambos de revestimiento de base y revestimiento transparente pueden ser de base acuosa como resulta conocido en la técnica.

35 En otra realización alternativa, el revestimiento que incluye el colorante puede ser un revestimiento de base, sobre el cual se aplica un revestimiento transparente que no contiene colorante. Los componentes del revestimiento de base y los del revestimiento transparente pueden ser cualquiera de los comentados anteriormente.

En otra realización alternativa, el revestimiento que incluye el colorante puede ser un revestimiento transparente que se aplica sobre un revestimiento de base que también contiene colorante. Los componentes del revestimiento de base y del revestimiento transparente puede ser cualquiera de los comentados anteriormente.

40 En otra realización alternativa, el revestimiento que incluye el colorante puede ser un revestimiento transparente que se aplica sobre un revestimiento de base que no contiene colorante, y sobre el cual se aplica otro revestimiento transparente que no contiene colorante. Los componentes del revestimiento de base y los de los revestimientos transparentes pueden ser cualquiera de los comentados anteriormente.

45 Los revestimientos líquidos o en forma de suspensión de polvo se pueden aplicar sobre la superficie a revestir por medio de cualquier procedimiento de revestimiento apropiado bien conocido por los expertos en la técnica, por ejemplo por medio de revestimiento por inmersión, revestimiento por rodillo directo, revestimiento por rodillo inverso, revestimiento de cortina, revestimiento por pulverización, revestimiento por cepillado, revestimiento por gravedad, revestimiento de flujo, revestimiento por rendija de troquel, revestimiento por chorro de tinta, electrodeposición y sus combinaciones. De manera general, los revestimientos en forma de polvo se aplican por medio de deposición electrostática.

50 La presente invención también incluye el uso de un material de difracción de radiación en otros tipos de vehículo diferentes al componente de formación de película. Se puede incluir el material de difracción de radiación como componente dispersado en un producto cosmético o impregnado en un plástico.

55 A continuación, en los ejemplo, se muestra la preparación y el uso del material de difracción de radiación de la presente invención. Los siguientes ejemplos son únicamente ilustrativos de la invención. A menos que se especifique lo contrario, todas las partes están en peso.

Ejemplos**Ejemplo 1: Matriz de polímero orgánico**

Se preparó una composición orgánica apta para curado por radiación ultravioleta por medio del siguiente procedimiento. Se añadió óxido difenil(2,4,6-trimetilbenzoi)fosfina/2-hidroxi-2-metil-propiofenona (22,6 g), mezcla
5 50/50 de Aldrich Chemical Company, Inc., Milwaukee, Wisconsin, en 615 g de alcohol etílico con agitación sobre 549 g de triacrilato de glicerilo proxilado (3), 105,3 g de tetraacrilato de pentaeritritol y 97,8 g de tetracrilato de pentaeritritol etoxilado (5), todos ellos de Sartomer Company, Inc., Exton, Pennsylvania, para producir una composición de matriz orgánica apta para curado.

