

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 211**

51 Int. Cl.:
H05B 33/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06727874 .7**
- 96 Fecha de presentación: **11.04.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1878318**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.01.2008**

54 Título: **CONTROL DEL COLOR DE LÁMPARAS LED BLANCAS.**

30 Prioridad:
14.04.2005 EP 05102945

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.02.2012

73 Titular/es:
**Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:
ACKERMANN, Bernd

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 375 211 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

Control del color de lámparas led blancas

- 5 La invención se refiere a un método y a un sistema para transformar una señal de espacio de color de tres valores, dada preferiblemente en una escala CIE, en una señal de espacio de color de n primarios, siendo $n \geq 4$ un número entero. De esta manera, se proporciona el control del color de una fuente de luz blanca que comprende una disposición de diodos emisores de luz de colores.
- 10 La invención se refiere a un método para transformar una señal de espacio de color de tres valores, dada preferiblemente en una escala CIE, en una señal de espacio de color de n primarios, siendo $n \geq 4$ un número entero, que usa un diagrama de cromaticidad que está expresado en un espacio bidimensional, en el que las dos dimensiones representan un primer valor y un segundo valor del espacio de color de tres valores, incluyendo el diagrama de cromaticidad n puntos P_1 a P_n correspondiendo cada uno a uno de los primarios, comprendiendo el
- 15 método:
- mapear al menos un punto P_0 en el diagrama de cromaticidad, representando el punto P_0 un color y estando dentro de un polígono con puntos angulares P_1 a P_n ,
- 20
- mapear n zonas triangulares en el diagrama de cromaticidad, teniendo cada zona triangular como sus puntos angulares el punto P_0 y dos puntos adyacentes elegidos de entre los puntos P_1 a P_n ,
 - mapear la señal de espacio de color de tres valores en el diagrama de cromaticidad como punto P_x ,
- 25
- determinar en qué triángulo se ubica el punto P_x , estando formado el triángulo por el punto P_0 y dos puntos de desde P_1 hasta P_n ,
 - usar los tres colores que forman el triángulo para crear una combinación lineal aditiva,
- 30 La invención se refiere a un sistema para transformar una señal de espacio de color de tres valores, dada preferiblemente en una escala CIE, en una señal de espacio de color de n primarios, siendo $n \geq 4$ un número entero, que usa un diagrama de cromaticidad que está expresado en un espacio bidimensional, en el que las dos dimensiones representan un primer valor y un segundo valor del espacio de color de tres valores, incluyendo el diagrama de cromaticidad n puntos P_1 a P_n correspondiendo cada uno a uno de los primarios, estando el sistema
- 35 dispuesto para:
- mapear al menos un punto P_0 en el diagrama de cromaticidad, representando el punto P_0 un color y estando dentro de un polígono con puntos angulares P_1 a P_n ,
- 40
- mapear n zonas triangulares en el diagrama de cromaticidad, teniendo cada zona triangular como sus puntos angulares el punto P_0 y dos puntos adyacentes elegidos de entre los puntos P_1 a P_n ,
 - mapear la señal de espacio de color de tres valores en el diagrama de cromaticidad como punto P_x ,
- 45
- determinar en qué triángulo se ubica el punto P_x , estando formado el triángulo por el punto P_0 y dos puntos de desde P_1 hasta P_n ,
 - usar los tres colores que forman el triángulo para crear una combinación lineal aditiva,
- 50 Se espera que las fuentes de luz blanca de LED (*light emitting diode*; diodo emisor de luz) tengan un impacto fundamental en el mercado de la iluminación en general. Las lámparas LED blancas basadas en mezcla de color aditiva tienen claras ventajas en comparación con las lámparas LED blancas basadas en conversión de fósforo: eficacia luminosa superior y eficiencia luminosa superior, mejores propiedades de rendimiento de color habitualmente cuantificadas como un CRI superior (*color rendering index*; índice de rendimiento de color),
- 55 temperatura de color ajustable, posibilidad para producir luz de colores variables.
- Estas lámparas LED deben optimizarse para encontrar el mejor equilibrio posible entre una gran eficiencia de sistema habitualmente cuantificada como una gran eficacia luminosa o una gran eficiencia luminosa y buenas propiedades de rendimiento de color habitualmente cuantificadas como un gran CRI. En este sentido, la posibilidad
- 60 de generar luz blanca de alta calidad es de suma importancia para cualquier lámpara LED blanca basada en la mezcla de color aditiva. La eficacia luminosa, expresada en lumen/vatio es la relación entre el flujo luminoso total emitido por la lámpara y la potencia óptica total emitida por la lámpara. La eficiencia luminosa, también expresada en lumen/vatio es la relación entre el flujo luminoso total emitido por la lámpara y la potencia de entrada total a la lámpara. La eficiencia luminosa es igual a la eficacia luminosa multiplicada por la eficiencia con la que la potencia
- 65 eléctrica se convierte en potencia óptica. Una alta eficiencia luminosa de la lámpara según la invención significa que se obtiene una cantidad específica de luz con un menor consumo de potencia. En última instancia, el objetivo es una

