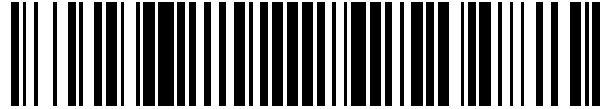


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 253 274**

51 Int. Cl.:

F21K/

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2000 E 00980578 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **25.11.2015 EP 1234140**

54 Título: **Sistema y procedimiento de generación y modulación de condiciones de iluminación**

30 Prioridad:

18.11.1999 US 166533 P

02.05.2000 US 201140 P

27.09.2000 US 235678 P

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

14.04.2016

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING NORTH AMERICA
CORPORATION (100.0%)**

**Three Burlington Woods Drive
Burlington, MA 01803, US**

72 Inventor/es:

**DUCHARME, AL;
MORGAN, FREDERICK;
LYS, IHOR A.;
DOWLING, KEVIN y
MUELLER, GEORGE G.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 253 274 T5

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de generación y modulación de condiciones de iluminación.**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

5 Los seres humanos han crecido acostumbrados a controlar su entorno. La naturaleza es impredecible y a menudo presenta condiciones que distan mucho de las condiciones de vida ideales del ser humano. Por lo tanto, la raza humana ha intentado durante años modificar el entorno dentro de una estructura para que el entorno exterior emule un conjunto perfecto de condiciones. Esto ha implicado control de temperatura, control de la calidad del aire y control de la iluminación.

10 El deseo de controlar las propiedades de luz en un entorno artificial es fácil de entender. Los humanos son principalmente criaturas visuales. Realizándose visualmente gran parte de nuestra comunicación. Podemos identificar a los amigos y personas queridas en base principalmente a claves visuales y nos comunicamos mediante muchos medios visuales, tal como esta página impresa. Al mismo tiempo, el ojo humano requiere luz para ver y los ojos (a diferencia de los de algunas otras criaturas) son especialmente sensibles al color.

15 Con el creciente número de horas de trabajo y las limitaciones de tiempo actuales, el ser humano medio cada vez emplea menos horas del día está a la luz solar natural. Además, los humanos pasan aproximadamente un tercio de sus vidas durmiendo, y cuando la economía aumenta a 24/7/365, muchos empleados ya no tienen el lujo de pasar sus horas de paseo a la luz del día. Por lo tanto, la mayor parte de la vida media del ser humano se pasa en recintos interiores, iluminados por fuentes de luz artificiales.

20 La luz visible es un grupo de ondas electromagnéticas (radiación electromagnética) de frecuencias diferentes, de las que cada longitud de onda representa un "color" particular del espectro de luz. Se piensa en general que la luz visible incluye las ondas de luz con longitud de onda entre aproximadamente 400 y aproximadamente 700 nm. Cada una de las longitudes de onda dentro de este espectro incluye un color de luz distinto del azul/púrpura intenso a alrededor de 400 nm al rojo oscuro a alrededor de 700 nm. La mezcla de estos colores de luz produce colores de luz adicionales. El color distintivo de un letrero de neón resulta de un número de longitudes discretas de onda de luz. Estas longitudes de onda se combinan de forma aditiva para producir la onda o espectro resultante que constituye un color. Dicho color es luz blanca.

30 A causa de la importancia de la luz blanca, y puesto que la luz blanca es la mezcla de múltiples longitudes de onda de luz, han surgido múltiples técnicas para caracterización de la luz blanca que se refieren a cómo los seres humanos interpretan una luz blanca concreta. La primera es el uso de temperatura de color que se refiere al color de la luz dentro del blanco. La temperatura de color correlacionada se caracteriza por campos de reproducción de color según la temperatura en grados Kelvin (K) de un radiador de cuerpo negro que irradia la luz del mismo color que la luz en cuestión. La figura 1 es un diagrama de cromaticidad en el que el lugar de Planck (o lugar de cuerpo negro o línea blanca) (104) da las temperaturas de blancos desde aproximadamente 700 K (considerado en general el primero visible para el ojo humano) a esencialmente el punto terminal. La temperatura de color de la luz de visión depende del contenido de color de la luz de visión representada por la línea (104). Así, la luz de las primeras horas de la mañana tiene una temperatura de color de aproximadamente 3.000 K mientras que los cielos cubiertos del mediodía tienen una temperatura de color de aproximadamente 10.000 K. Un incendio tiene una temperatura de color de aproximadamente 1.800 K y una bombilla incandescente aproximadamente 2848 K. Una imagen en color vista a 3.000 K tendrá un tono relativamente rojizo, mientras que la misma imagen en color vista a 10.000 K tendrá un tono relativamente azulado. Toda esta luz se denomina "blanca", pero tiene un contenido espectral variable.

45 La segunda clasificación de luz blanca implica su calidad. En 1965 la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) recomendó un método para medir las propiedades de rendimiento en color de fuentes de luz en base a un método de prueba de muestra de color. Este método ha sido actualizado y se describe en el informe técnico CIE 13.3-1995 "Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources", cuya descripción se incorpora aquí por referencia. En esencia, este método implica la medición espectralradiométrica de la fuente de luz bajo prueba. Estos datos se multiplican por los espectros de reflectancia de ocho muestras de color. Los espectros resultantes se convierten en valores tri-estímulo en base al observador estándar CIE 1931. El desplazamiento de estos valores con respecto a una luz de referencia se determinan para el espacio de color uniforme (UCS) recomendado en 1960 por la CIE. La media de los ocho desplazamientos de color se calcula para generar el Índice General de Rendimiento en Color, denominado CRI. Dentro de estos cálculos, el CRI se escala de manera que una puntuación perfecta sea igual a 100, donde perfecto sería usar una fuente espectralmente igual a la fuente de referencia (frecuentemente luz solar o luz blanca de espectro completo). Por ejemplo, una fuente de tungsteno-halógeno en comparación con luz blanca de espectro completo podría tener un CRI de 99 mientras una lámpara fluorescente blanca caliente tendría un CRI de 50.

55 La iluminación artificial usa en general el CRI estándar para determinar la calidad de luz blanca. Si una luz produce un CRI alto en comparación con luz blanca de espectro completo, se considera que genera luz blanca de mejor calidad (luz que es más "natural" y permite que las superficies de color rindan más). Este método se ha usado desde 1965 como un punto de comparación para todos los tipos diferentes de fuentes de luz.

La temperatura de color correlacionada, y CRI, de luz de visión puede afectar a la forma en que un observador percibe una imagen en color. Un observador percibirá la misma imagen en color de forma diferente cuando se observe bajo luces que tienen diferentes temperaturas de color correlacionadas. Por ejemplo, una imagen en color que parece normal cuando se observa en las primeras horas de la mañana, parecerá azulada y desteñida cuando se observe bajo
 5 cielos cubiertos al mediodía. Además, una luz blanca con un CRI pobre puede hacer que los servicios en color parezcan distorsionados.

La temperatura de color y/o CRI de luz es crítico para creadores de imágenes, tal como fotógrafos, productores de películas y televisión, pintores, etc, así como a los observadores de pinturas, fotografías y otras imágenes. Idealmente,
 10 para el observador coincida con el del creador.

Además, la temperatura de color de luz ambiente afecta a cómo los observadores perciben un expositor, tal como un expositor de venta al por menor o comercialización, cambiando el color percibido de tales artículos como frutas y verduras, ropa, mobiliario, automóviles, y otros productos conteniendo elementos visuales que pueden afectar en gran medida a cómo gente ve y reacciona a tales exposiciones. Un ejemplo es un principio del diseño de iluminación teatral de que la luz verde intensa en el cuerpo humano (aunque el efecto de iluminación general es luz blanca) tiende a hacer que el humano parezca no natural, repulsivo, y frecuentemente un poco repugnante. Así, las variaciones de la temperatura de color de la iluminación pueden afectar a lo atractivo o atrayente que un expositor puede ser para los
 15 clientes.

Además, la capacidad de ver un elemento de color decorativo, tal como mobiliario recubierto de tela, ropa, pintura, papel de pared, cortinas, etc, en un entorno de iluminación o condición de temperatura de color que coincide o se aproxima mucho a las condiciones en las que se verá el elemento, permitiría casar y coordinar más exactamente dichos artículos de color. Típicamente, la iluminación utilizado en un entorno de exposición, tal como una sala de exposiciones, no se puede variar y con frecuencia se elige con el fin de resaltar una faceta concreta del color del elemento dejando que el comprador averigüe si el elemento en cuestión retendrá un aspecto atractivo en las condiciones de iluminación donde se coloque eventualmente el elemento. Las diferencias de la iluminación también pueden dejar que un cliente se pregunte si el color del elemento chocará con otros elementos que no pueden verse convenientemente bajo idénticas condiciones de iluminación o comparar directamente de otro modo.
 20
 25

Además de luz blanca, también es muy deseable la capacidad de generar colores de luz específicos. A causa de la sensibilidad de los humanos a la luz, las artes visuales y profesiones similares desean luz de color que sea especificable y reproducible. En las clases elementares de cine se enseña que a quienes van al cine se les ha dicho que la luz generalmente más naranja o roja significa la mañana, mientras que luz generalmente más azul significa la noche o el atardecer. También hemos aprendido que la luz solar filtrada a través de agua tiene un cierto color, mientras que la luz solar filtrado mediante vidrio tiene un color diferente. Por todas estas razones es deseable que los implicados en artes visuales sean capaces de producir colores de luz exactos y de reproducirlos más tarde.
 30

La tecnología de iluminación actual hace difícil dicho ajuste y control, porque las fuentes de luz ordinarias, tales como las fuentes halógenas, incandescentes y fluorescentes, generan luz de una temperatura de color y espectro fijos. Además, la alteración de la temperatura de color o espectro alterará generalmente de manera indeseable otras variables de iluminación. Por ejemplo, aumentar el voltaje aplicado a una luz incandescente puede subir la temperatura de color de la luz resultante, pero también da lugar a un aumento general del brillo. De la misma forma, colocar un filtro azul intenso delante de una lámpara halógena blanca disminuirá drásticamente el brillo general de la luz. El filtro propiamente dicho también se calentará bastante (y potencialmente se fundirá) cuando absorba gran porcentaje de la energía luminosa de la luz blanca.
 35
 40

Además, lograr algunas condiciones de color con fuentes incandescentes puede ser difícil o imposible puesto que el color deseado puede hacer que el filamento se quemé rápidamente. En fuentes de iluminación fluorescentes, la temperatura de color se controla por la composición del fósforo, que puede variar de una lámpara a otra, pero no se puede alterar típicamente con respecto una lámpara dada. Así, modular la temperatura de color de la luz es un procedimiento complejo que con frecuencia se evita en escenarios donde tal ajuste puede ser beneficioso.
 45

En iluminación artificial, es deseable controlar el rango de colores que puede producir un dispositivo de iluminación. Muchos dispositivos de iluminación conocidos en la técnica solamente pueden producir un color único de luz en lugar de un rango de colores. Ese color se puede variar mediante dispositivos de iluminación (por ejemplo, un dispositivo de iluminación fluorescente produce un color de luz diferente del de una lámpara de vapor de sodio). El uso de filtros en un dispositivo de iluminación no permite que un dispositivo de iluminación produzca un rango de colores; solamente permite que un dispositivo de iluminación produzca su color único, que después es absorbido parcialmente y transmitido parcialmente por el filtro. Una vez colocado el filtro, el dispositivo solamente puede producir un solo color de luz (ahora diferente), pero todavía no puede producir un rango.
 50
 55

También es deseable en el control de iluminación artificial poder especificar un punto dentro del rango de color producible por un dispositivo de iluminación que será el punto de intensidad más alta. Incluso en los dispositivos de iluminación de la tecnología actual cuyos colores se pueden alterar, el usuario no puede especificar el punto de máxima

intensidad, sino que éste es lo determinan en general las características físicas inalterables del dispositivo. Así, un dispositivo de luz incandescente puede producir un rango de colores, pero la intensidad aumenta necesariamente cuando aumenta la temperatura de color que no permite el control del color al punto de intensidad máxima. Además, los filtros carecen de control del punto de intensidad máxima puesto que el punto de intensidad máxima de un dispositivo de iluminación será el color no filtrado dado que todo el filtro absorbe parte de la intensidad.