Ejemplo 2: Partículas orgánicas de núcleo-cubierta

Se preparó una dispersión de partículas de núcleo de poliestireno-divinilbenceno/cubierta de estireno-metacrilato de metilo-dimetacrilato de etilenglicol-divinilbenceno en agua por medio del siguiente procedimiento. Se mezclaron 4,9
10 gramos de bicarbonato de sodio de Aldrich Chemical Company con 4090 g de agua desionizada y se añadieron a un matraz de 12 litros equipado con termopar, manta de calentamiento, agitador, condensador de reflujo y entrada de nitrógeno. Se purgó la mezcla con nitrógeno durante 40 minutos con agitación y posteriormente se protegió con una
15 atmósfera de nitrógeno. Se añadió tensioactivo Aerosol MA80-I (46,0 g en 410 g de agua desionizada) de Cytec Industries, Inc., a la mezcla con agitación seguido de 48 g de enjuague con agua desionizada. Se calentó la mezcla hasta aproximadamente 50 °C usando una manta de calentamiento. Se añadió con agitación monómero de estireno (832,8 g), disponible en Aldrich Chemical Company, Inc. Se calentó la mezcla hasta 60 °C. Se añadió persulfato de sodio de Aldrich Chemical Company, Inc. (12,5 g en 144 g de agua desionizada) a la mezcla con agitación. Se
20 mantuvo la temperatura de la mezcla constante durante 40 minutos. Bajo agitación, se añadieron 205,4 g de divinilbenceno de Aldrich Chemical Company, Inc., a la mezcla y se mantuvo la temperatura en aproximadamente 60 °C durante 2,25 horas. Se añadió persulfato de sodio de Aldrich Chemical Company, Inc. (9,1 g en 86,4 g de agua desionizada) a la mezcla con agitación. Se añadió una mezcla de estireno (200 g), metacrilato de metilo (478,8 g), dimetacrilato de etilenglicol (48 g) y divinilbenceno (30,2 g), todos ellos disponibles en Aldrich Chemical Company, Inc., a la mezcla de reacción con agitación. Se añadió tensioactivo Sipomer COPS-1 (ácido 3-aliloxi-2-hidroxi-1-propanosulfónico, 82,7 g) de Rhodia, Inc., Cranbury, New Jersey, a la mezcla de reacción con agitación. Se mantuvo
25 la temperatura de la mezcla en 60 °C durante cuatro horas. Se filtró la dispersión polimérica resultante a través de una bolsa filtrante de cinco micrómetros. Posteriormente, se sometió la dispersión polimérica a ultrafiltración usando un receptáculo de ultrafiltración de 4-pulgadas con una membrana de poli(fluoruro de vinilideno) de 2,41 pulgadas, ambos de PTI Advanced Filtration Inc., Oxnard, California, y se bombeó usando una bomba peristáltica con un caudal de aproximadamente 170 ml por segundo. Se añadió agua desionizada (3000 g) a la dispersión después de haber retirado 3000 g de fracción ultrafiltrada. Se repitió este intercambio varias veces hasta que ese sustituyeron 10023 g de fracción ultrafiltrada por 10037 g de agua desionizada. Posteriormente, se retiró fracción ultrafiltrada adicional hasta que el contenido de sólidos de la mezcla fue de 45 por ciento en peso.

Ejemplo 3: Partículas sobre sustrato

Se aplicó el material preparado en el Ejemplo 2 (1575 gramos) por medio de un dispositivo de revestimiento de rendija de troquel de Frontier Industrial Technology, Inc., Towanda, Pennsylvania a un sustrato de poli(tereftalato de etileno) y se secó a 82 °C (180 °F) durante 30 segundos hasta un espesor seco poroso de aproximadamente 3,5
40 µm. Las partículas depositadas resultantes provocaron la difracción de luz a 541 nm cuando se midió con un espectrofotómetro Cary 500 de Varian, Inc. Se depositaron las partículas ligeramente sobre el sustrato de poli(tereftalato de etileno) y se pudieron secar fácilmente con un ligero contacto.

Ejemplos 4-5: Retrolenado de partículas

Se aplicó la composición de matriz orgánica apta para curado preparada en el Ejemplo 1 (1389 gramos) en el interior de los espacios intersticiales de partículas secas porosas sobre el sustrato de poli(tereftalato de etileno) preparado en el Ejemplo 3 usando un dispositivo de revestimiento de rendija de troquel de Frontier Industrial Technology, Inc. Tras la aplicación, se secaron las muestras en un horno a 49 °C (120 °F) durante una duración de tiempo que se recoge en la Tabla 1 y posteriormente se sometió a curado con radiación ultravioleta usando una lámpara de mercurio de 100 W. Las películas transparentes y flexibles resultantes observadas a 0 grados o en paralelo al observados presentaron un color rojo. Las mismas películas, vistas a 45 grados o más con respecto al observador,
50 fueron de color naranja-verde. Se midieron las películas usando un espectrofotómetro Cary 500 de Varian, Inc y provocaron la difracción de luz según se recoge en la Tabla 2.

