

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 773**

51 Int. Cl.:

**H04B 10/11** (2013.01)

**H05B 37/02** (2006.01)

**H04B 10/116** (2013.01)

**H04B 10/114** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2009 PCT/IB2009/051711**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2009 WO2009136312**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2009 E 09742485 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2289179**

54 Título: **Módulo de luz, sistema de iluminación y método que incorpora datos en luz emitida**

30 Prioridad:

**06.05.2008 EP 08155713**

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

**29.06.2017**

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)  
High Tech Campus 45  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**SCHENK, TIM, C., W.;;  
FERI, LORENZO;  
DAMINK, PAULUS, H., A.;;  
VERNHOOT, MARTIN, M. y  
SEKULOVSKI, DRAGAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 620 773 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**

Módulo de luz, sistema de iluminación y método que incorpora datos en luz emitida

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un módulo de luz que comprende al menos dos fuentes de luz primarias capaces de emitir una luz de color primario que permite que el módulo de luz emita luz que tiene intensidad (Y) y coordenadas de color (x, y), comprendiendo además el módulo de luz un modulador capaz de modular las fuentes de luz primarias, permitiendo la incrustación de datos en la luz emitida. Además, la invención se refiere a un sistema de iluminación que comprende dichos módulos de luz. Además, la invención se refiere a un método para incrustar datos en la luz emitida por los módulos de luz. Tales dispositivos, en particular, son de interés en el control avanzado de sistemas de iluminación y transmisión libre de datos en espacios confinados.

15 Antecedentes de la invención

Se conoce una realización de un sistema de iluminación del tipo descrito en US2007/0008258. Ese documento describe una red de comunicación basada en iluminación que hace uso de la transmisión libre en espacio de datos incorporados en la luz emitida por los módulos de luz del sistema de iluminación como modulaciones de intensidad. Los módulos de iluminación comprenden una pluralidad de diodos emisores de luz (LEDs) que emiten cada uno luz de diferentes longitudes de onda (colores primarios) y proporcionan iluminación usualmente solicitada desde dichos sistemas para ayudar a la visibilidad de los objetos al ojo humano. Además, la red comprende una pluralidad de detectores que comprenden, cada uno, múltiples elementos receptores de luz selectiva de longitud de onda (utilizando filtros de paso de banda) correspondientes a los colores primarios emitidos por los LEDs.

Los módulos de luz transmiten los datos (i) dividiendo una serie de señales de entrada en una pluralidad de señales correspondientes a las diferentes longitudes de onda de los LEDs, (ii) alimentando cada una de las señales al LED correspondiente, (iii) realizando comunicación de acceso múltiple por división de código mediante la modulación de las intensidades de emisión de los LEDs.

La recepción de dicha luz modulada permite a un detector (i) generar señales de cada uno de los elementos receptores de luz selectiva de longitud de onda, (ii) correlacionar las señales con el código difundido utilizado para la difusión de datos por los módulos luminosos, (iii) descodificar las señales y regenerar los datos como una salida en un puerto de salida del detector.

Un inconveniente de la solución descrita en US2007/0008258 es que el ojo humano es muy sensible para variaciones de intensidad, en particular en ciertos rangos de frecuencias. Por lo tanto, el uso secundario de un sistema de iluminación como parte de una red de comunicación mediante la implementación de datos en la luz emitida como variaciones de intensidad puede disminuir la función primaria del sistema como ayuda a la visión humana, especialmente cuando se utiliza en los rangos de frecuencia de alta sensibilidad el ojo humano. Por lo tanto, existe una clara necesidad de proporcionar un esquema de modulación alternativo que permita que los datos se transmitan sin (o al menos a una tasa altamente reducida) disminución del rendimiento percibido de la función primaria de un sistema de iluminación en gamas amplias de frecuencias de modulación.