Se hace referencia a US-A-5.803.579 que describe un conjunto iluminador para generar luz blanca, incluyendo una pluralidad de fuentes de iluminación incluyendo una pluralidad de LEDs de dos tipos, dispuestos respectivamente para producir emisiones visibles que tienen diferentes líneas o espectros. El conjunto iluminador también incluye un elemento de soporte que soporta la pluralidad de LEDs, estando dispuesto el elemento de soporte para permitir que los espectros de la pluralidad se mezclen y formen un espectro resultante. Un circuito electrónico de control controla la operación de los LEDs. Más específicamente, energiza, controla y protege los LEDs. Los espectros respectivos de los LEDs de dos tipos diferentes son complementarios entre sí y se combinan para formar una iluminación blanca metamérica.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a sistemas y métodos para generar y/o modular condiciones de iluminación para generar luz de un color deseado y controlable, para crear dispositivos de iluminación para producir luz en colores deseables y reproducibles, y para modificar la temperatura de color o tono de color de luz producida por un dispositivo de iluminación dentro de un rango preespecificado después de construir un dispositivo de iluminación. En una realización, se utilizan unidades de iluminación de LED capaces de generar luz de un rango de colores para proporcionar luz o complementar la luz ambiente para obtener condiciones de iluminación adecuadas para una amplia gama de aplicaciones.

Según un aspecto de la invención, se ha previsto un dispositivo de iluminación para generar luz blanca, incluyendo dicho dispositivo: una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación, incluyendo dicha pluralidad componentes de fuentes de iluminación dispuestas para producir radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes, incluyendo al menos una de dicha pluralidad de componentes de fuentes de iluminación un LED incluyendo un fósforo; y un conjunto que soporta dicha pluralidad, estando dispuesto dicho conjunto para permitir que dichos espectros de dicha pluralidad se mezclen y formen un espectro resultante; donde la porción visible de dicho espectro resultante tiene intensidad mayor que el ruido de fondo en su valle espectral más bajo.

Según otro aspecto de la invención, se facilita un método para generar luz, incluyendo los pasos de: montar una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación que producen radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes de tal forma que se mezclen los espectros, incluyendo al menos una de dicha pluralidad de fuentes de iluminación al menos un LED incluyendo fósforo; y elegir dichos al menos dos espectros diferentes de tal manera que la mezcla de espectros forme un espectro resultante que en un valle espectral más bajo tiene una intensidad que es mayor que el ruido de fondo.

Se describe una primera realización que incluye un dispositivo de iluminación para generar luz blanca incluyendo una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (tal como LEDs), producir radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes (incluyendo realizaciones con exactamente dos o exactamente tres), teniendo cada uno de los espectros un pico espectral máximo fuera de la región de 510 nm a 570 nm, permitiendo las fuentes de iluminación montadas en un conjunto que los espectros se mezclen de manera que el espectro resultante sea sustancialmente continuo en la respuesta fotópica del ojo humano y/o en las longitudes de onda de 400 nm a 700 nm.

En una realización, el dispositivo de iluminación puede incluir fuentes de iluminación que no son LEDs posiblemente con un pico espectral máximo dentro de la región de 510 nm a 570 nm. En otra realización el dispositivo puede producir luz blanca dentro de un rango de temperaturas de color tal como, aunque sin limitación, el rango de 500K a 10.000K y el rango de 2300 K a 4500 K. El color específico en el rango puede ser controlado por un controlador. En una realización el dispositivo contiene un filtro en al menos una de las fuentes de iluminación que se puede seleccionar, posiblemente de un rango de filtros, para permitir que el dispositivo produzca una banda particular de colores. El dispositivo de iluminación también puede incluir en una realización fuentes de iluminación con longitudes de onda fuera del rango antes explicado de 400 nm a 700 nm.

En otra realización, el dispositivo de iluminación puede incluir una pluralidad de LEDs que producen tres espectros de radiación electromagnética con picos espectrales máximos fuera de la región de 530 nm a 570 nm (tal como 450 nm y/o 592 nm) donde la interferencia aditiva de los espectros da lugar a luz blanca. El dispositivo de iluminación puede producir luz blanca dentro de un rango de temperaturas de color tal como, aunque sin limitación, el rango de 500K a 10.000K y el rango de 2300 K a 4500 K. El dispositivo de iluminación puede incluir un controlador y/o un procesador para controlar las intensidades de los LEDs para producir varias temperaturas de color en el rango.

Otra realización incluye un dispositivo de iluminación a usar en una lámpara diseñada para tomar tubos fluorescentes, teniendo el dispositivo de iluminación al menos una componente de fuente de iluminación (frecuentemente dos o más) tal como LEDs montados en un conjunto, y que tiene en el conjunto un conector que puede acoplar con una lámpara

fluorescente y recibir potencia de la lámpara. También contiene un control o circuito eléctrico para poder usar el voltaje de reactor de la lámpara para alimentar o controlar los LEDs. Este circuito de control podría incluir un procesador, y/o podría controlar la iluminación proporcionada por el dispositivo en base a la potencia proporcionada a la lámpara. El dispositivo de iluminación, en una realización, se contiene en una caja, la caja podría ser de forma generalmente cilíndrica, podría contener un filtro, y/o podría ser parcialmente transparente o translúcida. El dispositivo podría producir luz blanca o de otro color.

Otra realización incluye un dispositivo de iluminación para generar luz blanca incluyendo una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (tal como LEDs, dispositivos de iluminación conteniendo un fósforo, o LEDs conteniendo un fósforo), incluyendo componentes de fuentes de iluminación que producen espectros de radiación electromagnética. La componente de fuente de iluminación se monta en un conjunto diseñado para permitir que los espectros se mezclen y formen un espectro resultante, donde el espectro resultante tiene intensidad mayor que el ruido de fondo en su valle más bajo. El valle espectral más bajo dentro del rango visible también puede tener una intensidad de al menos 5%, 10%, 25%, 50%, o 75% de la intensidad de su pico espectral máximo. El dispositivo de iluminación puede ser capaz de generar luz blanca en un rango de temperaturas de color y puede incluir un controlador y/o procesador para permitir la selección de un color particular en dicho rango.

Otra realización de un dispositivo de iluminación podría incluir una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (tal como LEDs), produciendo las componentes de fuentes de iluminación radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes, montándose las fuentes de iluminación en un conjunto diseñado para permitir que los espectros se mezclen y formen un espectro resultante, donde el espectro resultante no tiene un valle espectral a una longitud de onda más larga que el pico espectral máximo dentro de la respuesta fotópica del ojo humano y/o en la zona de 400 nm a 700 nm.

Otra realización incluye un método para generar luz blanca incluyendo los pasos de montar una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación que producen radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes de tal forma que se mezclen los espectros; y elegir los espectros de tal forma que la mezcla de los espectros tenga intensidad mayor que el ruido de fondo en su valle espectral más bajo.

Otra realización incluye un sistema para controlar condiciones de iluminación incluyendo, un dispositivo de iluminación para obtener iluminación de cualquiera de un rango de colores, construyéndose el dispositivo de iluminación de una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (tal como LEDs y/o potencialmente de tres colores diferentes), un procesador acoplado al dispositivo de iluminación para controlar el dispositivo de iluminación, y un controlador acoplado al procesador para especificar condiciones de iluminación a obtener por el dispositivo de iluminación. El controlador podría ser hardware informático o software informático; un sensor tal como, aunque sin limitación un fotodiodo, un radiómetro, un fotómetro, un colorímetro, un radiómetro espectral, una cámara; o una interface manual tal como, aunque sin limitación, una corredera, un dial, un joystick, un ratón o trackball. El procesador podría incluir una memoria (tal como una base de datos) de condiciones de color predeterminadas y/o un mecanismo de provisión de interface para obtener una interface de usuario incluyendo potencialmente un espectro de color, un espectro de temperatura de color, o un diagrama de cromaticidad.

En otra realización el sistema podría incluir una segunda fuente de iluminación tal como, aunque sin limitación, una lámpara fluorescente, una bombilla incandescente, una lámpara de vapor de mercurio, una lámpara de vapor de sodio, una lámpara de descarga por arco, luz solar, luz de la luna, candela, un sistema de visualización de LEDs, un LED, o un sistema de iluminación controlado por modulación de impulsos en anchura. La segunda fuente podría ser utilizada por el controlador para especificar condiciones de iluminación para el dispositivo de iluminación en base a la iluminación del dispositivo de iluminación y la segunda fuente de iluminación y/o la luz combinada del dispositivo de iluminación y la segunda fuente podría ser una temperatura de color deseada.

Otra realización incluye un método con pasos que incluyen generar luz que tiene color y brillo usando un dispositivo de iluminación capaz de generar luz de cualquiera de un rango de colores, medir las condiciones de iluminación, y modular el color o brillo de la luz generada para lograr una condición de iluminación blanca. La medición de las condiciones de iluminación podría incluir detectar características de color de las condiciones de iluminación usando un sensor de luz tal como, aunque sin limitación, un fotodiodo, un radiómetro, un fotómetro, un colorímetro, un radiómetro espectral, o una cámara; evaluar visualmente las condiciones de iluminación, y modular el color o brillo de la luz generada incluye variar el color o brillo de la luz generada usando una interface manual; o medir las condiciones de iluminación incluyendo detectar características de color de las condiciones de iluminación usando un sensor de luz, y modular el color o brillo de la luz generada incluyendo variar el color o brillo de la luz generada usando un procesador hasta que las características de color de las condiciones de iluminación detectadas por el sensor de luz coincidan con las características de color de las condiciones de iluminación blanca. El método podría incluir seleccionar una condición de iluminación blanca tal como, aunque sin limitación, seleccionar una temperatura de color blanco y/o disponer una interface incluyendo una ilustración de un rango de colores y seleccionar un color dentro del rango de colores. El método también podría tener los pasos de obtener una segunda fuente de iluminación, tal como, aunque sin limitación, una lámpara fluorescente, una bombilla incandescente, una lámpara de vapor de mercurio, una lámpara de vapor de sodio, una lámpara de descarga por arco, luz solar, luz de la luna, candela, un sistema de iluminación de LEDs, un LED, o un sistema de iluminación controlado por modulación de impulsos en anchura. El método podría medir las

condiciones de iluminación incluyendo detectar luz generada por el dispositivo de iluminación y por la segunda fuente de iluminación.

5 En otra realización modular el color o brillo de la luz generada incluye variar las condiciones de iluminación para lograr una temperatura de color blanco o el dispositivo de iluminación podría incluir uno de una pluralidad de dispositivos de iluminación, capaces de generar un rango de colores.

