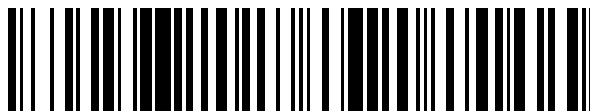


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 332**

21 Número de solicitud: 201331832

51 Int. Cl.:

G01J 3/50 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

16.12.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.07.2015

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2014/070897

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE ALICANTE (100.0%)
Ctra. San Vicente del Raspeig, s/n
03690 SAN VICENTE DEL RASPEIG (Alicante) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍNEZ VERDÚ, Francisco Miguel;
PERALES ROMERO, Esther;
CHORRO CALDERÓN, Elisabet;
FERRERO TURIÓN, Alejandro;
CAMPOS ACOSTA, Joaquín;
PONS AGLIO, Alicia y
RABAL ALMAZOR, Ana María**

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y MATRIZ DE MEDICIÓN DE LA GAMA CROMÁTICA DE UN RECUBRIMIENTO GONIOAPARENTE**

57 Resumen:

Procedimiento y matriz de medición de la gama cromática de un recubrimiento gonioaparente. La invención describe un procedimiento para medir y representar los colores que adquiere un recubrimiento gonioaparente según los ángulos de irradiación y observación para cualquier tipo de contenido espectral de una fuente de luz, estandarizada o no. El procedimiento comprende los pasos de: medir el factor de reflectancia para varias combinaciones de valores regularmente espaciados de ángulo de irradiación (θ_i) y ángulo de observación (θ_s); calcular los valores triestímulo XYZ correspondientes a un iluminante y un observador normalizados a partir del factor de reflectancia obtenido en el paso anterior; calcular los valores RGB o CMYK a partir de los valores triestímulo XYZ obtenidos en el paso anterior; y representar los valores RGB o CMYK de cada combinación de ángulo incidente (θ_i) y ángulo de observación (θ_s) en las celdas de una matriz. La invención también describe la matriz obtenida por dicho procedimiento.

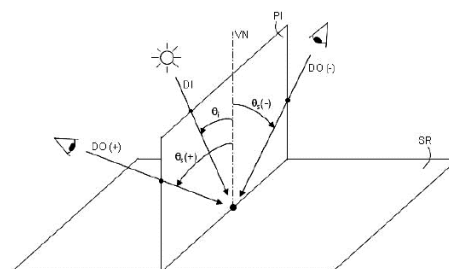


FIG. 1

ES 2 541 332 A1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO Y MATRIZ DE MEDICIÓN DE LA GAMA CROMÁTICA DE UN RECUBRIMIENTO GONIOAPARENTE

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de la óptica, y más concretamente al campo de los recubrimientos gonioaparentes cuya apariencia visual cambia en función del ángulo de irradiación y del ángulo de observación.

Un primer objeto de la presente invención es un nuevo procedimiento que permite medir de una manera directa y sencilla toda la gama de colores que posee un recubrimiento gonioaparente en función del tipo de fuente de luz, su ángulo de irradiación, y del ángulo de observación.

Otro objeto de la invención es una matriz de representación del color de un recubrimiento gonioaparente obtenida mediante el método anterior.

20 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los recubrimientos gonioaparentes (también conocidos como recubrimientos con pigmentos de efecto especial o goniocromáticos) son pigmentos que sufren cambios de color cuando se producen cambios en el ángulo de incidencia de la luz (ángulo de irradiación, θ_i) o el ángulo de visión del observador (ángulo de observación, θ_o). Estos recubrimientos crean ilusión de profundidad óptica y presentan un efecto llamativo de variación de color a medida que cambian los ángulos de irradiación y observación. Véase, por ejemplo, el documento: *F. J. Maile, G. Pfaff and P. Reynders, "Effect pigments: past, present and future", Progress in Organic Coatings 54, 150-163 (2005)*.

30

Los recubrimientos gonioaparentes constan de un substrato translúcido que contiene unos pigmentos tradicionales de color (o de absorción) y pigmentos de efecto especial (microespejos o de interferencia) que producen las reflexiones selectivas, tanto por mezcla aditiva y sustractiva, que dan lugar al cambio de color de estos recubrimientos al cambiar el ángulo de irradiación/observación. El cambio de color, que es una de las características más atractivas de estos recubrimientos, puede llegar a ser muy extremo, y las condiciones más

35

favorables para conseguir este efecto tienen lugar cuando la iluminación es poco difusa, es decir, cuando la mayor parte de la luz que ilumina el objeto viene de una dirección muy concreta. Este es el caso de una fuente de luz única y distante como es la luz directa del Sol.