5 alta eficiencia luminosa. Sin embargo, cuantificar la eficiencia con la que la potencia eléctrica se convierte en potencia óptica es tedioso y puede ser tanto necesario como suficiente tenerlo en cuenta de una manera aproximada. El CRI es una escala de CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*; comisión internacional de iluminación) usada para indicar la precisión de rendimiento de color de una fuente de luz en comparación con una
 10 fuente de referencia de la misma temperatura de color, y es el promedio de ocho colores convencionales, Ra_8 . Expresado en una escala de 1 a 100, un valor de 100 indica que no hay distorsión. Una valoración de CRI baja indica que los colores de objetos aparecerán distorsionados con esa fuente de luz particular. Se requerirá mezclar más de tres colores para lograr un índice de rendimiento de color mayor que aproximadamente 80. Especialmente para las lámparas LED blancas son posibles otras características cuantitativas de buenas propiedades de rendimiento de color y pueden usarse igualmente.

15 Los algoritmos de control de color conocidos se limitan a mezclar dos o tres colores o no optimizan la eficiencia luminosa y/o el CRI. En el documento US 5.851.063 se da a conocer un método para mezclar la luz de cuatro LED mediante una selección apropiada de la longitud de onda de cada LED con el fin de lograr un CRI de al menos $Ra_8 > 85$. Tales métodos son útiles, por ejemplo, para la iluminación apropiada de objetos. Sin embargo, apenas son útiles en la práctica debido a la gran amplitud de fabricación de longitudes de onda de LED. En el documento US 2002/0097000 se da a conocer un sistema de luminaria que usa tres colores primarios para proporcionar potencia a las fuentes de luz de LED para generar un color deseado. Se proporciona una estimación de la salida de lumen así como las coordenadas de cromaticidad de una luz deseada que va a generarse haciendo uso de una tabla de memoria. La visualización de una gama de colores expandida se conoce por el documento WO 01/95544 que usa al menos cuatro primarios. Se crea una gráfica o trazo que incluye los primarios usados en la visualización y además incluye uno o más puntos medios que permiten la transformación de una señal de espacio de color de tres valores en una señal de espacio de color primaria.

25 Sin embargo, esto no es adecuado para la iluminación, puesto que además de fabricar la luz con el brillo y las coordenadas de color deseados, es igualmente importante tener un buen rendimiento de color y una alta eficiencia luminosa al mismo tiempo.

30 El documento US 6.870.523 da a conocer una visualización de color verdadero electrónica.

Por tanto es un objeto de la invención proporcionar un algoritmo para mezclar cuatro y más colores para generar luz con buenas propiedades de rendimiento de color y una alta eficiencia luminosa.

35 El método según la invención está caracterizado porque el método comprende además:

- resolver la combinación lineal aditiva representando la contribución del color P_0 a la señal de espacio de color de n primarios y representando las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios,

40 - seleccionar la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima en los datos almacenados,

45 - multiplicar todas las contribuciones de la combinación lineal óptima para P_0 y las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios por un factor constante para generar un determinado brillo que representa el tercer valor del espacio de color de tres valores,

- visualizar la combinación lineal óptima así derivada para P_x representando las combinaciones multiplicadas de los colores de los puntos P_1 a P_n .

50 Aunque un CRI de hasta 89 es factible cuando se mezclan tres colores, mezclar cuatro colores es lo más eficiente para valores de CRI entre 85 y 98, que cumplirán la mayoría de las necesidades de iluminación en general. Mezclar cinco colores da como resultado valores de CRI sólo ligeramente mayores. Por tanto, mezclar cuatro colores, es decir $n = 4$, será lo más adecuado para producir una luz blanca.