10 Otra realización es un método para diseñar un dispositivo de iluminación incluyendo seleccionar una banda deseada de colores a producir por el dispositivo de iluminación, elegir un color seleccionado de luz a producir por el dispositivo de iluminación cuando el dispositivo de iluminación está a intensidad máxima, y diseñar el dispositivo de iluminación de una pluralidad de fuentes de iluminación (tal como LEDs) de tal manera que el dispositivo de iluminación pueda producir el rango de colores, y producir el color seleccionado cuando esté a intensidad máxima.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15 Las figuras siguientes ilustran algunas realizaciones ilustrativas de la invención en las que números de referencia análogos se refieren a elementos análogos. Estas realizaciones ilustradas se han de entender como ilustrativas de la invención y no como limitativas de ninguna forma. La invención se apreciará más plenamente por la descripción adicional siguiente, con referencia a los dibujos anexos, donde:

La figura 1 es un diagrama de cromaticidad incluyendo el lugar de cuerpo negro.

La figura 2 ilustra una realización de un dispositivo de iluminación adecuado para ser utilizado en esta invención.

La figura 3 ilustra el uso de múltiples dispositivos de iluminación según una realización de la invención.

La figura 4 ilustra una realización de una caja para uso en una realización de esta invención.

20 Las figuras 5a y 5b ilustran otra realización de una caja para uso en una realización de esta invención.

La figura 6 ilustra una realización de una interface informática que permite al usuario diseñar un dispositivo de iluminación capaz de producir un espectro deseado.

La figura 7 muestra una realización para calibrar o controlar el dispositivo de luz de la invención usando un sensor.

La figura 8a muestra una realización general del control de un dispositivo de iluminación de esta invención.

25 La figura 8b muestra una realización del control de un dispositivo de iluminación de esta invención en unión con una segunda fuente de luz.

La figura 9 muestra una realización para controlar un dispositivo de luz de la invención usando una interface informática.

30 La figura 10a muestra otra realización para controlar un dispositivo de iluminación de esta invención usando un control manual.

La figura 10b ilustra un detalle de una unidad de control tal como la utilizada en la figura 10a.

La figura 11 muestra una realización de un sistema de control que permite el control múltiple de iluminación para simular un entorno.

La figura 12 ilustra la función de luminosidad espectral CIE V_{λ} que indica la receptividad del ojo humano.

35 La figura 13 ilustra distribuciones espectrales de fuentes de cuerpo negro a 5.000 K y 2.500 K.

La figura 14 ilustra una realización de una fuente de luz blanca de nueve LEDs.

La figura 15a ilustra la salida de una realización de un dispositivo de iluminación incluyendo nueve LEDs y que produce luz blanca de 5.000 K.

40 La figura 15b ilustra la salida de una realización de un dispositivo de iluminación incluyendo nueve LEDs y que produce luz blanca de 2.500 K.

La figura 16 ilustra una realización de los espectros componentes de un dispositivo de luz de tres LEDs.

La figura 17a ilustra la salida de una realización de un dispositivo de iluminación incluyendo tres LEDs y que produce luz blanca de 5.000 K.

La figura 17b ilustra la salida de una realización de un dispositivo de iluminación incluyendo tres LEDs y que produce luz blanca de 2.500 K.

5 La figura 18 ilustra el espectro de un LED Nichia blanco, NSP510 BS (caja A).

La figura 19 ilustra el espectro de un LED Nichia blanco, NSP510 BS (caja C).

La figura 20 ilustra la transmisión espectral de una realización de un filtro de paso alto.

La figura 21a ilustra el espectro de la figura 18 y el espectro desplazado pasando el espectro de la figura 18 mediante el filtro de paso alto en la figura 20.

10 La figura 21b ilustra el espectro de la figura 19 y el espectro desplazado pasando el espectro de la figura 19 mediante el filtro de paso alto en la figura 20.

La figura 22 es un mapa de cromaticidad mostrando el lugar de cuerpo negro (línea blanca) ampliado en una porción de temperatura entre 2.300 K y 4.500 K.

15 La figura 23 es el mapa de cromaticidad mostrando además la gama de luz producida por tres LEDs en una realización de la invención.

La figura 24 muestra una comparación gráfica del CRI de un dispositivo de iluminación de la invención comparado con fuentes de luz blanca existentes.

La figura 25 muestra la salida luminosa de un dispositivo de iluminación de la invención a varias temperaturas de color.

20 La figura 26a ilustra el espectro de una realización de un dispositivo de luz blanca según la invención que produce luz a 2300K.

La figura 26b ilustra el espectro de una realización de un dispositivo de luz blanca que produce luz a 4500K.

La figura 27 es un diagrama del espectro de un dispositivo compacto de luz fluorescente con la función de luminosidad espectral como una línea de trazos.

La figura 28 muestra una lámpara para usar tubos fluorescentes como es conocido en la técnica.

25 La figura 29 ilustra un posible dispositivo de iluminación de LED que se podría usar para sustituir a un tubo fluorescente.

La figura 30 ilustra una realización de cómo se podría usar una serie de filtros para encerrar porciones diferentes del lugar de cuerpo negro.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES ILUSTRADAS

30 La descripción siguiente se refiere a varias realizaciones ilustrativas de la invención. Los expertos en la técnica contemplarán muchas variaciones de la invención, que caen dentro del alcance de las reivindicaciones. Así, el alcance de la invención no se ha de limitar de ninguna forma por la descripción siguiente.

En el sentido en que se utilizan en este documento, los términos siguientes tienen en general los significados siguientes; sin embargo, estas definiciones no tienen de ninguna forma la finalidad de limitar el alcance del término tal como lo entenderán los expertos en la técnica.

35 El término "LED" incluye en general diodos fotoemisores de todos los tipos y también incluye, pero sin limitación, polímeros fotoemisores, dados semiconductores que producen luz en respuesta a una corriente, LEDs orgánicos, tiras electroluminiscentes, diodos superluminiscentes (SLDs) y otros dispositivos análogos. El término LEDs no limita la empaquetadura física o eléctrica de ninguno de los anteriores y dicha empaquetadura podría incluir, aunque sin limitación, montaje en superficie, chip en placa, o LEDs montados en paquete en T.

40 "Fuente de iluminación" incluye todas las fuentes de iluminación, incluyendo, aunque sin limitación, LEDs; fuentes incandescentes incluyendo lámparas de filamento; fuentes piroluminiscentes tales como llamas; fuentes luminiscentes de candela tales como manguitos para gas y fuentes de radiación de arco de carbono; fuentes fotoluminiscentes incluyendo descargas gaseosas; fuentes fluorescentes; fuentes de fosforescencia; láseres; fuentes electroluminiscentes

tales como lámparas electroluminiscentes; fuentes luminiscentes de cátodo usando saciación electrónica; y fuentes luminiscentes misceláneas incluyendo fuentes galvanoluminescentes, fuentes cristaloluminiscentes, fuentes quinoluminiscentes, fuentes termoluminiscentes, fuentes triboluminescentes, fuentes sonoluminescentes, y fuentes radioluminescentes. Las fuentes de iluminación también pueden incluir polímeros luminiscentes. Una fuente de iluminación puede producir radiación electromagnética dentro del espectro visible, fuera del espectro visible, o una combinación de ambos. Una componente de fuente de iluminación es cualquier fuente de iluminación que sea parte de un dispositivo de iluminación.

“Dispositivo de iluminación” o “dispositivo” es cualquier dispositivo o caja que contenga al menos una fuente de iluminación a los efectos de proporcionar iluminación.

“Color”, “temperatura” y “espectro” se utilizan de forma intercambiable dentro de este documento a no ser que se indique lo contrario. Los tres términos se refieren en general a la combinación resultante de longitudes de onda de luz que dan lugar a la luz producida por un dispositivo de iluminación. Dicha combinación de longitudes de onda define un color o temperatura de la luz. El color se usa generalmente para luz que no es blanca mientras que la temperatura es para luz blanca, pero el término se podría usar para cualquier tipo de luz. Una luz blanca tiene un color y una luz no blanca podría tener una temperatura. Un espectro se referirá en general a la composición espectral de una combinación de las longitudes de onda individuales, mientras que un color o temperatura se referirá en general a las propiedades de dicha luz percibidas por un ser humano. Sin embargo, los usos anteriores no están destinados a limitar el alcance de estos términos.

La llegada reciente de LEDs de color suficientemente brillantes para proporcionar iluminación ha sugerido una revolución en tecnología de la iluminación a causa de la facilidad con la que se puede modular el color y brillo de estas fuentes de luz. Tal método de modulación se explica en la Patente de Estados Unidos 6.016.038 cuya descripción completa se incorpora aquí por referencia. Los sistemas y métodos descritos en la presente memoria explican cómo utilizar y construir dispositivos o sistemas de luz de LEDs, u otros dispositivos o sistemas de luz que utilizan componentes de fuentes de iluminación. Estos sistemas tienen algunas ventajas sobre otros dispositivos de iluminación. En particular, los sistemas aquí descritos permiten un control previamente desconocido de la luz que se puede producir con un dispositivo de iluminación. En particular, la descripción siguiente describe sistemas y métodos para la predeterminación del rango de luz, y el tipo de luz, que se puede producir por un dispositivo de iluminación y los sistemas y métodos para utilizar la banda predeterminada de dicho dispositivo de iluminación en varias aplicaciones.

Para entender estos sistemas y métodos es útil entender en primer lugar un dispositivo de iluminación que se podría construir y utilizar en realizaciones de esta invención. La figura 2 ilustra una realización de un módulo de iluminación que se podría usar en una realización de la invención; se ilustra un dispositivo de iluminación (300) en formato de diagrama de bloques. El dispositivo de iluminación (300) incluye dos componentes, un procesador (316) y un grupo de componentes de fuentes de iluminación (320), que se ilustra en la figura 2 como una serie de diodos fotoemisores. En una realización de la invención, el grupo de componentes de fuentes de iluminación incluye al menos dos fuentes de iluminación que producen espectros de luz diferentes. El grupo de componentes de fuentes de iluminación (320) está dispuesto dentro de dicho dispositivo de iluminación (300) en un conjunto (350) de tal forma que la luz de las diferentes componentes de fuentes de iluminación se pueda mezclar para producir un espectro de luz resultante que sea básicamente el espectro aditivo de las diferentes componentes de fuentes de iluminación. En la figura 2, esto se realiza colocando las componentes de fuentes de iluminación (320) en una zona generalmente circular; también se podría hacer de alguna otra manera como entenderán los expertos en la técnica, tal como una línea de componentes de fuentes de iluminación, u otro forma geométrica de componentes de fuentes de iluminación. El término “procesador” se usa aquí para hacer referencia a cualquier método o sistema de procesado, por ejemplo, los que procesan en respuesta a una señal o datos y/o los que procesan de forma autónoma. Se deberá entender que un procesador abarca microprocesadores, microcontroladores, procesadores programables de señales digitales, circuitos integrados, software informático, hardware informático, circuitos eléctricos, circuitos integrados específicos de aplicación, dispositivos lógicos programables, redes de puertas programables, lógica programable, ordenadores personales, chips, y cualquier otra combinación de componentes discretos analógicos, digitales o programables, u otros dispositivos capaces de realizar funciones de procesado.