5

Los cambios de color, que se aprecian tanto en claridad como en croma y, a diferencia de los recubrimientos metalizados (con pigmentos de tipo microespejos), también en tono, hacen que estos recubrimientos sean especialmente atractivos en la industria de la automoción (véase, por ejemplo, el documento *H. J. Streitberger and K. F. Dössel, Automotive Paints and Coatings (Wiley-VCH, Weinheim, 2008)*), siendo además muy utilizados en otros mercados (por ejemplo, el de la cosmética), o en aplicaciones de seguridad (anti-falsificación de dinero), plásticos para electrónica de consumo, etc.

Los fabricantes de pigmentos especiales y de formulaciones para recubrimientos gonioaparentes deben transmitir a los potenciales clientes de la manera más eficiente posible sus características especiales, prestando particular atención a los cambios de color cuando se varían las condiciones de irradiación y observación. Sin embargo, debido precisamente a la complejidad de tales cambios de color, resulta difícil caracterizarlos y mostrar sus propiedades de reflectancia en un formato sencillo e intuitivo, y los sistemas de medida y especificaciones actuales no dan una idea completa de la gama de color que puede percibirse de estas muestras.

Este problema ha tratado de solucionarse por medio de nuevas técnicas e instrumentos para caracterizar la reflectancia espectral y el color de un recubrimiento gonioaparente para cualquier geometría de irradiación/observación y para cualquier fuente de luz, como describen los siguientes artículos:

- M. E. Nadal, T. A. Germer, "Colorimetric characterization of pearlescent coatings", *Proceedings of AIC Color (Rochester, 2001)*, pp. 757-760.
- 30 - B. Parker, "Color shift of light interference pigments", *Surf. Coat. Aust.* 39, 10-13 (2002).
- F. Leloup, P. Hanselaer, M. Pointer and J. Versluys, "Characterization of gonio-apparent colours", *Proceedings of AIC Color (Granada, 2005)*, 515-518.
- C. A. Nicholls, "Visual and Instrumental Characterisation of Special-Effect Colours",
35 PhD Thesis (University of Leeds, Leeds, 2000).
- R. Besold, "Metallic effect-Characterization, parameter and methods for

instrumentally determination", Die Farbe 37, 79-85 (1990).

- DIN standard 6175-2, "Colour tolerances for automobile lacquer finishes, Part 2: Effect lacquer finishes", 2001.

5 - DIN 6175-2, "Tolerances for automotive paints, Part 2: Goniochromatic paints (Farbtoleranzen für Automobillackierungen-teil 2: Effektlackierungen)", 2001.

- E. Chorro, E. Perales, F. M. Martínez-Verdú, J. Campos and A. Pons, "Colorimetric and spectral evaluation of the optical anisotropy of metallic and pearlescent samples", Journal of Modern Optics 56, 1457-1465 (2009).

10 - E. Kirchner, G. J. Van den Kieboom, L. Njo, R. Supér and R. Gottenbos, "Observation of Visual Texture of Metallic and Pearlescent Materials", Color Res. Appl. 32, 256-266 (2007).

- W. R. Cramer, "Reflections on the right angle", European Coating Journal 4, 32-37 (2012).

15 - E. Perales, E. Chorro, W. R. Cramer, and F. M. Martínez-Verdú, "Analysis of the colorimetric properties of goniochromatic colors using the MacAdam limits under different light sources", Applied Optics 50, 5271-5278 (2011).

20 Actualmente existen fundamentalmente varios modos de representar los colores gonioaparentes por parte de los fabricantes. Un primer modo consiste en utilizar un programa informático que permite reproducir en la pantalla del ordenador la apariencia que tendría un objeto específico con un determinado recubrimiento. Un ejemplo de este sistema se describe en las solicitudes de patente US 2007/0097119 A1 o US 2013/8374831 B2. Estas sofisticadas técnicas están mejorando en términos de reproducibilidad de color, y tienen la ventaja de que muestran aproximadamente el resultado global de aplicar el recubrimiento, aunque siempre teniendo en cuenta las limitaciones de reproducción de colores de una pantalla. Sin embargo, presenta como principales inconvenientes su elevada complejidad y también el hecho basarse en simulaciones por ordenador en lugar de partir directamente de datos metroológicos verdaderos.