55 Según una realización preferida de la invención los ajustes de intensidad de los diferentes LED de colores que dan como resultado una luz blanca con coordenadas de cromaticidad sobre o cerca de la línea de cuerpo negro con una gran eficiencia luminosa y un gran CRI se calculan previamente y se almacenan en tablas de consulta. Esto se realiza de tal manera que estas intensidades pueden recuperarse para cualquier temperatura de color o temperatura de color correlacionada, por ejemplo mediante interpolación. De esta manera, prácticamente no existe ningún límite al número de colores que pueden mezclarse puesto que estos cálculos se realizan fuera de línea. Con el fin de generar luz con otras coordenadas de cromaticidad, se eligen un punto que representa un color auxiliar sobre o cerca de la línea de cuerpo negro y dos colores primarios que forman un triángulo en el diagrama de cromaticidad de CIE que contiene el color deseado. Entonces se aplican algoritmos ampliamente conocidos para mezclar tres colores a este triángulo. El método para transformar una señal de espacio de color de tres valores en una señal de espacio de color de n primarios puede modificarse usando dos colores auxiliares y un color primario o tres colores auxiliares en lugar de un color auxiliar y dos colores primarios.

Las coordenadas de color x e y en el diagrama de cromaticidad de CIE y el brillo de la luz que debe producirse se especificarán para una lámpara LED blanca. Si se mezclan tres colores y se fijan sus longitudes de onda (o coordenadas de color) entonces sus intensidades se determinan sin ambigüedad y pueden calcularse inmediatamente a partir de las coordenadas x e y y el brillo de la luz que debe producirse.

5 Con un algoritmo para mezclar cuatro o más colores la intensidad de al menos un color auxiliar se usa como parámetro para construir un algoritmo de control de color. El color auxiliar con un punto de color predeterminado se obtiene mezclando la luz de los colores de LED primarios. Los puntos de color de LED forman un polígono que contiene el punto de color del color auxiliar. Las intensidades relativas de los colores con los puntos de color de LED se determinan sin ambigüedad mediante las coordenadas de color del punto de color auxiliar y el requisito para generar luz con buenas propiedades de rendimiento de color y una alta eficiencia luminosa. Sus intensidades absolutas son proporcionales a la intensidad del color del punto de color auxiliar. La elección del punto de color auxiliar depende del punto de color de la luz que finalmente pretende producirse. Cada color que puede producirse mezclando la luz de los colores primarios disponibles tiene coordenadas de cromaticidad dentro de un triángulo formado por el color auxiliar y dos colores primarios. Los algoritmos ampliamente conocidos para mezclar tres colores se aplican entonces a este triángulo.

Ejecutar un algoritmo en tiempo real requiere cierto esfuerzo computacional. Esto es factible con procesadores y microcontroladores de señales digitales. Sin embargo, dependiendo de las consideraciones prácticas puede ser preferible usar un procesador con una potencia computacional inferior pero con más memoria. Esto implica realizar algunos de los cálculos fuera de línea y almacenar sus resultados en tablas de consulta. Los algoritmos conocidos hasta la fecha no son muy adecuados para un procedimiento de este tipo. Si deben mezclarse más de tres colores, entonces el esfuerzo computacional de los algoritmos puede resultar poco práctico.

25 El sistema según la invención está caracterizado porque el sistema está dispuesto además para:

- resolver la combinación lineal aditiva representando la contribución del color P_0 a la señal de espacio de color de n primarios y representando las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios,
- 30 - seleccionar la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima en los datos almacenados,
- multiplicar todas las contribuciones de la combinación lineal óptima para P_0 y las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios por un factor constante para generar un determinado brillo que representa el tercer valor del espacio de color de tres valores,
- 35 - visualizar la combinación lineal óptima así derivada para P_x representando las combinaciones multiplicadas de los colores de los puntos P_1 a P_n .

40 El sistema puede comprender:

- un dispositivo de almacenamiento de datos para almacenar datos de CRI y eficiencia luminosa, y
- 45 - un controlador para dicha determinación y para dicha creación de la combinación lineal aditiva y para dicha selección de la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima mediante el uso de los datos almacenados del dispositivo de almacenamiento de datos.

50 El al menos un punto P_0 puede elegirse a partir de o cerca de la línea de cuerpo negro.

Las realizaciones de la invención se tratarán como ejemplos y se ilustrarán mediante las figuras adjuntas.