45 Sumario de la invención

La invención tiene como objetivo proporcionar un sistema de iluminación y un método de modulación que resuelven al menos en parte la necesidad descrita anteriormente. La invención alcanza este objetivo de acuerdo con un primer aspecto proporcionando un sistema de iluminación que comprende una pluralidad de módulos de luz que comprenden cada uno al menos dos fuentes de luz primarias capaces de emitir una luz de color primario que permite que el módulo de luz emita luz (combinada) que tiene coordenadas de intensidad y color, comprendiendo además los módulos de luz un modulador capaz de modular las fuentes de luz primarias, permitiendo la incrustación de datos en la luz emitida, caracterizado porque el modulador está dispuesto para modular las coordenadas de color de la luz emitida.

Basándose en el conocimiento de que la sensibilidad del ojo humano a los cambios de color es menor que a los cambios de intensidad, la invención permite ventajosamente incrustar los datos en la luz emitida desde el sistema de iluminación sin disminuir el rendimiento de su función primaria como una ayuda a la visión humana.

En una realización de la invención, el modulador está dispuesto para modular la luz de acuerdo con un esquema de modulación de espectro ensanchado. En una realización, los datos comprenden un código de identificación de módulo de luz. De manera ventajosa, esto permite la identificación de módulos luminosos individuales (y por consiguiente su control) por un dispositivo de detección, incluso cuando es iluminado por luz que se origina de una multitud de módulos de luz simultáneamente.

En una realización, el módulo de luz comprende además un detector dispuesto para determinar las coordenadas de

color (x, y) de la luz emitida por el módulo de luz para calibrar la luz emitida. Ventajosamente, esto permite un bucle de realimentación con el fin de controlar y estabilizar el punto de color de la luz emitida.

5 En una realización, el modulador está dispuesto para hacer uso de un alfabeto de modulación, definiendo al menos dos coordenadas de cromaticidad ( $x_0, y_0$ ) y ( $x_1, y_1$ ) que representan al menos un "0" lógico y un "1" lógico, para la modulación de las coordenadas de color. En una realización, al menos dos de las coordenadas de cromaticidad ( $x_0, y_0$ ) y ( $x_1, y_1$ ) del alfabeto de modulación están dispuestas para situarse sobre un eje común con la coordenada de cromaticidad objetivo ( $x_T, y_T$ ) de la luz emitida. En otra realización más, el eje común forma el eje alargado de la elipse MacAdam alrededor de una coordenada de cromaticidad objetivo ( $x_T, y_T$ ) de la luz emitida. Ventajosamente, esta disposición minimiza la visibilidad de la modulación de coordenadas de color para un observador, mientras que simultáneamente maximiza la detectabilidad para un dispositivo de detección.

15 En una realización, las al menos dos coordenadas de cromaticidad ( $x_0, y_0$ ) y ( $x_1, y_1$ ) representan un desplazamiento de color predeterminado  $\Delta xy_0$  y  $\Delta xy_1$ , respectivamente. Esta realización tiene una ventaja considerable cuando se incrustan datos usando una modulación en un espacio de color de referencia no distorsionado más homogéneo, tal como los espacios CIE L\*a\*b\* y CIE Luv.

20 Según un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema de iluminación que comprende una pluralidad de módulos de luz de acuerdo con la invención. En una realización, el sistema de iluminación comprende además un dispositivo de detección a distancia dispuesto para determinar las coordenadas de color (x, y) de la luz emitida por los módulos de luz para detectar los datos embebidos en la luz emitida.

25 Según un tercer aspecto, la invención proporciona un método para incrustar datos en la luz emitida por un módulo de iluminación de un sistema de iluminación, que comprende las etapas (i) de disponer el módulo de luz para comprender al menos dos fuentes de luz primarias capaces de emitir un color primario luz que permite que el módulo de luz emita luz que tiene una intensidad y coordenadas de color, (ii) modulación de las fuentes de luz primarias usando un modulador, (iii) disposición del modulador para modular las coordenadas de color de la luz emitida.