30 Otra alternativa es producir catálogos. Estos catálogos pueden contener muestras reales de recubrimientos, en cuyo caso el observador deberá de disponer de la capacidad de cambiar las condiciones de irradiación. Otra opción es un catálogo capaz de mostrar todo el cambio de color mediante impresiones en color de tipo convencional, previa evaluación de las capacidades de reproducción del color del sistema y tecnología de impresión, de modo que serán necesarios varios colores diferentes representativos de diferentes condiciones de
35 irradiación y observación del recubrimiento gonioaparente en cuestión.

Una opción alternativa o intermedia podría ser el usar un dispositivo tipo cabina de iluminación y observación que permitiera percibir realmente la variedad de colores de una muestra gonioaparente con el máximo número de combinaciones de irradiación y observación que se consideren interesantes para diversos sectores industriales o que sigan recomendaciones metrológicas. Es por ejemplo el caso del dispositivo disponible actualmente en el mercado y denominado gonio-vision-box (puede consultarse en el enlace <http://www.goniovision.com/>), y que usa una linterna de LEDs blancos como fuente de luz y que puede colocarse a varios ángulos de irradiación sobre la muestra. Pero, como principal desventaja con el caso anterior, impide visualizar de forma integral, como en un catálogo, toda la variedad de colores que podrían percibirse en un recubrimiento gonioaparente (metalizado, perlado o de interferencia, etc.).

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Los inventores de la presente solicitud resuelven el problema anterior mediante un procedimiento que permite medir y representar toda la gama de colores que puede adoptar un recubrimiento gonioaparente. El resultado de este procedimiento es una matriz que permite apreciar de un modo directo e intuitivo toda la gama de colores que puede adoptar un recubrimiento gonioaparente a medida que se producen cambios en los ángulos de irradiación y observación, o en la variación del contenido espectral de la fuente de luz.

Un primer aspecto de la invención está dirigido, pues, a un procedimiento de medición de la gama cromática de un recubrimiento gonioaparente que comprende los siguientes pasos:

a) Obtener el factor de reflectancia espectral $R(\lambda)$ para varias combinaciones de valores regularmente espaciados de ángulo de irradiación y ángulo de observación.

Se trata de un factor independiente del contenido espectral de la fuente de luz elegida, puesto que es una propiedad óptica intrínseca del material coloreado y su formulación de pigmentos.

Para llevar a cabo este paso, en primer lugar se realiza su medida directamente o bien se calcula indirectamente a partir de la función bidireccional de reflectancia espectral (spectral Bidirectional Reflectance Distribution Function, sBRDF) para las combinaciones de ángulo de irradiación y ángulo de observación elegidas.

Actualmente, este paso se lleva a cabo a través de medidas empíricas utilizando instrumentos específicos, como por ejemplo el gonio-espectrofotómetro descrito en el artículo de Rabal et al, Metrología 49, 213-223 (2012). En el caso de medirse la sBRDF, ésta se multiplica por el valor π para obtener el factor de reflectancia correspondiente a cada ángulo concreto de irradiación y observación.

En este paso, es importante seleccionar adecuadamente los valores del ángulo de irradiación y del ángulo de observación para que la representación obtenida permita apreciar de una manera sencilla las características del recubrimiento gonioaparente que se está estudiando. Para ello, se deben elegir valores de ángulo de irradiación y ángulo de observación que estén regularmente espaciados, es decir, valores tales que la diferencia entre cada par de ángulos contiguos sea constante e igual tanto para el ángulo de irradiación como para el ángulo de observación. Por ejemplo, se pueden elegir valores de ángulo de irradiación y de ángulo de observación que estén separados de 10° en 10° . Además, no es necesario representar todos los valores posibles de ambos ángulos, ya que para ángulos de irradiación y de observación por encima de 70° ya apenas se producen cambios en la apariencia del recubrimiento gonioaparente. Por tanto, preferiblemente el ángulo de irradiación adopta valores entre 0° y 70° y el ángulo de observación adopta valores entre -70° y 70° .

En definitiva, el resultado de este primer paso es un conjunto de factores de reflectancia correspondientes a los ángulos de irradiación y observación seleccionados, y que corresponde a una propiedad óptica intrínseca del material coloreado.

b) Calcular los valores triestímulo XYZ correspondientes a un iluminante y un observador normalizados a partir del factor de reflectancia obtenido en el paso anterior.