La figura 1 representa un mapeo de cromaticidad para convertir los datos de origen para calcular los niveles de contribución de primarios según una realización de la presente invención. Se elige un punto P_0 sobre o próximo a la línea de cuerpo negro, especificando preferiblemente una temperatura de color. Se recuperan las intensidades de los colores puros P_1 , P_2 , P_3 , P_4 y P_5 que dan como resultado luz con este color y una gran eficacia luminosa y un gran CRI que se han calculado previamente y almacenado en tablas de consulta y, si es necesario, se interpolan. P_1 representa un LED verde, P_2 representa un LED amarillo, P_3 representa un LED rojo, P_4 representa un LED azul y P_5 representa un LED cian. Si un LED no tiene la potencia para generar la luz deseada, por ejemplo, por motivos térmicos o limitaciones actuales, entonces pueden usarse varios LED del mismo color. El objeto de un algoritmo aplicado es determinar ahora los valores de brillo Y_1, \dots, Y_5 de los P_1, \dots, P_5 de LED para generar luz con el punto de color P_x y el brillo Y_x con eficiencia luminosa y CRI buenos donde $Y_x = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5$. Multiplicar los valores de brillo Y_1, \dots, Y_5 de los LED por un factor constante dará como resultado que el brillo Y_x de la luz mezclada se multiplique por el mismo factor, sin influir en el punto de color P_x , sin influir en el CRI y sin influir o influyendo sólo ligeramente en la eficiencia luminosa dependiendo del método usado para ajustar el brillo de los LED.

- Si se mueven las coordenadas de cromaticidad de los colores puros P_1 , P_2 , P_3 , P_4 y P_5 , por ejemplo debido a las variaciones de temperatura, entonces también se usarán estos valores calculados previamente. Esto da como resultado un color con coordenadas de cromaticidad no sobre sino en proximidad a la línea de cuerpo negro. El error introducido por esta desviación será pequeño. El algoritmo garantiza que las coordenadas de cromaticidad de cualquier luz deseada sean correctas. Sólo habrá pequeñas diferencias en el índice de rendimiento de color y la eficiencia luminosa. Cada color que puede producirse al mezclar la luz de los colores puros disponibles tiene las coordenadas de cromaticidad dentro de un triángulo formado por el color auxiliar y dos colores puros. Los algoritmos ampliamente conocidos para mezclar tres colores se aplican a este triángulo.
- La figura 2 ilustra el mismo mapeo de cromaticidad que en la figura 1 pero en lugar de un punto P_x o un punto P_0 en o próximo a la línea de cuerpo negro se muestra la propia línea de cuerpo negro como una línea discontinua.
- La figura 3 muestra un diagrama con valores de CRI y eficacia luminosa ($[lm/W]$) logrados por determinadas combinaciones lineales Q de colores primarios que dan todas como resultado el mismo color caracterizado por su brillo y coordenada de color. Combinaciones lineales más interesantes son aquellas correspondientes a los puntos negros, que están en el límite del área de todos los puntos, es decir que corresponden a un óptimo en el sentido de que no existe otra combinación con tanto un mayor CRI como una mayor eficacia luminosa. Dependiendo de la importancia de que cada uno de estos valores sea máximo, Q_0 , Q_1 y Q_2 entre los puntos negros son ejemplos de elecciones adecuadas, Q_0 en el caso de que el CRI máximo sea de mayor importancia, Q_2 en el caso de que la eficacia luminosa máxima sea de mayor importancia y Q_1 en el caso de que se esté buscando un compromiso entre ambas.
- La figura 4 ilustra el mismo mapeo de cromaticidad que en la figura 1, mostrando una realización de la invención, empezando con más de un punto P_0 .
- El punto P_0 mostrado en la figura 1 requerido para controlar la fabricación de luz con punto de color P_x se situaría sobre la línea que conecta S_1 y S_2 . Los puntos S_1 , S_2 , S_3 , S_4 están sobre o próximos a la línea de cuerpo negro. Las intensidades de los LED para P_0 se derivarían mediante interpolación de aquéllos calculados por adelantado y almacenados para S_1 , S_2 , S_3 y S_4 .
- La figura 5 ilustra el mismo mapeo de cromaticidad que en la figura 1, mostrando una realización de la invención, que usa varios puntos S_1 , S_2 , S_3, \dots, S_5 en lugar de un punto P_0 .
- Cada color que puede fabricarse está en un triángulo. Por ejemplo P_x está en el triángulo $S_2 P_2 P_3$. La luz con estos 3 colores se mezcla tal como ya se expuso con el fin de obtener luz con el color P_x y la intensidad deseada. Las intensidades de los LED se calculan por adelantado y se almacenan para S_1 , S_2 , S_3, \dots, S_5 .