30 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

35 Más detalles, características y ventajas de la invención se describen en la siguiente descripción de realizaciones de ejemplo y preferidas en relación con los dibujos.

La figura 1 muestra una realización de un sistema de iluminación según la invención

40 La figura 2 muestra el diagrama de cromaticidad xy de CIE

La figura 3 muestra una realización del modulador en un módulo de luz según la invención

45 La figura 4 muestra una realización del dispositivo de detección comprendido en un sistema de iluminación según la invención

Descripción detallada de las realizaciones

50 La figura 1 muestra un sistema 100 de iluminación de acuerdo con la invención. El sistema comprende una pluralidad de módulos 110 de luz. Cada módulo comprende al menos dos fuentes 111, 112, 113 de luz primarias capaces de emitir una luz de color primario que permite que el módulo de luz emita luz combinada que tiene intensidad (Y) y coordenadas de color (xy) a través de la mezcla de la señal primaria emitida por las fuentes de luz usando óptica 114 de mezcla apropiada. Las fuentes de luz pueden ser, en principio, de cualquier tipo, tales como bombillas de descarga de gas, diodos emisores de luz inorgánicos (LED), LEDs orgánicos y diodos láser. Por lo tanto, como ejemplo, un módulo 110 de luz puede comprender tres fuentes 111, 112, 113 de luz de color primario que emiten luz roja, verde y azul, respectivamente. Alternativamente, los módulos de luz pueden comprender más de tres fuentes de luz, tal como un cuarto LED de color ámbar. Alternativamente, los módulos 110 de luz pueden incluso comprender un (quinto) LED revestido de fósforo que emite un espectro predefinido de banda ancha tal como luz blanca. Los módulos 110 de luz comprenden además un modulador 115 capaz de modular las fuentes de luz primarias que permiten incrustar datos en la luz emitida. En una realización, el módulo 110 de luz comprende además un detector 116 dispuesto para determinar las coordenadas de color (xy) de la luz emitida por el módulo de luz para calibrar la luz emitida.

65 En una realización los datos (que comprenden un código de identificación de módulo de luz, datos relativos a las fuentes de luz de color primario constitutivas 111, 112, 113, características de iluminación de la luz emitida o datos no relacionados con la iluminación tales como música o información sobre un objeto, un cuadro, o estatua situados

cerca del módulo 110 de luz) se implementa usando una técnica de espectro ensanchado. Tal técnica es conocida como "multiplexación por división de código/acceso múltiple" (CDM o CDMA). A cada módulo 110 de iluminación se asigna un código de identificación único. Los códigos de identificación deben ser ortogonales, es decir, un valor de una autocorrelación de un código debe ser significativamente mayor que un valor de una correlación cruzada de dos códigos diferentes. Un dispositivo 190 de detección, que comprende, por ejemplo, un fotodetector, es capaz entonces de discriminar entre transmisiones simultáneas de luz modulada por diferentes módulos 110 de luz, de manera que el dispositivo de detección puede identificar cada uno de ellos. Además, el dispositivo 190 de detección puede medir una propiedad de iluminación (intensidad, punto de color, etc.) de la luz modulada recibida del módulo 110 de luz identificado. Para cada emisión detectada de luz modulada, el dispositivo 190 de detección transfiere datos (preferiblemente inalámbricos utilizando, por ejemplo, un protocolo ZigBee) que contiene una identificación del módulo 110 de luz emisor y un valor de la propiedad de iluminación medida al controlador 200 maestro. La adquisición de tales datos permite al controlador maestro controlar módulos 110 de luz, cambiando la intensidad o punto de color de la luz emitida para satisfacer los efectos de luz deseados en un área alrededor del dispositivo 190 de detección. El efecto de luz forma la función primaria del sistema 100 de iluminación, mientras que la incorporación y transmisión de los datos forma la función secundaria.