En principio, tanto el iluminante como el observador normalizados se deben elegir de manera que constituyan una aproximación razonable a las condiciones de iluminación del lugar donde se va a observar el recubrimiento gonioaparente en cuestión y a las capacidades de percepción del observador al que está dirigida la representación.

Por ejemplo, el iluminante normalizado puede ser el CIE-D65. El CIE-D65 es un iluminante estándar definido por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE,

Comisión Internationale de l'Eclairage) que corresponde aproximadamente a un mediodía soleado en Europa Occidental.

5 El observador normalizado puede ser CIE-1964, el cual recoge las funciones de igualación espectral de un observador patrón (o medio) definido para un estímulo de 10° (equivalente a un diámetro de 90 mm y una distancia visual de 0.5 m).

10 Los valores triestímulo XYZ pueden obtenerse multiplicando el factor de reflectancia $R(\lambda)$ obtenido en el paso anterior por las funciones de igualación espectral del observador estándar, \bar{x}_{10} , \bar{y}_{10} , \bar{z}_{10} , y la distribución espectral del iluminante correspondiente $S(\lambda)$ para cada longitud de onda, e integrando cada producto para todo el intervalo de longitud de onda (λ) del espectro visible:

$$\begin{aligned}
 X_{10} &= \sum_{\lambda=380}^{780} R(\lambda) \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \\
 Y_{10} &= \sum_{\lambda=380}^{780} R(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \\
 Z_{10} &= \sum_{\lambda=380}^{780} R(\lambda) \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda
 \end{aligned}$$

15

c) Calcular los valores RGB o CMYK a partir de los valores triestímulo XYZ obtenidos en el paso anterior.

20 En caso de que se vayan a mostrar los colores a través de una pantalla, es necesario calcular los valores RGB correspondientes a los triestímulo XYZ. El cálculo de los valores RGB se lleva a cabo mediante la transformación de los valores triestímulo XYZ al espacio de color sRGB según normativa internacional IEC 61966-2-1:1999. En primer lugar, se realiza una transformación lineal mediante una matriz:

25

$$\begin{bmatrix} R_{lineal} \\ G_{lineal} \\ B_{lineal} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2410 & -1.5374 & -0.4986 \\ -0.9692 & 1.8760 & 0.0416 \\ 0.0556 & -0.2040 & 1.0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

30 Los valores RGB intermedios (R_{lineal} , G_{lineal} , B_{lineal}) están definidos en el intervalo [0, 1], por tanto, previamente los valores triestímulo XYZ deben normalizarse a la misma

escala. A continuación, se calculan los valores sRGB aplicando la corrección gamma como sigue:

$$R_{sRGB} = \begin{cases} 12.92 \cdot R_{lineal} & R_{lineal} \leq 0.00304 \\ (1.055) \cdot R_{lineal}^{1/2.4} - 0.055 & R_{lineal} > 0.00304 \end{cases}$$

$$G_{sRGB} = \begin{cases} 12.92 \cdot G_{lineal} & G_{lineal} \leq 0.00304 \\ (1.055) \cdot G_{lineal}^{1/2.4} - 0.055 & G_{lineal} > 0.00304 \end{cases}$$

$$B_{sRGB} = \begin{cases} 12.92 \cdot B_{lineal} & B_{lineal} \leq 0.00304 \\ (1.055) \cdot B_{lineal}^{1/2.4} - 0.055 & B_{lineal} > 0.00304 \end{cases}$$

Por otro lado, si los colores se van a imprimir en un medio físico como un papel, será necesario transformar los valores triestímulo XYZ en los valores CMYK (acrónimo inglés de “Cyan, Magenta, Yellow and Key”) correspondientes. Para ello, sería necesario caracterizar espectral y colorimétricamente el sistema de impresión elegido, así como el tipo de papel y el conjunto de tintas, mediante procedimientos bien establecidos aunque extensos y complejos en Artes Gráficas, los cuales pueden consultarse en varios libros como por ejemplo:

F.M. Martínez-Verdú: “*Reproducción del color en impresoras*”, en *Tecnología del color*, J.M. Artigas, P. Capilla, J. Pujol (eds.), Valencia: Universidad de Valencia (2002), Cap. 6, pág. 181-251.