REIVINDICACIONES

1. Método para transformar una señal de espacio de color de tres valores, dada preferiblemente en una escala CIE, en una señal de espacio de color de n primarios, siendo $n \geq 4$ un número entero, que usa un diagrama de cromaticidad que está expresado en un espacio bidimensional, en el que las dos dimensiones representan un primer valor y un segundo valor del espacio de color de tres valores, incluyendo el diagrama de cromaticidad n puntos P_1 a P_n correspondiendo cada uno a uno de los primarios, comprendiendo el método:
- mapear al menos un punto P_0 en el diagrama de cromaticidad, representando el punto P_0 un color y estando dentro de un polígono con puntos angulares P_1 a P_n ,
 - mapear n zonas triangulares en el diagrama de cromaticidad, teniendo cada zona triangular como sus puntos angulares el punto P_0 y dos puntos adyacentes elegidos de entre los puntos P_1 a P_n ,
 - mapear la señal de espacio de color de tres valores en el diagrama de cromaticidad como punto P_x ,
 - determinar en qué triángulo se ubica el punto P_x , estando formado el triángulo por el punto P_0 y dos puntos de desde P_1 hasta P_n ,
 - usar los tres colores que forman el triángulo para crear una combinación lineal aditiva,
- estando el método caracterizado porque comprende además:
- resolver la combinación lineal aditiva representando la contribución del color P_0 a la señal de espacio de color de n primarios y representando las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios,
 - seleccionar la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima en los datos almacenados,
 - multiplicar todas las contribuciones de la combinación lineal óptima para P_0 y las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios por un factor constante para generar un determinado brillo que representa el tercer valor del espacio de color de tres valores,
 - visualizar la combinación lineal óptima así derivada para P_x representando las contribuciones multiplicadas de los colores de los puntos P_1 a P_n .
2. Método según la reivindicación 1, en el que el al menos un punto P_0 se elige a partir de o cerca de la línea de cuerpo negro.
3. Sistema para transformar una señal de espacio de color de tres valores, dada preferiblemente en una escala CIE, en una señal de espacio de color de n primarios, siendo $n \geq 4$ un número entero, que usa un diagrama de cromaticidad que está expresado en un espacio bidimensional, en el que las dos dimensiones representan un primer valor y un segundo valor del espacio de color de tres valores, incluyendo el diagrama de cromaticidad n puntos P_1 a P_n correspondiendo cada uno a uno de los primarios, estando el sistema dispuesto para:
- mapear al menos un punto P_0 en el diagrama de cromaticidad, representando el punto P_0 un color y estando dentro de un polígono con puntos angulares P_1 a P_n ,
 - mapear n zonas triangulares en el diagrama de cromaticidad, teniendo cada zona triangular como sus puntos angulares el punto P_0 y dos puntos adyacentes elegidos de entre los puntos P_1 a P_n ,
 - mapear la señal de espacio de color de tres valores en el diagrama de cromaticidad como punto P_x ,
 - determinar en qué triángulo se ubica el punto P_x , estando formado el triángulo por el punto P_0 y dos puntos de desde P_1 hasta P_n ,
 - usar los tres colores que forman el triángulo para crear una combinación lineal aditiva,
- estando el sistema caracterizado porque está dispuesto además para:
- resolver la combinación lineal aditiva representando la contribución del color P_0 a la señal de espacio de color de n primarios y representando las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios,

- seleccionar la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima en los datos almacenados,
- 5
- multiplicar todas las contribuciones de la combinación lineal óptima para P_0 y las contribuciones de los colores de los otros dos puntos a la señal de espacio de color de n primarios por un factor constante para generar un determinado brillo que representa el tercer valor del espacio de color de tres valores,
- 10
- visualizar la combinación lineal óptima así derivada para P_x representando las contribuciones multiplicadas de los colores de los puntos P_1 a P_n .
- 4.
- Sistema según la reivindicación 3, comprendiendo el sistema:
- 15
- un dispositivo de almacenamiento de datos para almacenar datos de CRI y eficiencia luminosa, y
 - un controlador para dicha determinación y para dicha creación de la combinación lineal aditiva y para dicha selección de la combinación lineal óptima para P_0 con respecto al CRI máximo y a la eficiencia luminosa máxima mediante el uso de los datos almacenados del dispositivo de almacenamiento de datos.
- 20
- 5.
- Sistema según la reivindicación 3, en el que el al menos un punto P_0 se elige a partir de o cerca de la línea de cuerpo negro.