El efecto de luz (combinado), asumiendo que tiene valores triestímulos XYZ, se puede caracterizar en el espacio de color xyY de CIE utilizando las relaciones bien conocidas:

$$\begin{aligned} x &= X/(X+Y+Z) & o & & X &= (Y/y) \cdot x \\ y &= Y/(X+Y+Z) & & & & & & & & & \text{Ec. 1} \\ z &= Z/(X+Y+Z) & o & & Z &= (Y/y) \cdot z = (Y/y) \cdot (1-x-y) \end{aligned}$$

La figura 2 muestra esquemáticamente el plano xy de este espacio de color, conocido como diagrama de cromaticidad. Supóngase que los módulos 110 de luz comprenden tres LEDs que emiten en la parte roja, verde y azul del espectro visible con intensidades  $Y_R$ ,  $Y_G$  y  $Y_B$ , respectivamente, y que tienen coordenadas de cromaticidad  $(X_R, Y_R)$ ,  $(X_G, Y_G)$  y  $(X_B, Y_B)$ , respectivamente. El efecto luminoso, creado por mezcla de color aditivo de estas fuentes de luz primarias, puede caracterizarse en términos de los componentes constituyentes como:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{Ec. 2}$$

Las coordenadas xyY del efecto luminoso (combinado) pueden encontrarse entonces usando la ecuación 1.

El esquema de modulación de la técnica anterior implementa los datos como códigos ortogonales usando una técnica de espectro ensanchado modulando la salida de potencia óptica de cada una de las fuentes 111, 112, 113 luminosas primarias. Con cada fuente de luz primaria correspondiente esencialmente a una longitud de onda diferente (o canal), cada canal tiene datos específicos atribuidos a ella. Por lo tanto, los datos específicos del canal R corresponden a modulaciones en  $X_R$ ,  $Y_R$ ,  $Z_R$  y similares a las modulaciones en  $X_G$ ,  $Y_G$ ,  $Z_G$  y  $X_B$ ,  $Y_B$ ,  $Z_B$  para los datos específicos del canal G y B, respectivamente. Eq. 2 muestra entonces que la intensidad  $Y = Y_R + Y_G + Y_B$  no permanece constante sino que exhibe modulaciones propiamente dichas que, dependiendo de las frecuencias utilizadas, puede disminuir gravemente la función primaria del sistema 100 de iluminación. En cambio, el concepto inventivo, en contraste, se basa en la percepción de que los datos pueden ser implementados alternativamente por modulación de las coordenadas de cromaticidad  $(x, y)$  del efecto de luz mientras se mantiene constante su intensidad Y. Ventajosamente, como el ojo humano muestra una menor sensibilidad a las modulaciones en las coordenadas de cromaticidad de un efecto luminoso que a las modulaciones en su intensidad, la invención proporciona un concepto de transmisión de datos para uso en un sistema de iluminación sin disminuir el rendimiento percibido de la función primaria del sistema de iluminación sobre amplias gamas de frecuencia de modulación.

La figura 3 muestra una realización del modulador 115 comprendido en un módulo 110 de luz de acuerdo con la invención. En este ejemplo, el módulo de luz comprende tres fuentes 111, 112, 113 de luz primarias. Sin embargo, de nuevo, el concepto de inclusión de datos de la invención funciona para cualquier módulo de luz que tiene al menos dos fuentes de luz primarias. La mezcla de la luz emitida desde las fuentes de luz primaria 111, 112, 113

crea un efecto de luz. El efecto 122 luminoso objetivo, suministrado por el controlador 200 maestro (véase la figura 1), viene dado por las coordenadas de cromaticidad ( $x_T$ ,  $y_T$ ) (véase el punto T en la figura 2) y la intensidad  $Y_T$ . El modulador 115 comprende un generador 120 de alfabeto de modulación, un codificador (opcional) 130, un graficador 140 y un transformador 150 (opcional).