R. Balasubramanian: “*Device characterization*”. En *Color Imaging Handbook*, G. Sharma (ed.), Boca Raton: CRC Press (2003), Cap. 5, pág. 281-395.

Es decir, que implica la medición de las reflectancias espectrales $R(\lambda)$ de una serie de colores impresos, tanto monocromos como policromos, con concentraciones variables de tinta (o nivel digital del color primario, “Cian, Magenta, Yellow or black”), y su posterior codificación cromática a valores triestímulo CIE-XYZ, o posteriormente a CIE- $L^*a^*b^*$, para establecer las transformaciones matemáticas no lineales o diccionarios de conversión de datos iniciales XYZ o $L^*a^*b^*$ a CMYK, o viceversa.

d) Representar los valores RGB o CMYK de cada combinación de ángulo de irradiación y ángulo de observación en las celdas de una matriz.

Una vez obtenidos los valores RGB o CMYK correspondientes al color de cada combinación de ángulo de irradiación y ángulo de observación seleccionados, es necesario decidir de qué manera se presentan para que den una idea intuitiva de la variación de color del recubrimiento gonioaparente en cuestión. Los inventores de la presente solicitud han descubierto que disponer los valores obtenidos como celdas de una matriz donde ángulo de irradiación y ángulo de observación constituyen filas y columnas proporciona dicha información de una manera visual inmediata. Preferentemente, cada fila de la matriz corresponde a un ángulo de irradiación y cada columna de la matriz corresponde a un ángulo de observación, aunque también sería posible hacerlo al revés.

En caso de representar la matriz por pantalla, se utilizan los valores RGB, mientras que si la matriz se va a representar sobre papel se utilizan los valores CMYK, previa caracterización espectral y colorimétrica del dispositivo de impresión elegido, ya sea con tecnología offset, inkjet, láser o xerográfica, etc., de acuerdo con procedimientos ya establecidos y consolidados (como por ejemplo en WO2013066720A1).

Un segundo aspecto de la invención está dirigido a la matriz obtenida de acuerdo con el procedimiento anterior donde cada fila de la matriz corresponde a un ángulo incidente y cada columna de la matriz corresponde a un ángulo de observación, y donde los ángulos de irradiación y de observación están regularmente espaciados.

Las ventajas de la invención serán más aparentes a partir de la siguiente descripción, donde las figuras permiten apreciar el modo en que importantes características ópticas de un recubrimiento gonioaparente pueden apreciarse de un modo directo e intuitivo gracias a la matriz obtenida por medio del procedimiento de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Fig. 1 muestra un esquema gráfico de las variables básicas que afectan al comportamiento de un recubrimiento gonioaparente.

La Fig. 2 muestra una matriz de representación de un recubrimiento gonioaparente obtenida con el método de la invención.

La Fig. 3 muestra el resultado de aplicar el procedimiento de la invención a un recubrimiento gonioaparente comercial denominado Lapis Sunlight, de Merck.

La Fig. 4 muestra el resultado de aplicar el procedimiento de la invención a un recubrimiento gonioaparente comercial denominado Artic Fire, de Merck.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5

La Fig. 1 muestra gráficamente las variables básicas que se utilizarán para llevar a cabo el procedimiento de la invención. Se ha considerado que tanto la dirección de irradiación (DI) como la de observación (DO) se encuentran contenidas dentro del plano de incidencia (PI) determinado por la dirección de irradiación (DI) y el vector normal (VN) a la superficie del recubrimiento (SR). El motivo es que se ha comprobado que direcciones de observación fuera del plano de incidencia (PI) no aportan mucha más información colorimétrica adicional.

El ángulo de irradiación θ_i caracteriza la dirección de irradiación (DI), y se define como el ángulo entre el vector normal (VN) a la superficie del recubrimiento (SR) y la dirección de irradiación (DI). El ángulo de irradiación θ_i siempre tiene valor positivo. Igualmente, el ángulo de observación θ_s caracteriza la dirección de observación (DO), y se define como el ángulo entre el vector normal (VN) a la superficie del recubrimiento (SR) y la dirección de observación (DO). El ángulo de observación θ_s puede tener signo positivo o negativo para diferenciar entre direcciones de observación (DO) contenidas en el semiplano de incidencia de la dirección de irradiación (θ_s positivo) y direcciones de observación (DO) contenidas en el semiplano opuesto (θ_s negativo). En la Fig. 1 se han representado dos ejemplos de direcciones de observación (DO) respectivamente positiva (DO+) y negativa (DO-).