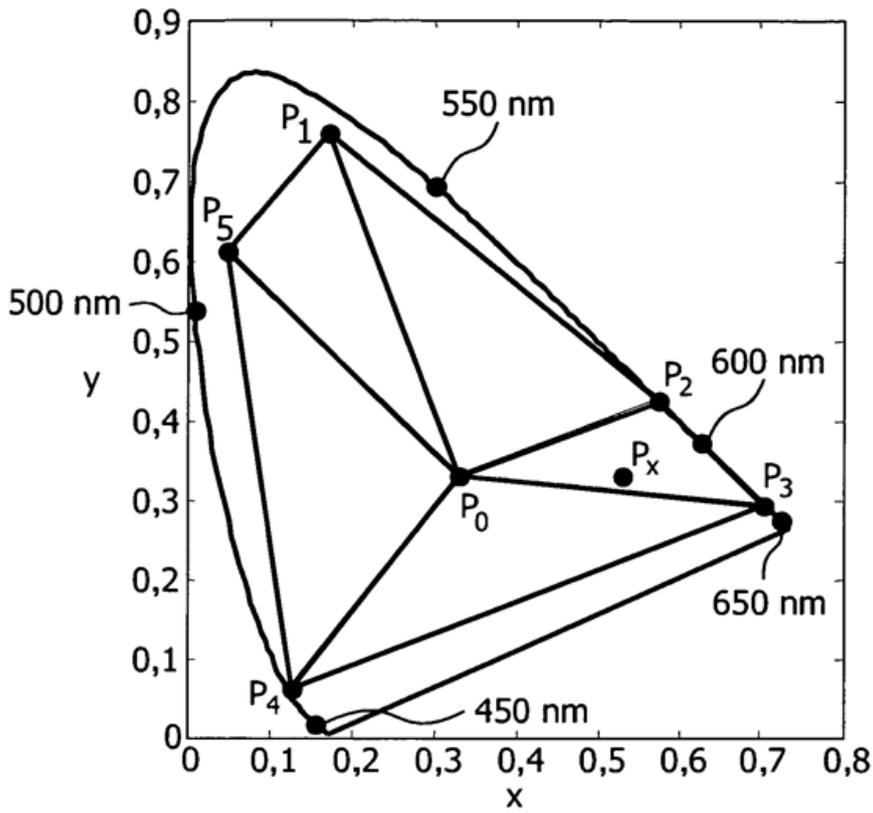


FIG. 1

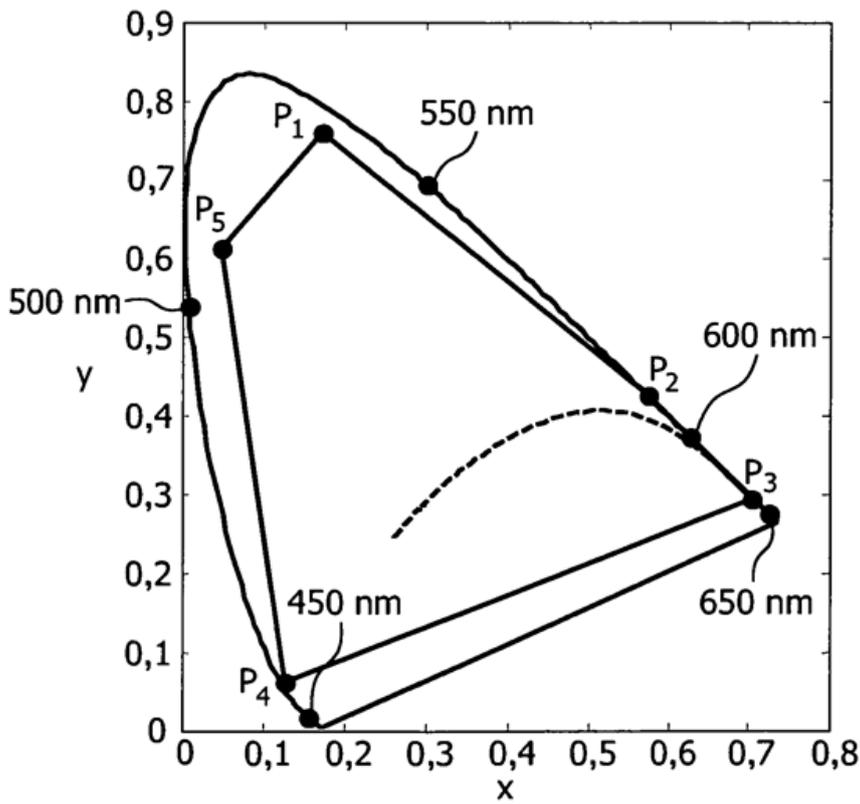