El generador 120 de alfabeto de modulación genera el alfabeto 123 de modulación basado en un indicador de entrada del tamaño 121 del alfabeto. Por ejemplo, si el tamaño del alfabeto es igual a 2, un "0" lógico y un "1" lógico pueden corresponder a un alfabeto 123 de modulación que tiene coordenadas de cromaticidad ( $x_0$ ,  $y_0$ ) y ( $x_1$ ,  $y_1$ ), respectivamente. Alternativamente, un tamaño de alfabeto igual a 4 permite crear pares de 2 bits con valores lógicos "00", "01", "10" y "11" y correspondientes a las coordenadas de cromaticidad ( $x_0$ ,  $y_0$ ), ( $x_1$ ,  $y_1$ ), ( $x_2$ ,  $y_2$ ) y ( $x_3$ ,  $y_3$ ), respectivamente. Se pueden crear asignaciones similares para los tamaños de alfabeto 121 que equivalen a 8, 16, etc. De este modo, ventajosamente, un tamaño de alfabeto 121 mayor permite potenciar el alfabeto 123 de modulación permitiendo esencialmente un ancho de banda de radiodifusión de datos incrementado. Preferiblemente, las coordenadas de cromaticidad del alfabeto ( $x_0$ ,  $y_0$ ), ( $x_1$ ,  $y_1$ ), etc., se crean de manera que su promedio corresponde a la coordenada de cromaticidad objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ). Ventajosamente, esto minimiza la visibilidad de la modulación de coordenadas de color al ojo humano.

La señal 131 de datos que va a ser incorporada en la luz (combinada) emitida puede ser alimentada a un codificador 130 opcional para crear datos 132 codificados. El codificador 130 puede añadir *por ejemplo* bits redundantes para la corrección de errores. Ventajosamente, esto hace que la transmisión y recepción de datos sean más resistentes a los errores causados por, *por ejemplo*, ruido. Ejemplos de tales bits redundantes podrían ser códigos que utilizan suma de comprobación, bits de paridad o una comprobación de redundancia cíclica.

Posteriormente, la alimentación del efecto 122 de luz objetivo, del alfabeto 123 de modulación y de los datos 132 codificados al graficador 140 permiten asignar los datos a las coordenadas de cromaticidad alrededor del objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ). Esto da como resultado una corriente 141 de símbolos que define el efecto de luz ( $x$ ,  $y$ ,  $Y$ ) que debe ser creada por el módulo 110 de luz y que comprende los datos incrustados por transmitir bajo la condición de que  $Y$  permanezca constante (es decir, igual a  $Y_T$ ). El transformador 150 transforma la corriente 141 de símbolos en las señales 151 de excitación de LED para las fuentes 111, 112, 113 individuales de luz primaria. Esta operación de transformación depende de las coordenadas de cromaticidad ( $x_R$ ,  $y_R$ ), ( $x_G$ ,  $y_G$ ) y ( $x_B$ ,  $y_B$ ) de las fuentes de luz primarias reales presentes en el módulo 110 de luz. En otras palabras, el transformador 150 correlaciona el espacio xyY de CIE con un espacio de color "RGB" que las fuentes de luz primarias pueden alcanzar en esta realización. Alternativamente, el generador 120 de alfabeto de modulación puede estar configurado para incluir ya el conocimiento en las coordenadas de cromaticidad de fuente luminosa primaria. Tal configuración reduce la operación de transformación del transformador 150 a la operación de identidad.

La figura 4 muestra una realización del dispositivo 190 sensor comprendido en un sistema 100 de iluminación de acuerdo con la invención. Comprende un sensor 160 de color, un transformador 170 de color (opcional), un detector 180 de símbolo y un decodificador 135 (opcional). Además, el dispositivo de detección puede comprender una unidad transeptora apropiada y una interfaz de usuario (ambas no mostradas) que le permitan comunicarse con el controlador 200 maestro y un operador, respectivamente.