El grupo de fuentes de iluminación (320) es controlado por el procesador (316) para producir iluminación controlada. En particular, el procesador (316) controla la intensidad de diferentes LEDs de color individuales en la serie de LEDs, que componen el grupo de fuentes de iluminación (320) para producir iluminación en cualquier color dentro de un rango delimitado por los espectros de los LEDs individuales y cualesquiera filtros u otros dispositivos de alteración de espectro asociados. También se puede producir cambios de color instantáneos, estrobo y otros efectos, con dispositivos de iluminación tales como el módulo de luz (300) ilustrado en la figura 2. El dispositivo de iluminación (300) se puede hacer capaz de recibir potencia y datos de una fuente externa en una realización de la invención. La recepción de tales datos se realiza por una línea de datos (330) y la potencia por una línea de potencia (340). Se puede hacer que el dispositivo de iluminación (300), mediante el procesador (316), realice las varias funciones atribuidas a las varias realizaciones de la invención descrita en la presente memoria. En otra realización, el procesador (316) se puede sustituir por cableado duro u otro tipo de control por lo que el dispositivo de iluminación (300) produce solamente un único color de luz.

Con referencia a la figura 3, el dispositivo de iluminación (300) se puede construir para usarlo solo o como parte de un

conjunto de tales dispositivos de iluminación (300). Un dispositivo de iluminación individual (300) o un conjunto de dispositivos de iluminación (300) puede estar provisto de una conexión de datos (350) a uno o varios dispositivos externos, o, en algunas realizaciones de la invención, con otros módulos de luz (300). En el sentido en que se usa aquí, se deberá entender que el término "conexión de datos" abarca cualquier sistema para suministrar datos, tal como una red, un bus de datos, un cable, un transmisor y receptor, un circuito, una cinta vídeo, un disco compacto, un disco DVD, una cinta vídeo, una cinta magnetofónica, una cinta de ordenador, una tarjeta, o análogos. Una conexión de datos puede incluir así cualquier sistema o método para enviar datos por un método o sistema de radiofrecuencia, ultrasónico, audio, infrarrojos, óptico, microondas, láser, electromagnético, u otro método o sistema de transmisión o conexión. Es decir, cualquier uso del espectro electromagnético u otro mecanismo de transmisión de energía podría proporcionar una conexión de datos como la aquí descrita. En una realización de la invención, el dispositivo de iluminación (300) puede estar equipado con un transmisor, receptor, o ambos para facilitar la comunicación, y el procesador (316) se puede programar para controlar las capacidades de comunicación de manera convencional. Los dispositivos de luz (300) pueden recibir datos por la conexión de datos (350) de un transmisor (352), que puede ser un transmisor convencional de una señal de comunicaciones, o puede ser parte de un circuito o red conectado al dispositivo de iluminación (300). Es decir, se deberá entender que el transmisor (352) abarca cualquier dispositivo o método para transmitir datos al dispositivo de luz (300). El transmisor (352) puede estar conectado o ser parte de un dispositivo de control (354) que genera datos de control para controlar los módulos de luz (300). En una realización de la invención, el dispositivo de control (354) es un ordenador, tal como un ordenador portátil. Los datos de control pueden estar en cualquier forma adecuada para controlar el procesador (316) para controlar el grupo de componentes de fuentes de iluminación (320). En una realización de la invención, los datos de control están formateados según el protocolo DMX-512, y se utiliza software convencional para generar instrucciones DMX-512 en un ordenador portátil u ordenador personal como el dispositivo de control (354) para controlar los dispositivos de iluminación (300). El dispositivo de iluminación (300) también puede estar provisto de memoria para almacenar instrucciones para controlar el procesador (316), de manera que el dispositivo de iluminación (300) pueda actuar en modo autónomo según instrucciones preprogramadas.

Las realizaciones anteriores de un dispositivo de iluminación (300) residirán en general en una de cualquier número de cajas diferentes. Dicha caja, sin embargo, no es necesaria, y el dispositivo de iluminación (300) se podría usar sin una caja formando todavía un dispositivo de iluminación. Una caja puede realizar denticulación de la luz resultante producida y puede proporcionar protección al dispositivo de iluminación (300) y sus componentes. Una caja se puede incluir en un dispositivo de iluminación en el sentido en que este término se utiliza en todo este documento. La figura 4 muestra una vista despiezada de una realización de un dispositivo de iluminación de la presente invención. La realización ilustrada incluye una sección de cuerpo sustancialmente cilíndrico (362), un dispositivo de iluminación (364), un manguito conductor (368), un módulo de potencia (372), un segundo manguito conductor (374), y una placa recinto (378). Se supondrá aquí que el dispositivo de iluminación (364) y el módulo de potencia (372) contienen la estructura eléctrica y software del dispositivo de iluminación (300), un módulo de potencia diferente y dispositivo de iluminación (300) como es conocido en la técnica, o como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos número de serie 09/215.624 cuya descripción completa se incorpora aquí por referencia. Unos tornillos (382), (384), (386), (388) permiten conectar mecánicamente el aparato completo. La sección de cuerpo (362), los manguitos conductores (364) y (374) y la placa recinto (378) se hacen preferiblemente de un material que conduce el calor, tal como aluminio. La sección de cuerpo (362) tiene un extremo de emisión (361), una porción interior reflectora (no representada) y un extremo de iluminación (363). El módulo de iluminación (364) está fijado mecánicamente a dicho extremo de iluminación (363). Dicho extremo de emisión (361) puede estar abierto, o, en una realización puede llevar fijado un filtro (391). El filtro (391) puede ser un filtro claro, un filtro de difusión, un filtro de color, o cualquier otro tipo de filtro conocido en la técnica. En una realización, el filtro estará unido permanentemente a la sección de cuerpo (362), pero en otras realizaciones el filtro podría estar unido de forma separable. En otra realización, el filtro (391) no tiene que estar unido al extremo de emisión (361) de la porción de cuerpo (362), sino que se puede introducir en cualquier lugar en la dirección de emisión de luz del dispositivo de iluminación (364). El dispositivo de iluminación (364) puede tener forma de disco con dos lados. El lado de iluminación (no representado) incluye una pluralidad de fuentes de luz componentes que producen una selección predeterminada de espectros diferentes de luz. El lado de conexión puede contener un conjunto de patillas macho de conexión eléctrica (392). El lado de iluminación y el lado de conexión se pueden recubrir con superficies de aluminio para permitir mejor la conducción de calor hacia fuera de la pluralidad de fuentes de luz componentes a la sección de cuerpo (362). Igualmente, el módulo de potencia (372) tiene en general forma de disco y puede tener cada superficie disponible cubierta con aluminio por la misma razón. El módulo de potencia (372) tiene un lado de conexión que soporta un conjunto de patillas hembra de conexión eléctrica (394) adaptadas para encajar las patillas del conjunto (392). El módulo de potencia (372) tiene un lado terminal de potencia que soporta un terminal (398) para conexión a una fuente de potencia tal como una fuente eléctrica CA o CC. Se puede usar cualquier clavija CA o CC estándar que sea adecuada.

Entre el dispositivo de iluminación (362) y el módulo de potencia (372) está interpuesto un manguito de aluminio conductor (368), que encierra sustancialmente el espacio entre módulos (362) y (372). Como se representa, una placa recinto en forma de disco (378) y tornillos (382), (384), (386) y (388) pueden sellar todos los componentes juntos, y el manguito conductor (374) está interpuesto así entre la placa recinto (378) y el módulo de potencia (372). Alternativamente, se puede usar un método de conexión distinto de tornillos (382), (384), (386) y (388) para sellar la estructura. Una vez sellado como una unidad, el dispositivo de iluminación (362) se puede conectar a una red de datos como se ha descrito anteriormente y se puede montar de cualquier manera conveniente para iluminar una zona.

Las figuras 5a y 5b muestran un dispositivo de iluminación alternativo incluyendo una caja que se podría usar en otra realización de la invención. La realización ilustrada incluye una sección de cuerpo inferior (5001), una sección de cuerpo superior (5003) y un dispositivo de iluminación (5005). De nuevo, el dispositivo de iluminación puede contener el dispositivo de iluminación (300), un dispositivo de iluminación diferente conocido en la técnica, o un dispositivo de iluminación descrito en otro lugar de este documento. El dispositivo de iluminación (5005) aquí representado está diseñado de manera que tenga una pista lineal de dispositivos de iluminación componentes (en este caso LEDs (5007)) aunque tal diseño no es necesario. Sin embargo, tal diseño es deseable para una realización de la invención. Además, la pista lineal de componentes de fuentes de iluminación se ilustra en la figura 5a como una pista única; se podría usar múltiples pistas lineales como entenderán los expertos en la técnica. En una realización de la invención, la sección de cuerpo superior (5003) puede incluir un filtro como se explicó anteriormente, o puede ser translúcido, transparente, semitranslúcido o semitransparente. También se representa en la figura 5a el soporte opcional (5010) que se puede usar para mantener el dispositivo de iluminación (5000). Este soporte (5010) incluye dispositivos de grapa (5012) que se puede usar para enganchar con rozamiento el dispositivo de iluminación (5000) para permitir una alineación particular del dispositivo de iluminación (5000) con relación al soporte (5010). El conjunto también contiene una placa de unión (5014) que se puede unir a los dispositivos de grapa (5012) por cualquier tipo de unión conocido en la técnica ya sea permanente, extraíble o temporal. La placa de unión (5014) se puede utilizar después para unir el aparato completo a una superficie tal como, aunque sin limitación, una pared o techo.

En una realización, el dispositivo de iluminación (5000) tiene forma generalmente cilíndrica cuando está montado (como se representa en la figura 5b) y por lo tanto se puede mover o "rodar" en una superficie. Además, en una realización, el dispositivo de iluminación (5000) solamente puede emitir luz mediante la sección de cuerpo superior (5003) y no mediante la sección de cuerpo inferior (5001). Sin un soporte (5010), dirigir la luz emitida por dicho dispositivo de iluminación (5000) podría ser difícil y el movimiento podría hacer que la direccionalidad de la luz se alterase indeseablemente.

En una realización de la invención, se reconoce que pueden ser deseables rangos preespecificados de colores disponibles y también puede ser deseable construir dispositivos de iluminación de tal forma que se maximice la iluminación del aparato de iluminación para un color particular. Esto se representa bien mediante un ejemplo numérico. Supóngase que un dispositivo de iluminación contiene 30 componentes de fuentes de iluminación en tres longitudes de onda diferentes, rojo primario, azul primario, y verde primario (tal como LEDs individuales). Supóngase también que cada una de estas fuentes de iluminación produce la misma intensidad de luz, sólo que la producen en colores diferentes. Hay múltiples formas diferentes de poder elegir las treinta fuentes de iluminación para cualquier dispositivo de iluminación dado. Podría haber 10 de cada una de las fuentes de iluminación, o alternativamente podría haber 30 fuentes de iluminación de color azul primario. Será fácilmente evidente que estos dispositivos de luz serían útiles para diferentes tipos de iluminación. El segundo aparato de luz produce luz azul primario más intensa (hay 30 fuentes de luz azul) que la primera fuente de luz (que solamente tiene 10 fuentes de luz azul primario, teniendo que estar apagadas las 20 fuentes de luz restantes para producir luz azul primario), pero se limita solamente a producir luz azul primario. El segundo dispositivo de luz puede producir más colores de luz, porque los espectros de las componentes de fuentes de iluminación se pueden mezclar en porcentajes diferentes, pero no pueden producir luz azul tan intensa. Será fácilmente evidente por este ejemplo que la selección de las componentes de fuentes de iluminación individuales puede cambiar el espectro de luz resultante que el dispositivo puede producir. También será evidente que la misma selección de componentes puede producir luces que pueden producir los mismos colores, pero pueden producir los colores a intensidades diferentes. Expresado de otra forma, el punto máximo pleno de un dispositivo de iluminación (el punto donde todas las componentes de fuentes de iluminación están al máximo) será diferente dependiendo de qué sean las componentes de fuentes de iluminación.