FIG. 2

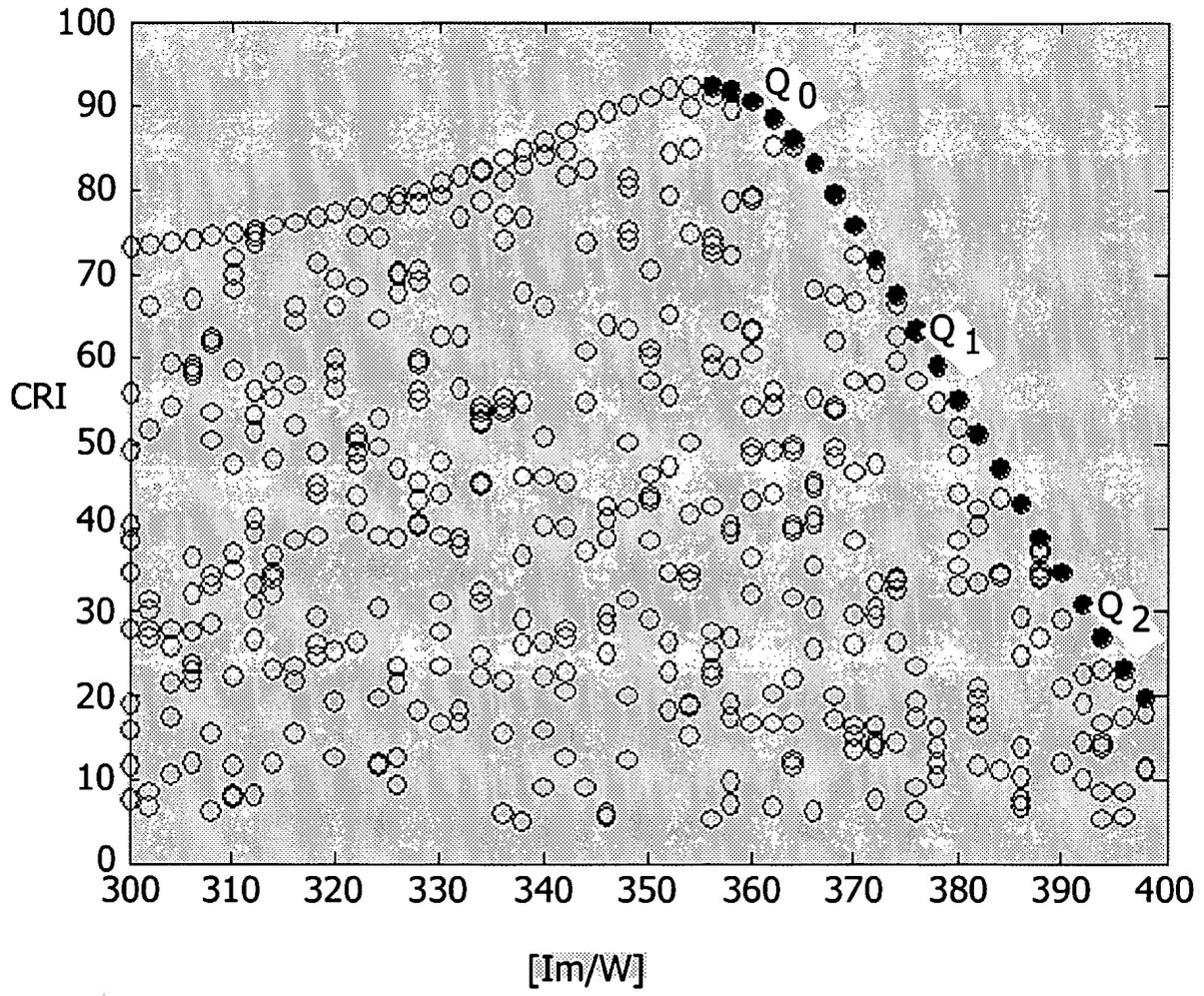


FIG. 3