Similar al transformador 150, el transformador 170 de color correlaciona el espacio de color del sensor 160 de color con el espacio de color xyY de la CIE. Esta correlación es igual a la transformación de identidad en caso de que la sensibilidad espectral del sensor de color sea igual a las funciones de coincidencia de color CIE. Por lo tanto, el transformador 170 de color permite reconstruir la corriente 141 de símbolos que define el efecto de luz (combinado) ( $x$ ,  $y$ ,  $Y$ ) que ha de ser creado por el módulo 110 de luz y que comprende los datos incrustados para ser transmitidos bajo la condición de que  $Y$  permanezca constante (es decir igual a  $Y_T$ ).

Posteriormente, el detector 180 de símbolos reconstruye los datos (codificados) de la corriente 141 de símbolos. La disponibilidad del alfabeto 123 de modulación constituye un requisito previo para esta reconstrucción. En una realización, el alfabeto 123 de modulación está predeterminado y disponible en una tabla de consulta sobre un medio de memoria comprendido en el dispositivo 190 de detección. La tabla de consulta comprende una lista de las coordenadas de cromaticidad objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ) y las coordenadas de cromaticidad correspondientes ( $x_0$ ,  $y_0$ ), ( $x_1$ ,  $y_1$ ), etc. del alfabeto 123 de modulación. Alternativamente, la información sobre el alfabeto 123 de modulación puede estar comprendida en la luz transmitida por los módulos 110 de luz como preámbulo a los datos reales. Esto permite que el detector 180 de símbolos aprenda a interpretar la corriente 141 de símbolos. En esta realización, se debe transmitir un preámbulo cada vez que cambian las coordenadas de cromaticidad objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ) del efecto de luz creado por el sistema 100 de iluminación. En otra realización más, el alfabeto 123 de modulación puede generarse mediante la implementación de un cambio de color fijo, independientemente del punto de color objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ). Por lo tanto, en esta realización un "0" lógico corresponde a un cambio de color  $\Delta x_{y_0}$  y un "1" lógico corresponde a un cambio de color  $\Delta x_{y_1}$ . Esta realización tiene una ventaja considerable cuando se incrustan datos usando una modulación en un espacio de color de referencia no distorsionado más homogéneo, tal como los espacios CIE L\*a\*b\* y CIE Luv (véase más adelante).

Similar al codificador 130 opcional en el modulador 115, el decodificador 135 en el dispositivo 190 de detección es

opcional y permite reconstruir los datos desde la salida 132 del detector 180 de símbolos.

5 Lo anterior describe las coordenadas de color en términos del espacio de color CIE 1931 xyY. Existen muchos otros espacios de color, como por ejemplo el CIE 1960 Luv, el CIE 1964 U\*V\*W\*, el CIE 1976 L\*a\*b\* y los espacios de color HSL. Todos estos espacios pueden ser transformados unos en otros usando relaciones de transformación bien conocidas. Describir la invención como modulación/desmodulación de las coordenadas de color de la luz emitida no limita el alcance al espacio XYZ o xyY. El alcance se extiende a cualquier espacio de color.

10 En una realización de las coordenadas de cromaticidad  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ , etc. del alfabeto 123 de modulación están dispuestas para situarse sobre un eje 124 común con la coordenada de cromaticidad objetivo  $(x_T, y_T)$  de la luz (véase la figura 2). En una realización, el eje 124 común forma el eje alargado de la elipse 125 de MacAdam alrededor de una coordenada de cromaticidad objetivo  $(x_T, y_T)$  de la luz emitida. Ventajosamente, esta disposición minimiza la visibilidad de la modulación de coordenadas de color para un observador, mientras que maximiza la detectabilidad para un dispositivo de detección. Mientras que el espacio de color xyY de la CIE muestra una distorsión significativa de las diferencias de color reconocibles (es decir, el tamaño y la orientación de las elipses 125 de MacAdam varían ampliamente dependiendo del color de prueba: grande para colores verdosos, pequeño para colores azulados e intermedio para colores rojizos), otros espacios de color -como el CIE L\*a\*b\* y CIE Luv- fueron diseñados para mostrar una distorsión considerablemente menor. Las elipses correspondientes en estos espacios se vuelven considerablemente más circulares, pero siguen teniendo un eje alargado.