En este ejemplo, se seleccionan los siguientes valores de los ángulos de irradiación y de observación:

$$\theta_s = -70^\circ, -60^\circ, -50^\circ, -40^\circ, -30^\circ, -20^\circ, -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ.$$

$$\theta_i = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ.$$

30

A continuación, como se ha descrito anteriormente, se mide la función bidireccional de reflectancia espectral de cada combinación de ángulo de irradiación (θ_i) y de ángulo de observación (θ_s) correspondiente a dos recubrimientos comerciales denominados T20-04 WNT Lapis Sunlight y T20-02 WNT Artic Fire. Ambos son producidos por Merck y utilizan el pigmento de interferencia Colorstream®. Las medidas se llevan a cabo utilizando el gonio-espectrofotómetro descrito por A. Rabal et al., Metrología 49, 213-223 (2012). El

procedimiento consiste fundamentalmente en iluminar la muestra desde las distintas direcciones con un haz de luz altamente colimado y uniforme sobre la muestra, y medir la radiancia espectral a las distintas direcciones de observación. La BRDF espectral se calcula a partir del cociente entre la radiancia espectral medida y la irradiancia sobre la muestra a las distintas direcciones de iluminación..

Una vez realizadas las medidas, los valores obtenidos se multiplican por π para obtener el valor de reflectancia y, a continuación, se calculan los valores tristímulo XYZ correspondientes al iluminante CIE-D65 y al observador CIE-1964. Por último, se determinan los correspondientes valores RGB para una representación en pantalla o los basados en otro sistema como CMYK para la impresión en papel.

El resultado es un conjunto de valores RGB o CMYK correspondientes a los colores que adopta la superficie del recubrimiento (SR) para cada combinación de ángulo de irradiación (θ_i) y ángulo de observación (θ_s). Esta información se muestra, bien por pantalla o sobre papel, a través de una matriz como la mostrada en la Fig. 2 donde cada fila corresponde a un ángulo de irradiación (θ_i) y cada columna corresponde a un ángulo de observación (θ_s). Esta forma de representación concreta presenta ventajas relacionadas con el modo en que se visualizan diversas características importantes del recubrimiento gonioaparente en cuestión.

Las filas de la matriz corresponden al cambio de color que se produce en el recubrimiento gonioaparente para toda la gama de ángulos de observación (θ_s) manteniendo constante el ángulo de irradiación (θ_i). Estas líneas horizontales son conocidas como "líneas aspeculares", y actualmente se cree que pueden dar información acerca de la reflexión difusa de los pigmentos de absorción.

Las columnas de la matriz corresponden al cambio de color que se produce en el recubrimiento gonioaparente para toda la gama de ángulos de irradiación (θ_i) manteniendo constante el ángulo de observación (θ_s).

Las líneas diagonales de arriba-derecha hacia abajo-izquierda se denominan "líneas de interferencia", y se definen como el lugar geométrico de las coordenadas de color en el que el ángulo aspecular se mantiene constante, donde el ángulo aspecular se define como:

$$\theta_{asp} = \theta_i + \theta_s$$

Las líneas de interferencia muestran el cambio total de tono que se puede observar en el recubrimiento. La región cis está determinada por las celdas de la matriz que tienen un valor positivo del ángulo aspecular, mientras que la región trans está determinada por las celdas de la matriz que tienen un valor negativo del ángulo aspecular.

5

La variación de color a lo largo de las direcciones especulares se produce en la diagonal que representa el lugar geométrico donde $\theta_i = -\theta_s$.

10 La variación de color a lo largo de las direcciones de retroreflexión se produce en la diagonal que representa el lugar geométrico donde $\theta_i = \theta_s$.

Por último, las Figs. 3 y 4 muestran sendas matrices que se obtienen como resultado de llevar a cabo el procedimiento de la invención para los mencionados recubrimientos T20-04 WNT Lapis Sunlight y T20-02 WNT Artic Fire.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de la gama cromática de un recubrimiento gonioaparente, **caracterizado por que** comprende los siguientes pasos:
 - 5 a) obtener el factor de reflectancia espectral $R(\lambda)$ para varias combinaciones de valores regularmente espaciados de ángulo de irradiación (θ_i) y ángulo de observación (θ_s);
 - b) calcular los valores triestímulo XYZ correspondientes a un iluminante y un observador normalizados a partir del factor de reflectancia obtenido en el paso anterior;
 - c) calcular los valores RGB o CMYK a partir de los valores triestímulo XYZ obtenidos
10 en el paso anterior; y
 - d) representar los valores RGB o CMYK de cada combinación de ángulo incidente (θ_i) y ángulo de observación (θ_s) en las celdas de una matriz.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, donde cada fila de la matriz
15 corresponde a un ángulo incidente (θ_i) y cada columna de la matriz corresponde a un ángulo de observación (θ_s).