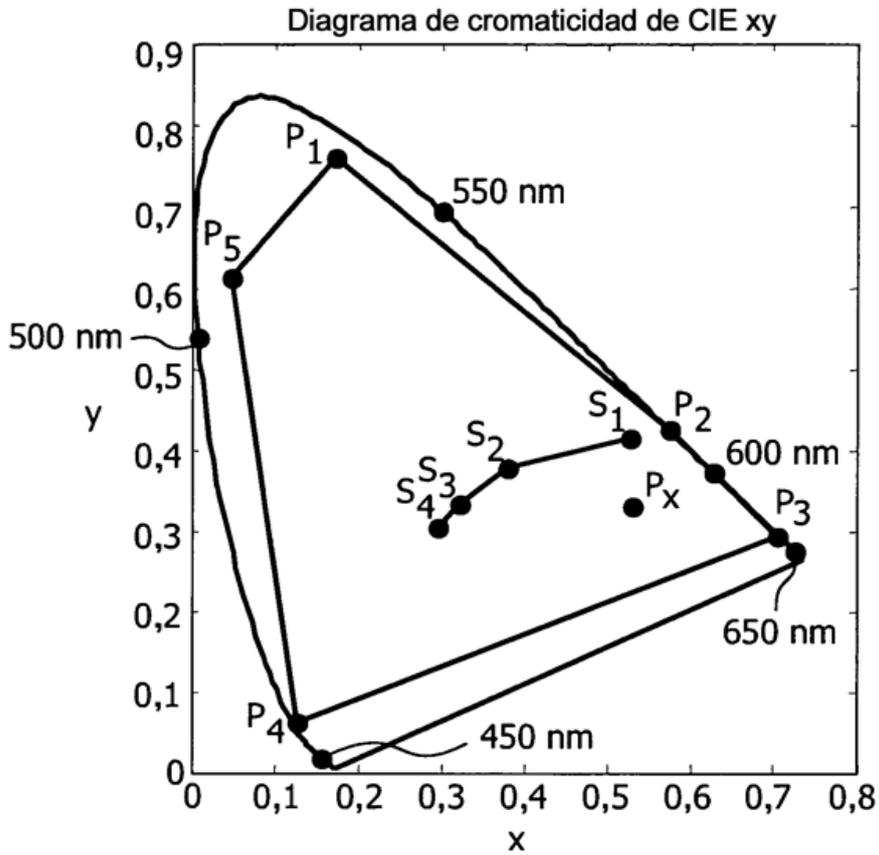


FIG. 4

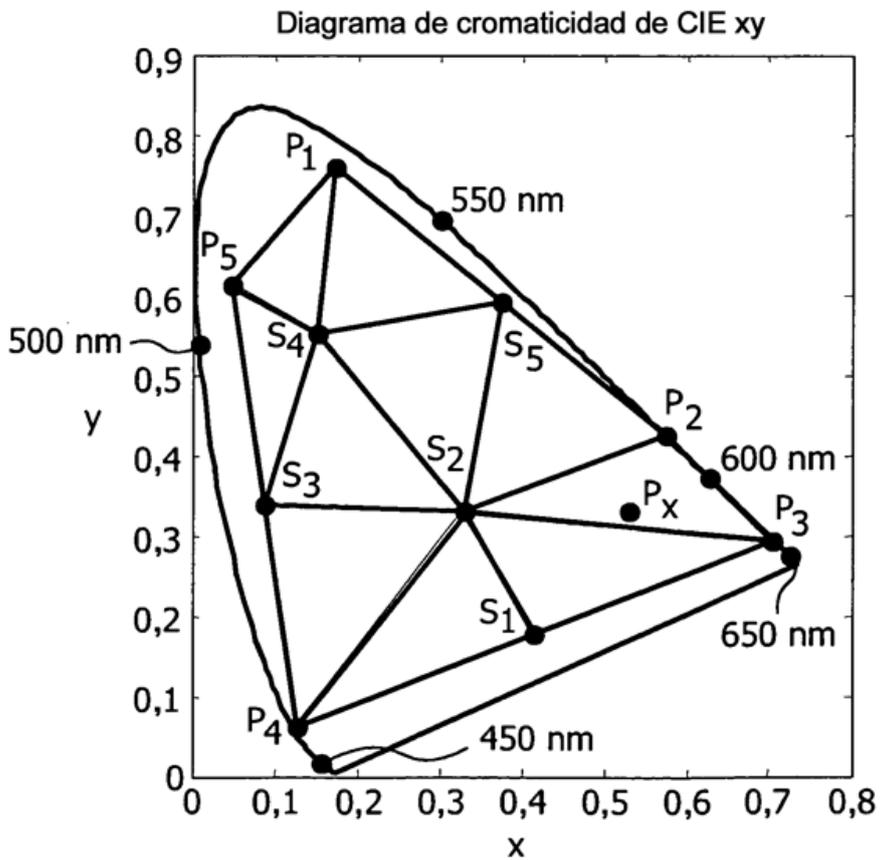


FIG. 5