20 Aunque la invención se ha elucidado con referencia a las realizaciones descritas anteriormente, será evidente que pueden utilizarse realizaciones alternativas para conseguir el mismo objetivo. Por lo tanto, el alcance de la invención no está limitado a las realizaciones descritas anteriormente. Por consiguiente, el alcance de la invención debe ser limitado solamente por las reivindicaciones y sus equivalentes.

25

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un módulo (110) de luz que comprende al menos dos fuentes (111, 112, 113) de luz primarias capaces de emitir una luz de color primario que permite que el módulo de luz emita luz que tiene intensidad (Y) y coordenadas de color (x, y) comprendiendo además el módulo de luz un modulador (115) capaz de modular las fuentes de luz primarias lo que permiten incrustar datos en la luz emitida,
- caracterizado por que
- 10 el modulador (115) está dispuesto para modular las coordenadas de color de la luz emitida para incrustar los datos.
2. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los datos comprenden un código de identificación de módulo de luz.
- 15 3. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el modulador (115) está dispuesto para modular la luz de acuerdo con un esquema de modulación de espectro ensanchado.
4. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un detector (116) dispuesto para determinar las coordenadas de color (x, y) de la luz emitida por el módulo (110) de luz para calibrar la luz emitida.
- 20 5. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el modulador (115) está dispuesto para hacer uso de un alfabeto (123) de modulación, definiendo al menos dos coordenadas de cromaticidad ( $x_0$ ,  $y_0$ ) y ( $x_1$ ,  $y_1$ ) que representan al menos un "0" lógico y un "1" lógico, para la modulación de las coordenadas de color.
- 25 6. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 5, en el que al menos dos de las coordenadas de cromaticidad ( $x_0$ ,  $y_0$ ) y ( $x_1$ ,  $y_1$ ) del alfabeto (123) de modulación están dispuestas para situarse sobre un eje (124) común con la coordenada de cromaticidad objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ) de la luz emitida.
- 30 7. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el eje 124 común forma el eje alargado de la elipse (125) de MacAdam alrededor de una coordenada de cromaticidad objetivo ( $x_T$ ,  $y_T$ ) de la luz emitida.
8. Un módulo (110) de luz de acuerdo con la reivindicación 5, en el que las dos coordenadas de cromaticidad ( $x_0$ ,  $y_0$ ) y ( $x_1$ ,  $y_1$ ) representan un desplazamiento de color predeterminado  $\Delta xy_0$  y  $\Delta xy_1$ , respectivamente.
- 35 9. Un sistema (100) de iluminación que comprende una pluralidad de módulos (110) de luz de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8.
10. Un sistema (100) de iluminación de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un dispositivo (190) de detección a distancia dispuesto para determinar las coordenadas de color (x, y) de la luz emitida por los módulos de luz para detectar los datos incrustados en la luz emitida.
- 40 11. Un sistema (100) de iluminación de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el dispositivo (190) de detección a distancia está dispuesto además para identificar un módulo (110) de luz con base en los datos incrustados en la luz.
- 45 12. Un sistema (100) de iluminación de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el dispositivo (190) de detección a distancia está además dispuesto para medir una propiedad de luz de un módulo (110) de luz.
- 50 13. Un método para incrustar datos en la luz emitida por un módulo (110) de luz de un sistema (100) de iluminación, que comprende las etapas de:
- disponer el módulo (110) de luz para comprender al menos dos fuentes (111, 112) de luz primarias capaces de emitir una luz de color primario permitiendo que el módulo de luz emita luz que tiene una intensidad (Y) y coordenadas de color (x, y)
- 55 - modular las fuentes de luz primarias utilizando un modulador (115) caracterizado por
- disponer el modulador (115) para modular las coordenadas de color (x, y) de la luz emitida mientras se mantiene la intensidad (Y) constante.
- 60