TABLA 2

Ejemplo	Tiempo de secado	Longitud de onda
4	2 minutos	644 nm
5	1 minuto	629 nm

Ejemplo 6: Molienda de escamas

5 Se lavó el material preparado en el Ejemplo 4 dos veces con una mezcla 50/50 de agua desionizada y alcohol isopropílico. Posteriormente, se retiró el material del sustrato de poli(tereftalato de etileno) usando un conjunto de cuchilla de aire de Exair Corporation, Cincinnati, Ohio. Se recogió el material por medio de vacío en una bolsa de recogida. A continuación, se molió el material suelto para dar lugar a un polvo usando un molino ultra-centrífugo de Retsch GmbH & Co, Haan, Alemania. Posteriormente, se hizo pasar el polvo a través de un tamiz de acero inoxidable de 38 μm y de 25 μm de Fisher Scientific International, Inc. El material se recogió en un tamiza de 25 μm en forma de polvo.

10 Ejemplo 7: Composición de revestimiento que contiene colorante con partículas de núcleo-cubierta

15 Se añadió el polvo del Ejemplo 6 a un recipiente que contenía el primer componente del aglutinante de formación de película y un diluyente. Se tapó el recipiente y se agitó a mano durante 1 minuto. Tras la agitación, se reabrió el recipiente y se añadió un agente de reticulación. Se re-selló el recipiente y se agitó a mano durante un minuto. La composición de revestimiento resultante que presentaba la composición de la Tabla 3 se encontró lista para la aplicación por pulverización.

Tabla 3

Componente	% en peso
Aglutinante de formación de película ¹	54,57
Diluyente ²	20,46
Polvo del ejemplo 6	6,82
Agente de reticulación ³	18,15
Total	100
1 DCU2055, una composición de revestimiento transparente disponible en PPG Industries, Inc., Pittsburgh, PA. 2 DT 870, un reductor disponible en PPG Industries, Inc. 3 DCX61, un agente de reticulación disponible en PPG Industries, Inc.	

20 Se sometió a frotado abrasivo un panel de acero revestido negro (APR45583 disponible en ACT Laboratories, Inc., Hillsdale, Michigan) con un Scotch-Brite Pad muy fino (relleno abrasivo disponible en 3M Corp., Minneapolis, Minnesota). Se secó a mano el panel sometido a abrasión con un desengrasante (DX330, disponible en PPG Industries, Inc.). Posteriormente se revistió por pulverización el panel con la composición de revestimiento que contenía el material del Ejemplo 6.

25 Se lavó el panel revestido durante 10 minutos en condiciones ambientales y posteriormente se secó a 60 °C (140 °F) durante 30 minutos y se dejó curar durante 24 horas. Se sometió el panel a frotado abrasivo con rellenos de Scotch-Brite muy finos y se limpió con isopropanol. Se re-revistió el panel con una revestimiento transparente protector formado por DCU2055 y DCX61.

30 El panel se asentó a temperatura ambiente durante 10 minutos, se secó a 60 °C (140 °F) durante 20 minutos, se dejó curar durante 24 horas y se inspeccionó visualmente. El panel revestido a 0 grados o paralelo al observador presentó un color rojo. El mismo panel revestido, cuando se observó a 45 grados o más con respecto al observador, presentó color naranja-verde.