Por consiguiente, un sistema de iluminación puede especificarse usando un punto máximo pleno y un rango de colores seleccionables. Este sistema puede tener aplicaciones potenciales tales como, aunque sin limitación, iluminación de expositores en tiendas al por menor e iluminación de teatros. A menudo se utilizan numerosos dispositivos de iluminación de una pluralidad de colores diferentes para presentar un escenario u otra zona con sombras interesantes y características deseables. Pueden surgir problemas, sin embargo, porque las lámparas usadas regularmente tienen intensidades similares antes de utilizar filtros de luz para especificar colores de los dispositivos, debido a las diferencias de transmisión de los varios filtros (por ejemplo los filtros azules a menudo pierden una intensidad considerablemente mayor que los filtros rojos), se debe controlar la intensidad de los dispositivos de iluminación para compensación. Por esta razón, los dispositivos de iluminación operan a menudo a menos de su capacidad plena (para permitir la mezcla), lo que requiere usar dispositivos de iluminación adicionales. Con los dispositivos de iluminación de la presente invención se puede diseñar dispositivos de iluminación que producen colores particulares a intensidades idénticas de colores seleccionados al operar a su potencial pleno; esto puede permitir una mezcla más fácil de la luz resultante, y puede dar lugar a más opciones para un esquema de diseño de iluminación.

Tal sistema permite a una persona construir o diseñar dispositivos de iluminación para generar luces que pueden producir un rango de colores preseleccionado, maximizando al mismo tiempo la intensidad de luz a un cierto color más deseable. Por lo tanto, estos dispositivos de iluminación permitirían al usuario seleccionar algún(os) color(es) de dispositivos de iluminación para una aplicación independiente de la intensidad relativa. Los dispositivos de iluminación se pueden construir entonces de manera que las intensidades a estos colores sean las mismas. Solamente se altera el espectro. También permite al usuario seleccionar dispositivos de iluminación que producen un color de luz concreto de alta intensidad, y también tienen la capacidad de seleccionar colores de luz próximos en un rango.

El rango de colores que puede producir el dispositivo de iluminación se puede especificar en lugar, o además, del punto máximo pleno. El dispositivo de iluminación puede estar provisto entonces de sistemas de control que permiten al usuario del dispositivo de iluminación seleccionar intuitiva y fácilmente un color deseado del rango disponible.

Una realización de tal sistema funciona almacenando los espectros de cada una de las componentes de fuentes de iluminación. En esta realización ejemplar, las fuentes de iluminación son LEDs. Seleccionando diferentes LEDs componentes con espectros diferentes, el diseñador puede definir el rango de colores de un dispositivo de iluminación. Una forma fácil de visualizar el rango de colores es utilizar el diagrama CIE que muestra todo el rango de iluminación de todos los colores de luz que puede haber. Una realización de un sistema proporciona una interface de autoría de luz tal como una interface informática interactiva. La figura 6 muestra una realización de una interface informática interactiva que permite al usuario ver un diagrama CIE (508) en el que se visualiza el espectro de color que un dispositivo de iluminación puede producir. En la figura 6 los espectros de LED individuales se guardan en memoria y pueden ser reclamados de memoria para utilizarlos para calcular una zona de control de colores combinados. La interface tiene varios canales (502) para seleccionar LEDs. Una vez seleccionados, variando la barra deslizante de intensidad (504) se puede cambiar el número relativo de LEDs de ese tipo en el dispositivo de iluminación resultante. El color de cada LED se representa en una carta de colores tal como un diagrama CIE (508) como un punto (por ejemplo, el punto (506)). Se puede seleccionar un segundo LED en un canal diferente para crear un segundo punto (por ejemplo, el punto (509)) en el gráfico CIE. Una línea que conecta estos dos puntos representa el grado en que el color de estos dos LEDs se puede mezclar para producir colores adicionales. Cuando se utiliza un tercer y un cuarto canal, se puede representar en el diagrama CIE una zona (510) que representa las combinaciones posibles de los LEDs seleccionados. Aunque la zona (510) aquí representada es un polígono de cuatro lados, los expertos en la técnica entenderán que la zona (510) podría ser una línea de puntos o un polígono con cualquier número de lados dependiendo de los LEDs elegidos.

Además de especificar el rango de colores, las intensidades a cualquier color dado se pueden calcular a partir de los espectros de LED. Conociendo el número de LEDs para un color dado y la intensidad máxima de cualquiera de estos LEDs, se calcula la salida total de luz a un color particular. Se puede representar en el diagrama un diamante u otro símbolo (512) para representar el color cuando todos los LEDs están en brillo completo o el punto puede representar el parámetro de intensidad presente.

Dado que un dispositivo de iluminación puede estar formado por una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación, al diseñar un dispositivo de iluminación, se puede seleccionar el color más deseable, y se puede diseñar un dispositivo de iluminación que maximice la intensidad de dicho color. Alternativamente, se puede elegir un dispositivo, y el punto de intensidad máxima se puede determinar a partir de esta selección. Se puede prever una herramienta para permitir el cálculo de un color particular a una intensidad máxima. La figura 6 muestra dicha herramienta como el símbolo (512), donde el diagrama CIE ha sido colocado en un ordenador y los cálculos se pueden realizar automáticamente para calcular un número total de LEDs necesarios para producir una intensidad particular, así como la relación de LEDs de espectros diferentes para producir colores particulares. Alternativamente, se puede elegir una selección de LEDs y se puede determinar el punto de intensidad máxima; ambas direcciones de cálculo se incluyen en realizaciones de esta invención.

En la figura 6, cuando se altera el número de LEDs, los puntos de intensidad máxima se mueven de manera que un usuario pueda diseñar una luz que tenga una intensidad máxima en un punto deseado.

Por lo tanto, en una realización de la invención el sistema contiene un grupo de los espectros de un número de LEDs diferentes, proporciona una interface para que el usuario seleccione LEDs que producirán un rango de color que incluye la zona deseable, y permite al usuario seleccionar el número de cada tipo de LED de tal manera que cuando la unidad esté completa, se produzca un color deseado. En una realización alternativa, el usuario simplemente tendría que proporcionar un espectro deseado, o color e intensidad, y el sistema podría producir un dispositivo de iluminación que podría generar luz según las peticiones.

Una vez que la luz ha sido diseñada, en una realización, también es deseable hacer que el espectro de luz sea fácilmente accesible al usuario del dispositivo de iluminación. Como se explicó anteriormente, el dispositivo de iluminación puede haberse elegido con una serie concreta de fuentes de iluminación de tal manera que se obtenga un color particular a intensidad máxima. Sin embargo, puede haber otros colores que se pueden producir variando las intensidades relativas de las componentes de fuentes de iluminación. El espectro del dispositivo de iluminación se puede controlar dentro del rango predeterminado especificado por la zona (510). Para controlar el color de iluminación dentro del rango, se reconoce que cada color dentro del polígono es la mezcla aditiva de los LEDs componentes, teniendo cada color contenido en los componentes una intensidad variada. Es decir, para pasar de un punto en la figura 6 a un segundo punto en la figura 6, hay que alterar las intensidades relativas de los LEDs componentes. Esto puede ser menos que intuitivo para el usuario final del dispositivo de iluminación quien simplemente desea un color particular, o una transición particular entre colores y no conocer las intensidades relativas a desplazar. Esto es cierto en particular si los LEDs usados no tienen espectros con un solo pico de color bien determinado. Un dispositivo de iluminación puede ser capaz de generar 100 tonos de naranja, pero cómo obtener cada uno de los tonos puede requerir control.

Para poder llevar a cabo dicho control del espectro de la luz, es deseable en una realización crear un sistema y método para enlazar el color de la luz a un dispositivo de control para controlar el color de la luz. Puesto que un dispositivo de

iluminación se puede diseñar personalizado, en una realización puede ser deseable tener las intensidades de cada una de las componentes de fuentes de iluminación "aplicadas" a un espectro de luz resultante deseable y dejar que el controlador seleccione un punto en el mapa. Es decir, un método con el que, con la especificación de un color particular de luz realizada por un controlador, el dispositivo de iluminación puede encender las fuentes de iluminación apropiadas a la intensidad apropiada para crear dicho color de luz. En una realización, el software de diseño de dispositivos de iluminación mostrado en la figura 6 se puede configurar de tal forma que pueda generar un mapeado entre un color deseable que se puede producir (dentro de la zona (510)), y las intensidades de los LEDs componentes que forman el dispositivo de iluminación. Este mapeado tendrá en general una de dos formas: 1) una tabla de consulta, o 2) una ecuación paramétrica, aunque se podría usar otras formas como conocen los expertos en la técnica. El software incluido en el dispositivo de iluminación (tal como en el procesador (316) anterior) o en un controlador de iluminación, tal como uno de los conocidos a la técnica, o descrito anteriormente, se puede configurar para aceptar la entrada de un usuario al seleccionar un color, y producir una luz deseada.

Este mapeado se puede realizar mediante varios métodos. En una realización, se conocen estadísticas acerca de las componentes de fuentes de iluminación individuales dentro del dispositivo de iluminación, de modo que se puede hacer cálculos matemáticos para producir una relación entre el espectro resultante y los espectros componentes. Los expertos en la técnica entenderán bien dichos cálculos.

En otra realización, se puede usar un sistema de calibración externo. Se describe una disposición de dicho sistema en la figura 7. El sistema de calibración incluye aquí un dispositivo de iluminación (2010) que está conectado a un procesador (2020) y que recibe entrada de un sensor de luz o transductor (2034). El procesador (2020) puede ser un procesador (316) o puede ser un procesador adicional o alternativo. El sensor (2034) mide características de color, y opcionalmente el brillo, de la salida de luz por el dispositivo de iluminación (2010) y/o la luz ambiente, y el procesador (2020) varía la salida del dispositivo de iluminación (2010). Entre estos dos dispositivos que modulan el brillo o color de la salida y miden el brillo y color de la salida, el dispositivo de iluminación puede ser calibrado donde los valores relativos de las componentes de fuentes de iluminación (o parámetros del procesador (2020)) están directamente relacionados con la salida del dispositivo (2010) (los parámetros del sensor de luz (2034)). Dado que el sensor (2034) puede detectar el espectro neto producido por el dispositivo de iluminación, se puede usar para proporcionar un mapeado directo relacionando la salida del dispositivo de iluminación con los parámetros de los LEDs componentes.

Una vez que el mapeado ha terminado, se puede usar otros métodos o sistemas para el control del dispositivo de luz. Tales métodos o sistemas permitirán la determinación de un color deseado, y la producción de dicho color por el dispositivo de iluminación.

La figura 8a muestra una realización del sistema (2000) donde se puede usar un sistema de control (2030) en unión con un dispositivo de iluminación (2010) para permitir el control del dispositivo de iluminación (2010). El sistema de control (2030) puede ser automático, puede recibir entrada de un usuario, o puede ser cualquier combinación de estos dos. El sistema (2000) también puede incluir un procesador (2020) que puede ser el procesador (316) u otro procesador para permitir que la luz cambie de color.