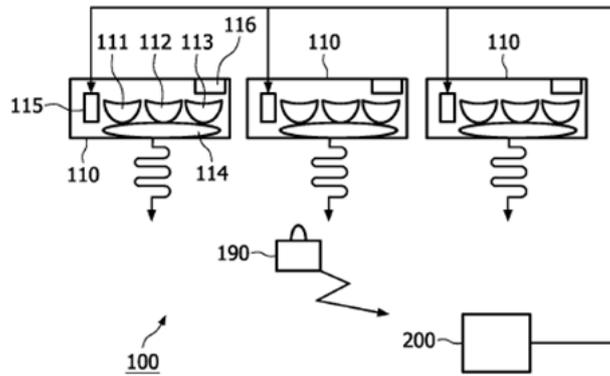


FIG. 1

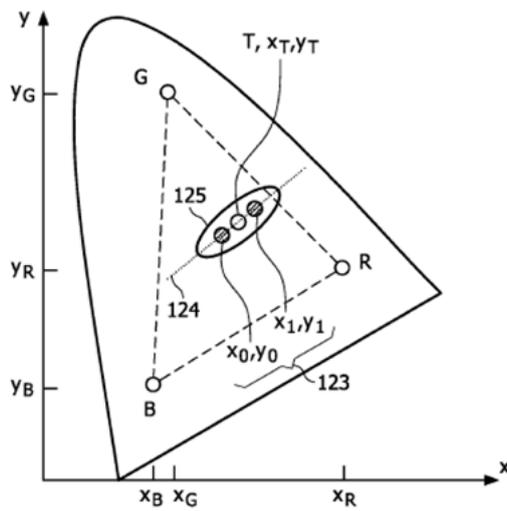


FIG. 2

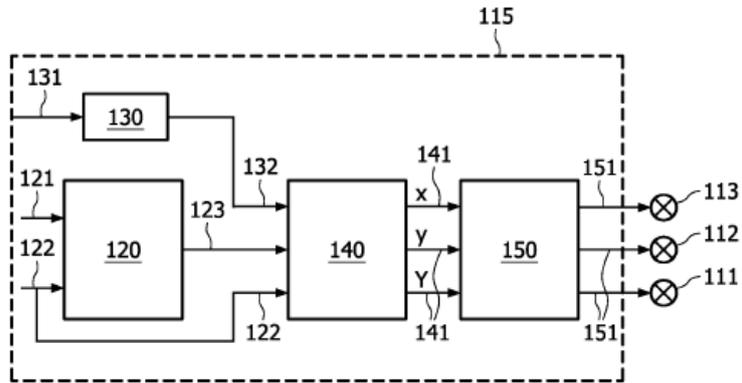


FIG. 3

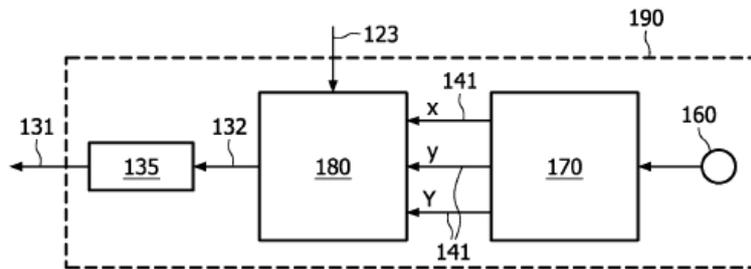


FIG. 4