35 Se pretende que cualquier intervalo numérico citado en el presente documento incluya todos los sub-intervalos subsumidos en el mismo. Plural abarca singular y vice versa. También, según se usa en el presente documento, el término "polímero" significa prepolímeros, oligómeros y tanto homopolímeros como copolímeros; el prefijo "poli" se refiere a dos o más.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un material de difracción de radiación que comprende una agrupación periódica y ordenada de partículas que se mantienen en una matriz polimérica en el que dichas partículas comprenden cada una un núcleo rodeado por una cubierta de una composición no formadora de película que es diferente de dicha matriz, en el que el índice de refracción de dicho núcleo es diferente del índice de refracción de dicha cubierta.
2. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que el diámetro de dicho núcleo es de 80 a 90 por ciento del diámetro total de partícula.
3. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que dicha cubierta presenta un gradiente de índice de refracción a través del espesor de dicha cubierta.
- 10 4. El material de difracción de radiación de la reivindicación 3, en el que dicha matriz se produce a partir de monómeros reticulables, y dichos monómeros se encuentran presentes en dicha cubierta en un gradiente de concentración a través del espesor de dicha cubierta y en el que dicha cubierta es apta para hinchamiento por parte de los monómeros de dicho polímero de matriz y dicho núcleo es sustancialmente no apto para hinchamiento.
- 15 5. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que dicha matriz y dicha cubierta comprenden cada una un material polimérico diferente uno de otro, en el que el material polimérico comprende un poliestireno, un poliuretano, un polímero acrílico, un polímero alquídico, un poliéster, un polímero que contiene siloxano, un polisulfuro, un polímero que contiene epoxi y/o un polímero procedente de un polímero que contiene epoxi.
- 20 6. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que dicho núcleo de partícula comprende un material polimérico que comprende un poliestireno, un poliuretano, un polímero acrílico, un polímero alquídico, un poliéster, un polímero que contiene siloxano, un polisulfuro, un polímero que contiene epoxi, un polímero procedente de un polímero que contiene epoxi, un óxido de metal y/o un polímero inorgánico.
7. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que el material de difracción de radiación se encuentra en forma de lámina.
- 25 8. El material de difracción de radiación de la reivindicación 1, en el que el material de difracción de radiación se encuentra en forma de partículas.
9. El material de difracción de radiación de la reivindicación 8, en el que el material de difracción de radiación presenta una proporción de aspecto de 2 a 100.
- 30 10. Una composición coloreada que comprende un aglutinante resinoso y el material de difracción de radiación de la reivindicación 8 ó 9.
- 30 11. Un procedimiento para producir una composición coloreada que comprende:
 - aplicar una dispersión de partículas de núcleo-cubierta a un sustrato, siendo los núcleos sustancialmente no aptos para hinchamiento y siendo las cubiertas no formadoras de película;
 - disponer las partículas en una agrupación periódica ordenada que provoca la difracción de la radiación;
 - revestir la agrupación de partículas con una composición de matriz;
 - 35 - alterar la composición de las cubiertas que comprenden los monómeros o el disolvente a partir de la composición de matriz polimérica para difundir con un gradiente a través del espesor de la cubierta, produciendo de este modo el hinchamiento de la cubierta, con el fin de crear una diferencia en el índice de refracción entre la cubierta y el núcleo, escogiendo de este modo la intensidad de color exhibida por los colorantes;
 - 40 - fijar la agrupación revestida de partículas de núcleo-cubierta para formar un material de difracción de radiación;
 - desmenuzar el material de difracción de radiación para dar lugar a una forma particulada y
 - dispersar el material de difracción de radiación en un aglutinante resinoso.
- 45 12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que además comprende reticular los monómeros de la matriz difundida en el interior de la cubierta para fijar las dimensiones de la cubierta.
- 50 13. Un procedimiento para producir un material de difracción de radiación que comprende las etapas de:
 - aplicar una dispersión de partículas de núcleo-cubierta sobre un sustrato, siendo los núcleos sustancialmente no aptos para hinchamiento y siendo las cubiertas no formadoras de película;
 - disponer las partículas en una agrupación periódica ordenada que provoca la difracción de la radiación;
 - revestir la agrupación de partículas con una composición de matriz;
 - provocar el hinchamiento de las cubiertas por medio de difusión de los componentes de la matriz en el interior de las cubiertas produciendo de este modo un gradiente de índice de refracción a través del espesor de la cubierta; y
 - fijar la agrupación revestida de partículas .

- de manera opcional, retirar la agrupación fijada del sustrato y desmenuzar la agrupación fijada para dar lugar a una forma de partículas.

14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dichos componentes de difusión se escogen entre monómeros aptos para reticulación y un disolvente.
- 5 15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicha etapa de hinchamiento además comprende medir la longitud de onda de difracción de la agrupación y ajustar el grado de hinchamiento de las cubiertas con el fin de lograr una longitud de onda deseada de la agrupación.