La figura 9 muestra una realización más concreta de un sistema (2000). Como un sistema de control (2030) se usa un sistema de control de interface informática de usuario (2032) con el que un usuario puede seleccionar un color deseado de luz. Ésta puede ser la interface de usuario (401) o podría ser una interface separada. La interface podría permitir cualquier tipo de interacción del usuario en la determinación del color. Por ejemplo, la interface puede proporcionar una paleta, diagrama de cromaticidad, u otro esquema de colores del que un usuario puede seleccionar un color, por ejemplo, clicando con un ratón en un color o temperatura de color adecuado en la interface, cambiando una variable usando un teclado, etc. La interface puede incluir una pantalla de visualización, un teclado de ordenador, un ratón, un trackpad, u otro sistema adecuado para interacción entre el procesador y un usuario. En algunas realizaciones, el sistema puede permitir a un usuario seleccionar un conjunto de colores para uso repetido, al que se puede acceder rápidamente, por ejemplo, dando un código simple, tal como una sola letra o dígito, o seleccionando uno de un conjunto de colores preestablecidos mediante una interface como se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones, la interface también puede incluir una tabla de consulta capaz de correlacionar nombres de colores con tonos aproximados, convertir coordenadas de color de un sistema (por ejemplo, RGB, CYM, YIQ, YUV, HSV, HLS, XYZ, etc) a un sistema diferente de coordenadas de color o a una pantalla o color de iluminación, o cualquier otra función de conversión para ayudar al usuario al manipular el color de iluminación. La interface también puede incluir una o varias ecuaciones de forma cerrada para convertir, por ejemplo, desde una temperatura de color especificada por el usuario (asociada con un color particular de luz blanca) a señales adecuadas para las diferentes componentes de fuentes de iluminación del dispositivo de iluminación (2010). El sistema puede incluir además un sensor como se explica a continuación para proporcionar información al procesador (2020), por ejemplo, para calibrar automáticamente el color de luz emitida del dispositivo de iluminación (2010) para lograr el color seleccionado por el usuario en la interface.

En otra realización se utiliza un sistema de control manual (2036) en el sistema (2000), como se ilustra en la figura 10a, tal como un dial, corredera, interruptor, interruptor multipolo, consola, otra unidad de control de iluminación, o cualquier otro controlador o combinación de controladores para permitan al usuario modificar las condiciones de iluminación hasta que las condiciones de iluminación o el aspecto de un sujeto iluminada sea deseables. Por ejemplo, se puede usar un dial o una corredera en un sistema para modular el espectro de colores neto producido, la iluminación a lo largo

de la curva de temperatura de color, o cualquier otra modulación del color del dispositivo de iluminación. Alternativamente, se puede usar un joystick, bola, trackpad, ratón, rueda de pulgar, superficie sensible al tacto, o una consola con dos o más correderas, diales u otros controles para modular el color, la temperatura o el espectro. Estos controles manuales se pueden usar en unión con un sistema de control de interface informática (2032) como se ha explicado anteriormente, o se pueden usar independientemente, posiblemente con marcas relacionadas para permitir al usuario explorar un rango de colores disponible.

Dicho sistema de control manual (2036) se detalla en la figura 10b. La unidad de control ilustrada incluye un dial marcado para indicar un rango de temperaturas de color, por ejemplo, de 3000K a 10.500K. Este dispositivo sería útil en un dispositivo de iluminación usado para producir un rango de temperaturas ("colores") de luz blanca, tal como el explicado a continuación. Los expertos en la técnica entenderán que se puede emplear rangos más amplios, más estrechos o de solapamiento, y se podría emplear un sistema similar para controlar dispositivos de iluminación que pueden producir luz de un espectro más allá de blanco, o no incluyendo el blanco. Se puede incluir un sistema de control manual (2036) como parte de un procesador que controla una serie de unidades de iluminación, acoplar a un procesador, por ejemplo, como un componente periférico de un sistema de control de iluminación, disponer en un control remoto capaz de transmitir una señal, tal como unos infrarrojos o señal de microondas, a un sistema que controla una unidad de iluminación, o emplear o configurar de alguna otra manera, como entenderán fácilmente los expertos en la técnica. Además, en lugar de un dial, un sistema de control manual (2036) puede emplear una corredera, un ratón, o cualquier otro control o dispositivo de entrada adecuado para ser utilizado en los sistemas y métodos descritos en la presente memoria.

En otra realización, el sistema de calibración ilustrado en la figura 7 puede funcionar como un sistema de control o como una porción de un sistema de control. Por ejemplo, el usuario podría introducir un color seleccionado y el sistema de calibración podría medir el espectro de luz ambiente, comparar el espectro medido con el espectro seleccionado, ajustar el color de luz producido por el dispositivo de iluminación (2010), y repetir el procedimiento para minimizar la diferencia entre el espectro deseado y el espectro medido. Por ejemplo, si el espectro medido es deficiente en longitudes de onda del rojo en comparación con el espectro deseado, el procesador puede aumentar el brillo de los LEDs rojos en el dispositivo de iluminación, disminuir el brillo de los LEDs azules y verdes en el dispositivo de iluminación, o ambos, para minimizar la diferencia entre el espectro medido y el espectro deseado y potencialmente para lograr también un brillo deseado (es decir, tal como el brillo máximo posible de dicho color). El sistema también se podría usar para casar un color producido por un dispositivo de iluminación con un color natural. Por ejemplo, un director de cine podría hallar luz en una posición donde no se filma y medirla con el sensor; esto podría proporcionar después el color deseado que se haya de producir con el dispositivo de iluminación. En una realización, estas tareas se pueden realizar simultáneamente (usando potencialmente dos sensores separados). En otra realización, el director puede medir a distancia una condición de iluminación con un sensor (2034) y almacenar dicha condición de iluminación en una memoria asociada con dicho sensor (2034). La memoria del sensor puede transferirse posteriormente al procesador (2020) que puede preparar el dispositivo de iluminación para que imite la luz grabada. Esto permite al director crear una "memoria de iluminación deseada" que se puede almacenar y recrear más tarde con dispositivos de iluminación como los descritos anteriormente.

El sensor (2034) usado para medir las condiciones de iluminación puede ser un fotodiodo, un fototransistor, una fotorresistencia, un radiómetro, un fotómetro, un colorímetro, un radiómetro espectral, una cámara, una combinación de dos o más de los dispositivos anteriores, o cualquier otro sistema capaz de medir el color o brillo de las condiciones de iluminación. Un ejemplo de un sensor puede ser el IL2000 SpectroCube Spectroradiometer que pone a la venta International Light Inc., aunque se puede usar cualquier otro sensor. Un colorímetro o radiómetro espectral es ventajoso porque se puede detectar simultáneamente varias longitudes de onda, permitiendo mediciones exactas del color y brillo simultáneamente. Un sensor de temperatura del color que se puede emplear en los sistemas y métodos descritos en la presente memoria se describe en la Patente de Estados Unidos número 5.521.708.

En realizaciones donde el sensor (2034) detecta una imagen, por ejemplo, incluye una cámara u otro dispositivo de captura vídeo, el procesador (2020) puede modular las condiciones de iluminación con el dispositivo de iluminación (2010) hasta que un objeto iluminado aparece sustancialmente el mismo, por ejemplo, sustancialmente del mismo color, que en una imagen grabada previamente. Tal sistema simplifica los procedimientos empleados por las cámaras, por ejemplo, al intentar producir un aspecto consistente de un objeto para promover continuidad entre escenas de una película, o por los fotógrafos, por ejemplo, al intentar reproducir las condiciones de iluminación de un disparo anterior.

En algunas realizaciones, el dispositivo de iluminación (2010) se puede usar como la única fuente de luz, aunque en otras realizaciones, tal como se ilustra en la figura 8b, el dispositivo de iluminación (2010) se puede usar en combinación con una segunda fuente de luz (2040), tal como una fuente incandescente, fluorescente, halógena, otras fuentes de LED o fuentes de luz componentes (incluyendo con y sin control), luces que son controladas con modulación de impulsos en anchura, luz solar, luz de la luna, candelas, etc. Este uso puede tener la finalidad de complementar la salida de la segunda fuente. Por ejemplo, una luz fluorescente que emite una iluminación débil en porciones rojas del espectro se puede complementar con un dispositivo de iluminación que emite primariamente longitudes de onda del rojo para proporcionar condiciones de iluminación que se asemejan más a la luz solar natural. Igualmente, tal sistema también puede ser útil en situaciones de toma de imágenes en exteriores, porque la temperatura de color de la luz natural varía cuando cambia la posición del sol. Un dispositivo de iluminación (2010) se puede usar en unión con un sensor (2034) como un controlador (2030) para compensar los cambios de luz solar para mantener constantes las

condiciones de iluminación durante una sesión.

En el sistema descrito en la figura 11 se podría desplegar cualquiera de los sistemas anteriores. Un sistema de iluminación para una posición puede incluir una pluralidad de dispositivos de iluminación (2301) que son controlables por un sistema de control central (2303). Ahora se desea que la luz dentro de la posición (o en una posición concreta tal como el escenario (2305) aquí ilustrado) imite otro tipo de luz tal como luz solar. Se saca al exterior un primer sensor (2307) y se mide y registra la luz solar natural (2309). Este registro se envía posteriormente al sistema de control central (2303). Un segundo sensor (que puede ser el mismo sensor en una realización) (2317) está presente en el escenario (2305). El sistema de control central (2309) controla ahora la intensidad y el color de la pluralidad de dispositivos de iluminación (2301) e intenta casar el espectro introducido de dicho segundo sensor (2317) con el espectro de la luz solar natural prerregistrada (2309). De esta manera, el diseño de la iluminación interior se puede simplificar drásticamente puesto que los colores de luz deseados se pueden reproducir o simular en un entorno cerrado. Éste puede ser un teatro (como se ilustra aquí), o cualquier otra posición tal como una vivienda, una oficina, un estudio de sonido, un almacén minorista, o cualquier otra posición donde se utilice iluminación artificial. También se podría usar dicho sistema en unión con otras fuentes de luz secundarias para crear un efecto de iluminación deseado.

Los sistemas anteriores permiten la creación de dispositivos de iluminación virtualmente con cualquier tipo de espectro. Con frecuencia es deseable producir luz que aparece "natural" o luz de alta calidad, especialmente luz blanca.

Un dispositivo de iluminación que produce luz blanca según la invención anterior puede incluir cualquier grupo de componentes de fuentes de iluminación de tal manera que la zona definida por las fuentes de iluminación pueda abarcar al menos una porción de la curva de cuerpo negro. La curva de cuerpo negro (104) en la figura 1 es una construcción física que muestra luz blanca de color diferente con respecto a la temperatura de la luz blanca. En una realización preferida, se abarcaría toda la curva de cuerpo negro, lo que permite que el dispositivo de iluminación produzca cualquier temperatura de luz blanca.

Para una luz blanca de color variable con la máxima intensidad posible, una porción considerable de la curva de cuerpo negro puede estar encerrada. Entonces se puede simular la intensidad a blancos de color diferente a lo largo de la curva de cuerpo negro. La intensidad máxima producida por esta luz se podría colocar a lo largo de la curva de cuerpo negro. Variando el número de cada LED de color (en la figura 6 rojo, azul, ámbar, y azul-verde) es posible cambiar la posición del punto máximo (el símbolo (512) en la figura 6). Por ejemplo, el color pleno estaría colocado a aproximadamente 5400K (luz solar a mediodía mostrada por el punto (106) en la figura 1), pero se podría usar cualquier otro punto (se muestran otros dos puntos en la figura 1, correspondientes a al resplandor de un incendio y una bombilla incandescente). Tal aparato de iluminación sería capaz de producir luz de 5400K a alta intensidad; además, la luz puede ajustar las diferencias de temperatura (por ejemplo luz solar nublada) por desplazamiento por la zona definida.