3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el ángulo incidente (θ_i) adopta valores entre 0° y 70° y el ángulo de observación (θ_s) adopta
20 valores entre -70° y 70° .

4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el espaciado entre valores contiguos de ángulo incidente (θ_i) y valores contiguos de ángulo de observación (θ_s) es de 10° .
25

5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el iluminante normalizado es CIE-D65.

6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el
30 observador normalizado es CIE-1964.

7. Matriz de representación del color de un recubrimiento gonioaparente obtenida de acuerdo con el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** cada fila de la matriz corresponde a un ángulo de irradiación (θ_i) y
35 cada columna de la matriz corresponde a un ángulo de observación (θ_s), estando los ángulos de irradiación (θ_i) y de observación (θ_s) regularmente espaciados.

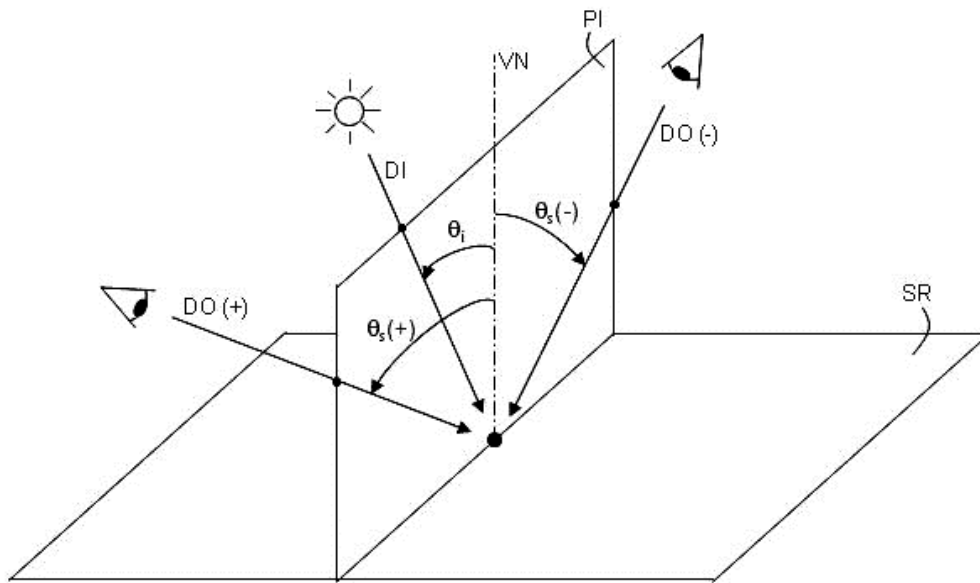


FIG. 1

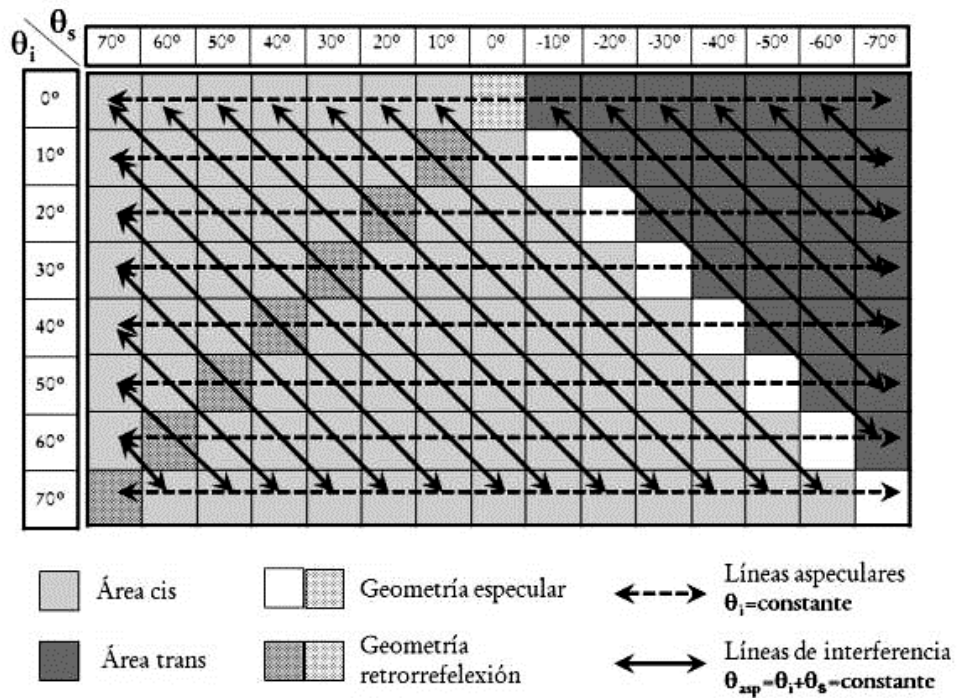


FIG. 2

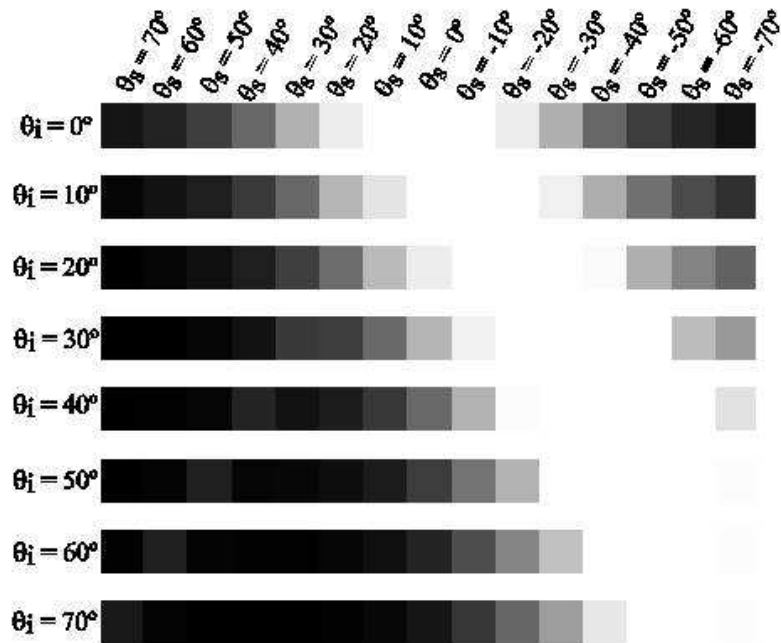


FIG. 3

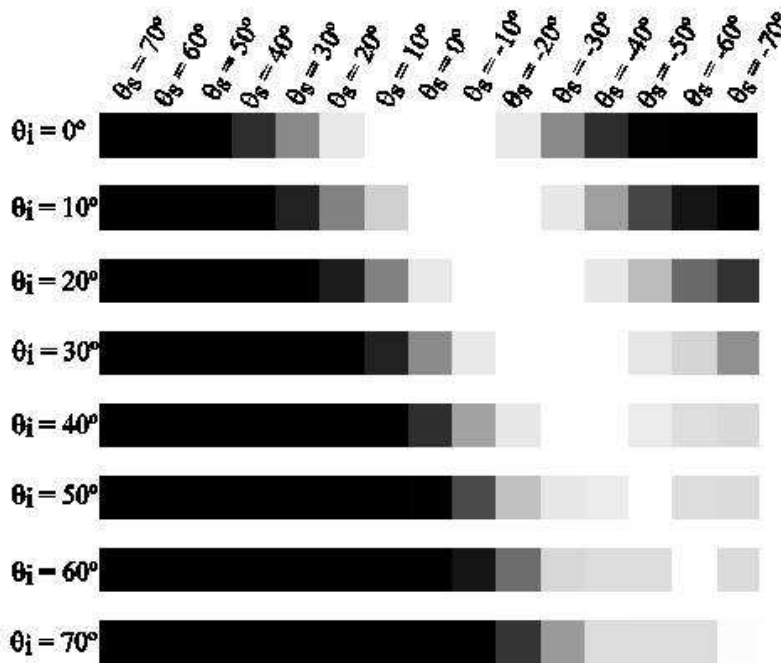


FIG. 4