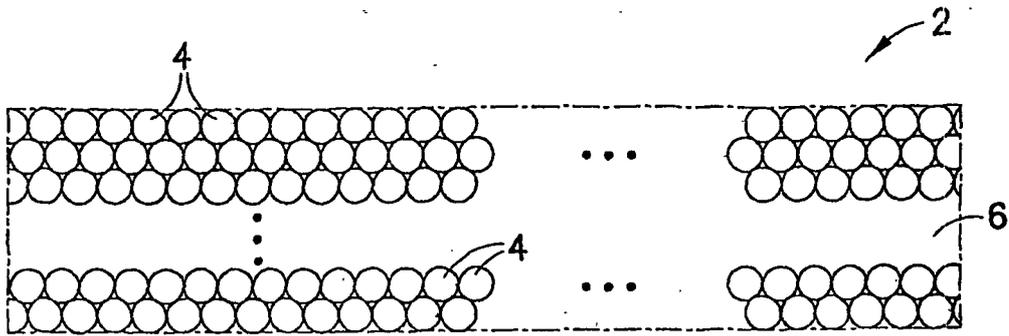


FIG. 1

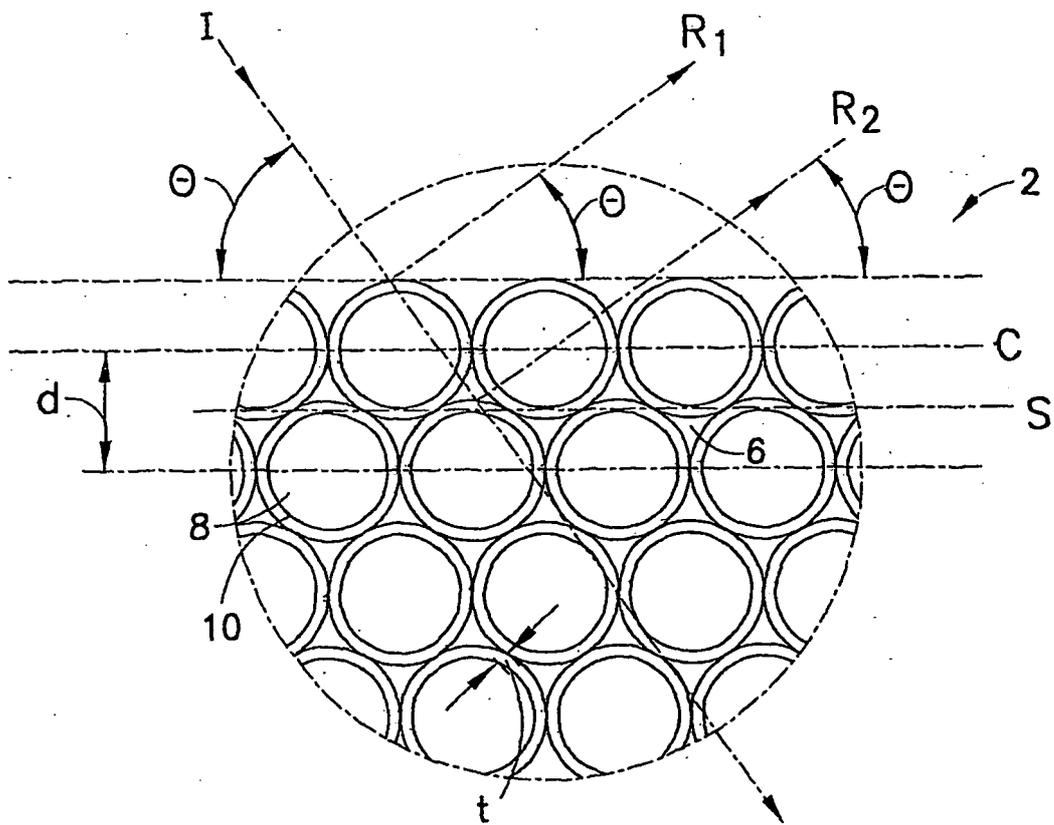