Aunque este sistema genera luz blanca con una temperatura de color variable, no es necesariamente una fuente de luz blanca de alta calidad. Se puede elegir varias combinaciones de colores de fuentes de iluminación que encierran la curva de cuerpo negro, y la calidad de los dispositivos de iluminación resultantes puede variar dependiendo de las fuentes de iluminación elegidas.

Dado que la luz blanca es una mezcla de diferentes longitudes de onda de luz, es posible caracterizar la luz blanca en base a los colores de luz componentes que se utilizan para la generarla. Se puede combinar rojo, verde y azul (RGB) para formar blanco; lo mismo que luz azul, ámbar y lavanda; o cian, magenta y amarillo. La luz blanca natural (luz solar) contiene un espectro virtualmente continuo de longitudes de onda a través de la banda visible humana (y más allá de ella). Esto se puede ver examinando luz solar a través de un prisma, u observando el arco iris. Muchas luces blancas artificiales son técnicamente blancas para el ojo humano; sin embargo, pueden parecer bastante diferentes cuando se muestran en superficies de color porque carecen de un espectro virtualmente continuo.

Como un ejemplo extremo se podría crear una fuente de luz blanca usando dos láseres (o otras fuentes ópticas de banda estrecha) con longitudes de onda complementarias. Estas fuentes tendrían una anchura espectral sumamente estrecha, tal vez de 1 nm de ancho. Para ejemplificarlo, elegiríamos longitudes de onda de 635 nm y 493 nm. Éstas se consideran complementarias puesto que se combinarán de forma aditiva para hacer luz que el ojo humano percibe como luz blanca. Los niveles de intensidad de estos dos láseres se pueden ajustar a alguna relación de potencias que producirá luz blanca que parece tener una temperatura de color de 5000K. Si esta fuente se dirige a una superficie blanca, la luz reflejada aparecerá como luz blanca de 5000K.

El problema de este tipo de luz blanca es que parecerá sumamente artificial cuando se muestre sobre una superficie de color. Se produce una superficie de color (en contraposición a luz de color) porque la superficie absorbe y refleja diferentes longitudes de onda de luz. Si sobre ella incide luz blanca incluyendo un espectro pleno (luz con todas las longitudes de onda de la banda visible a intensidad razonable), la superficie absorberá y reflejará perfectamente. Sin embargo, la luz blanca anterior no proporciona el espectro completo. Para utilizar de nuevo un ejemplo extremo, si una superficie solamente refleja luz de 500-550 nm, parecerá un verde bastante intenso en luz de espectro pleno, pero parecerá negro (absorbe todos los espectros presentes) en la luz blanca artificial generada por láser antes descrita.

Además, dado que el índice CRI se basa en un número limitado de observaciones, hay lagunas matemáticas en el método. Dado que se conocen los espectros para muestras de color CRI, es un ejercicio relativamente sencillo determinar las longitudes de onda óptimas y los números mínimos de fuentes de banda estrecha necesarios para lograr un CRI alto. Esta fuente engañará a la medición CRI, pero no al observador humano. El método CRI es como máximo un estimador del espectro que el ojo humano puede ver. Un ejemplo diario es la moderna lámpara fluorescente compacta. Tiene un CRI bastante alto de 80 y una temperatura de color de 2980K, pero sigue pareciendo poco natural. El espectro de un fluorescente compacto se representa en la figura 27.

Debido al deseo de luz de alta calidad (en particular luz blanca de alta calidad) que se puede variar en temperaturas o espectros diferentes, otra realización de esta invención incluye sistemas y método para generar una luz blanca de mayor calidad mezclando la radiación electromagnética de una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación tal como LEDs. Esto se lleva a cabo eligiendo LEDs que proporcionan una luz blanca dirigida a la interpretación de luz del ojo humano, así como el índice CRI matemático. Dicha luz se puede maximizar posteriormente en intensidad usando el sistema anterior. Además, dado que se puede controlar la temperatura de color de la luz, esta luz blanca de alta calidad todavía puede tener, por lo tanto, el control explicado anteriormente y puede ser una luz controlable, de alta calidad, que puede producir luz de alta calidad a través de un rango de colores.

Para producir una luz blanca de alta calidad, hay que examinar la capacidad del ojo humano de ver luz de diferentes longitudes de onda y determinar qué es lo que hace que una luz sea de alta calidad. En su definición más simple, una luz blanca de alta calidad proporciona distorsión baja a objetos de color cuando se ven bajo ella. Por lo tanto, tiene sentido comenzar examinando una luz de alta calidad en base a lo que el ojo humano ve. En general, la luz blanca de mejor calidad se considera la luz solar o luz de espectro pleno, puesto que ésta es la única fuente de luz "natural". A los efectos de esta descripción, se aceptará que la luz solar es una luz blanca de alta calidad.

La sensibilidad del ojo humano se denomina la respuesta fotópica. La respuesta fotópica se puede considerar como una función de transferencia espectral para el ojo, lo que significa que indica cuánto de cada longitud de onda de luz introducida es visto por el observador humano. Esta sensibilidad se puede expresar gráficamente como la función de luminosidad espectral V_λ (501), que se representa en la figura 12.

La respuesta fotópica del ojo es importante puesto que se puede usar para describir los límites del problema de generar luz blanca (o de cualquier color de luz). En una realización de la invención, una luz blanca de alta calidad tendrá que incluir solamente lo que el ojo humano pueda "ver". En otra realización de la invención, se puede reconocer que la luz blanca de alta calidad puede contener radiación electromagnética que no puede ser vista por el ojo humano, pero que puede dar lugar a una respuesta fotobiológica. Por lo tanto, una luz blanca de alta calidad puede incluir solamente luz visible, o puede incluir luz visible y otra radiación electromagnética que puede dar lugar a una respuesta fotobiológica. Ésta será en general radiación electromagnética inferior a 400 nm (luz ultravioleta) o mayor que 700 nm (luz infrarroja).

Usando la primera parte de la descripción, la fuente no tiene que tener ninguna potencia superior a 700 nm o inferior a 400 nm puesto que el ojo tiene solamente mínima respuesta a estas longitudes de onda. Una fuente de alta calidad será preferiblemente sustancialmente continua entre estas longitudes de onda (de otro modo podrían distorsionarse los colores), pero puede caer hacia longitudes de onda más altas o más bajas debido a la sensibilidad del ojo. Además, la distribución espectral de temperaturas diferentes de luz blanca será diferente. Para ilustrarlo, en la figura 13 se muestran distribuciones espectrales para dos fuentes de cuerpo negro con temperaturas de 5000K (601) y 2500K (603) junto con la función de luminosidad espectral (501) de la figura 12.

Como se ve en la figura 13, la curva 5000K es suave y está centrada en torno a 555 nm solamente con una ligera caída en ambas direcciones creciente y decreciente de longitudes de onda. La curva de 2500K está fuertemente orientada hacia longitudes de onda más altas. Esta distribución tiene sentido intuitivamente, puesto que las temperaturas de color más bajas parecen ser amarillo a rojizo. Un punto que surge de la observación de estas curvas, contra la curva de luminosidad espectral, es que la respuesta fotópica del ojo está "llena". Esto significa que cada color iluminado por una de estas fuentes será percibido por un observador humano. Los agujeros, es decir, zonas sin potencia espectral, harán que algunos objetos parezcan anormales. Por eso muchas fuentes de luz "blanca" parecen perturbar los colores. Dado que las curvas de cuerpo negro son continuas, incluso el cambio drástico de 5000K a 2500K solamente desplazará los colores hacia el rojo, haciendo que parezcan más cálidos, pero desprovistos de color. Esta comparación muestra que una especificación importante de cualquier dispositivo de luz artificial de alta calidad es un espectro continuo a través de la respuesta fotópica del observador humano.

Habiendo examinado estas relaciones del ojo humano, un dispositivo para producir luz blanca de alta calidad controlable tendría que tener la característica siguiente. La luz tiene un espectro sustancialmente continuo en las longitudes de onda visibles para el ojo humano, con agujeros o intervalos situados en las zonas donde el ojo humano es menos sensible. Además, para hacer una luz blanca de alta calidad controlable en un rango de temperaturas, sería deseable producir un espectro de luz que pueda tener valores relativamente iguales de cada longitud de onda de luz, pero también puede hacer diferentes longitudes de onda drásticamente más o menos intensas con respecto a otras longitudes de onda dependiendo de la temperatura de color deseado. La forma de onda más clara que tuviese dicho control tendría que reflejar el alcance de la respuesta fotópica del ojo, aunque siendo todavía controlable a las varias diferentes longitudes de onda.

- Como se explicó anteriormente, los métodos de mezcla tradicionales que crean luz blanca, pueden crear luz que es técnicamente "blanca", pero siguen produciendo un aspecto anormal para el ojo humano. La clasificación de CRI para estos valores es por lo general sumamente baja o posiblemente negativa. Esto es debido a que si no hay una longitud de onda de luz en la generación de luz blanca, es imposible que un objeto de un color refleje/absorba dicha longitud de onda. En un caso adicional, dado que la clasificación del CRI se basa en ocho muestras de color particulares, es posible obtener un CRI alto, aunque sin tener una luz de calidad especialmente alta porque la luz blanca funciona bien para las muestras de color particulares especificadas por la clasificación de CRI. Es decir, un índice CRI alto se podría obtener con una luz blanca compuesta de ocho fuentes de 1 nm perfectamente alineadas con las ocho estructuras de color CRI. Sin embargo, ésta no será una fuente de luz de alta calidad para iluminar otros colores.
- La lámpara fluorescente representada en la figura 27 ofrece un buen ejemplo de una luz de CRI alto que no es de alta calidad. Aunque la luz de una lámpara fluorescente es blanca, consta de muchos picos (tal como (201) y (203)). La posición de estos picos se ha diseñado con cuidado de manera que, al medir usando las muestras CRI, produzcan un régimen alto. En otros términos, estos picos engañan al cálculo CRI, pero no al observador humano. El resultado es una luz blanca que se puede usar, pero no óptima (es decir, parece artificial). Los picos drásticos en el espectro de una luz fluorescente también son claros en la figura 27. Estos picos son parte de la razón por la que la luz fluorescente parece muy artificial. Aunque se produce luz dentro de los valles espectrales, está tan dominada por los picos que un ojo humano tiene dificultad para verla. Una luz blanca de alta calidad se puede producir según esta descripción sin los picos y valles drásticos de una lámpara fluorescente.
- Un pico espectral es el punto de intensidad de un color de luz particular que tiene menos intensidad en puntos inmediatamente a sus dos lados. Un pico espectral máximo es el pico espectral más alto dentro de la región de interés. Por lo tanto, es posible tener múltiples picos dentro de una porción elegida del espectro electromagnético, solamente un solo pico máximo, o no tener picos. Por ejemplo, la figura 12 en la región de 500 nm a 510 nm no tiene picos espectrales porque no hay ningún punto en dicha región que tenga puntos más bajos en ambos lados.
- Un valle es lo contrario de un pico y es un punto que es mínimo y tiene puntos de mayor intensidad en ambos lados (una meseta invertida también es un valle). Una meseta especial también puede ser un pico de espectro, una meseta implica una serie de puntos concurrentes de la misma intensidad con los puntos en ambos lados de la serie que tiene menos intensidad.
- Deberá ser claro que las fuentes de cuerpo negro que simulan luz blanca de alta calidad no tienen picos y valles significativos dentro de la zona de la respuesta fotópica del ojo humano, como se representa en la figura 13.
- Sin embargo, la mayor parte de la luz artificial tiene algunos picos y valles en esta región como se representa en la figura 27; sin embargo, cuanto menor sea la diferencia entre estos puntos, mejor. Esto es especialmente cierto para luz de temperatura más alta, mientras que para luz de temperatura inferior la línea continua tiene una pendiente positiva hacia arriba sin picos o valles y los valles poco profundos en las zonas de longitud de onda más corta serían menos observables, como los picos ligeros en las longitudes de onda más largas.
- Para tener en cuenta esta relación de picos y valles a luz blanca de alta calidad, lo siguiente es deseable en una luz blanca de alta calidad de una realización de esta invención. El valle más bajo en el rango visible deberá tener una mayor intensidad que la intensidad atribuible a ruido de fondo como entenderán los expertos en la técnica. Además, es deseable cerrar el intervalo entre el valle más bajo y el pico máximo, y otras realizaciones de la invención tienen valles más bajos con al menos 5%, 10%, 25%, 33%, 50%, y 75% de la intensidad de los picos máximos. Los expertos en la técnica observarán que se podría usar otros porcentajes en cualquier punto hasta 100%.
- En otra realización, es deseable imitar la forma de los espectros de cuerpo negro a temperaturas diferentes; para temperaturas más altas (4.000k a 10.000k) esto puede ser parecido al análisis de picos y valles anterior. Para temperaturas inferiores, otro análisis sería que la mayor parte de los valles deberán estar a una longitud de onda más corta que el pico más alto. Esto sería deseable en una realización para temperaturas de color inferiores a 2500k. En otra realización sería deseable tenerlo en la región de 500k a 2500k.
- Según el análisis anterior, la luz blanca artificial de alta calidad deberá tener por lo tanto un espectro sustancialmente continuo entre 400 nm y 700 nm sin picos drásticos. Además, para ser controlable, la luz deberá ser capaz de producir un espectro que parezca luz natural a varias temperaturas de color. Debido al uso de modelos matemáticos en la industria, también es deseable que la fuente produzca un CRI alto indicativo de que los colores de referencia se están conservando y muestran que la luz blanca de alta calidad de la presente invención no falla en las pruebas previamente conocidas.
- Para construir un dispositivo de iluminación de luz blanca de alta calidad que usa LEDs como las componentes de fuentes de iluminación, es deseable en una realización tener LEDs con picos espectrales particulares máximos y anchuras espectrales. También es deseable hacer que el dispositivo de iluminación permita la controlabilidad, es decir, que la temperatura de color se pueda controlar para seleccionar un espectro particular de luz "blanca" o incluso tener un espectro de luz de color además de la luz blanca. También sería deseable que cada uno de los LEDs produzca iguales intensidades de luz para permitir una mezcla fácil.