FIG. 2

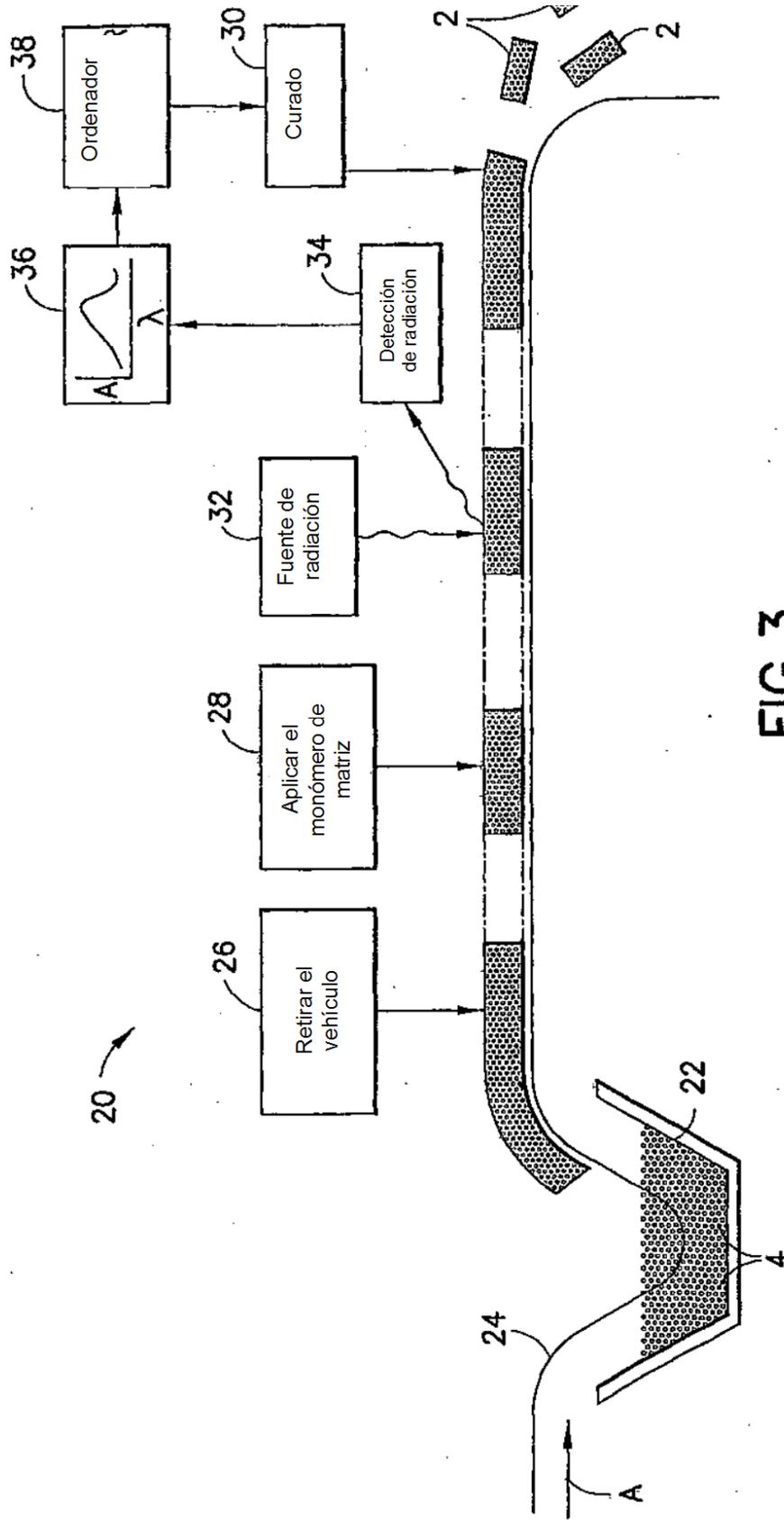


FIG.3

20