Un sistema para crear luz blanca incluye gran número de LEDs (por ejemplo, alrededor de 300), cada uno de los cuales tiene una anchura espectral estrecha y cada uno de los cuales tiene un pico espectral máximo que abarca una porción predeterminada del rango de aproximadamente 400 nm a aproximadamente 700 nm, posiblemente con cierto solapamiento, y posiblemente más allá de los límites de luz visible. Esta fuente de luz puede producir luz esencialmente blanca, y puede ser controlable para producir cualquier temperatura de color (y también cualquier color). Permite menor variación de la que puede ver el ojo humano y por lo tanto el dispositivo de luz puede hacer cambios más finamente de lo que un humano puede percibir. Por lo tanto, dicha luz es una realización de la invención, pero otras realizaciones pueden utilizar menos LEDs cuando la percepción por humanos es el punto central.

En otra realización de la invención, se puede usar un número considerablemente menor de LEDs con la anchura espectral de cada LED incrementada para generar una luz blanca de alta calidad. Una realización de dicho dispositivo de luz se representa en la figura 14. La figura 14 muestra los espectros de nueve LEDs (701) con anchuras espectrales de 25 nm espaciadas cada 25 nm. Se deberá reconocer aquí que un dispositivo de iluminación de nueve LEDs no contiene necesariamente exactamente nueve fuentes de iluminación en total. Contiene algún número de cada una de las nueve fuentes de iluminación de color diferente. Este número será generalmente el mismo para cada color, pero no tiene que serlo. Los LEDs de alto brillo con una anchura espectral de aproximadamente 25 nm están generalmente disponibles. La línea continua (703) indica el espectro aditivo de todos los espectros de LED a igual potencia que la que se podría crear usando el dispositivo de iluminación del método anterior. Las potencias de los LEDs se pueden ajustar para generar un rango de temperatura de color (y también colores) regulando las intensidades relativas de los nueve LEDs. Las figuras 15a y 15b son espectros para la luz blanca de 5000K (801) y 2500K (803) de este dispositivo de iluminación. Este dispositivo de iluminación de nueve LEDs tiene la capacidad de reproducir una amplia gama de temperaturas de color así como una amplia gama de colores cuando la zona del diagrama CIE encerrado por los LEDs componentes cubre la mayor parte de los colores disponibles. Permite el control sobre la producción de espectros no continuos y la generación de colores particulares de alta calidad eligiendo utilizar solamente un subconjunto de las fuentes de iluminación de LED disponibles. Se deberá observar que la elección de la posición de la longitud de onda dominante de los nueve LEDs se podría desplazar sin variación considerable de la capacidad para producir luz blanca. Además, se puede añadir LEDs de colores diferentes. Tales adiciones pueden mejorar la resolución como se explicó en el ejemplo anterior de 300 LEDs. Cualquiera de estos dispositivos de luz puede cumplir las normas de calidad anteriores. Pueden producir un espectro que es continuo en la respuesta fotópica del ojo, es decir, sin picos drásticos, y que se puede controlar para producir una luz blanca de múltiples temperaturas de color deseadas.

La fuente de luz blanca de nueve LEDs es eficaz puesto que su resolución espectral es suficiente para simular con precisión distribuciones espectrales dentro de los límites perceptibles por humanos. Sin embargo, se puede usar menos LEDs. Si se siguen las especificaciones de hacer luz blanca de alta calidad, menos LEDs pueden tener una anchura espectral incrementada para mantener el espectro sustancialmente continuo que llena la respuesta fotópica del ojo. La disminución podría ser de cualquier número de LEDs de 8 a 2. El caso de 1 LED no permite la mezcla de colores y por lo tanto tampoco el control. Para tener un dispositivo de luz blanca de temperatura controlable pueden ser necesarios LEDs de dos colores al menos.

Una realización de la presente invención incluye tres LEDs de colores diferentes. Tres LEDs permiten disponer de una zona bidimensional (un triángulo) como el espectro para el dispositivo resultante. En la figura 16 se representa una realización de una fuente de tres LEDs.

El espectro aditivo de los tres LEDs (903) ofrece menos control que el dispositivo de iluminación de nueve LEDs, pero puede cumplir los criterios para una fuente de luz blanca de alta calidad como se ha explicado anteriormente. El espectro puede ser continuo sin picos drásticos. También es controlable, puesto que el triángulo de luz blanca disponible encierra la curva de cuerpo negro. Esta fuente puede perder el control fino sobre algunos colores o temperaturas que se obtuvieron con un mayor número de LEDs cuando la zona encerrada en el diagrama CIE es un triángulo, pero la potencia de estos LEDs todavía puede controlarse para simular fuentes de diferentes temperaturas de color. Tal alteración se representa en las figuras 17a y 17b para fuentes de 5000K (1001) y 2500K (1003). Los expertos en la técnica observarán que también se puede generar temperaturas alternativas.

Ambos ejemplos de nueve LEDs y tres LEDs demuestran que se puede usar combinaciones de LEDs para crear dispositivos de iluminación blanca de alta calidad. Estos espectros llenan la respuesta fotópica del ojo y son continuos, lo que significa que parecen más naturales que las fuentes de luz artificial tal como luces fluorescentes. Ambos espectros se pueden caracterizar como de alta calidad puesto que los CRIs indican 90 alto.

En el diseño de un dispositivo de iluminación blanca, un impedimento es la falta de disponibilidad de corriente para LEDs con un pico espectral máximo de 555 nm. Esta longitud de onda está en el centro de la respuesta fotópica del ojo y es uno de los colores más claros para el ojo. La introducción de un LED con una longitud de onda dominante a o cerca de 555 nm simplificaría la generación de luz blanca basada en LED, y un dispositivo de luz blanca con tal LED incluye una realización de esta invención. En otra realización de la invención, también se podrían usar una fuente de iluminación sin LED que produce luz con un pico espectral máximo desde aproximadamente 510 nm a aproximadamente 570 nm para llenar este intervalo espectral concreto. En otra realización, esta fuente sin LED podría incluir una fuente de luz blanca existente y un filtro para hacer que la fuente de luz resultante tenga un pico espectral máximo en esta zona general.

En otra realización, se puede generar luz blanca de alta calidad usando LEDs sin picos espectrales alrededor de 555 nm para llenar el intervalo en la respuesta fotópica dejado por la ausencia de LEDs verdes. Una posibilidad es llenar el intervalo con una fuente de iluminación sin LED. Otra, como se describe más adelante, es que se puede generar una fuente de luz blanca de alta calidad controlable usando un grupo de uno o más LEDs de colores diferentes donde ninguno de los LEDs tiene un pico espectral máximo en el rango de aproximadamente 510 nm a 570 nm.

Para construir un dispositivo de iluminación de luz blanca que se pueda controlar en un rango general deseado de temperaturas de color, en primer lugar hay que determinar los criterios de temperaturas deseados.

En una realización, se elige de manera que sean temperaturas de color desde aproximadamente 2300K a aproximadamente 4500K que los diseñadores de iluminación utilizan de ordinario en la industria. Sin embargo, se podría elegir cualquier rango para otras realizaciones incluyendo el rango de 500K a 10.000K que cubre la mayor parte de la variación de luz blanca visible o cualquier subrango de la misma. El espectro de salida general de esta luz puede lograr un CRI comparable a fuentes de luz estándar ya existentes. Específicamente, se puede especificar un CRI alto (mayor que 80) a 4500K y un CRI más bajo (mayor que 50) a 2300K aunque de nuevo se podría elegir cualquier valor. Los picos y valles también se pueden minimizar todo lo posible en el rango y en particular de manera que tengan una curva continua donde la intensidad nula es 0.

En los últimos años se dispone de LEDs blancos. Estos LEDs operan usando un LED azul para bombear una capa de fósforo. El fósforo convierte parte de la luz azul a verde y roja. El resultado es un espectro que tiene un espectro ancho y está aproximadamente centrado en torno a 555 nm, y se denomina "blanco frío". Un espectro ejemplar de dicho LED blanco (en particular para un LED Nichia NSPW510 BS (caja A)), se representa en la figura 18 como el espectro (1201).

El espectro (1201) representado en la figura 18 difiere de los espectros tipo gaussiano para algunos LEDs. Esto es debido a que no toda la energía de la bomba del LED azul es convertida hacia abajo. Esto tiene el efecto de enfriar el espectro general puesto que la porción más alta del espectro se considera caliente. El CRI resultante para este LED es 84 pero tiene una temperatura de color de 20.000K. Por lo tanto, el LED en sí mismo no cumple los criterios de iluminación anteriores. Este espectro (1201) contiene un pico espectral máximo a aproximadamente 450 nm y no llena con precisión la respuesta fotópica del ojo humano. Un solo LED tampoco permite el control de temperatura de color y por lo tanto no se puede generar un sistema de la banda deseada de temperaturas de color con este LED solo.

Nichia Chemical tiene actualmente tres cajas (A, B, y C) de LEDs blancos disponibles. El espectro de LED (1201) representado en la figura 18 es el más frío de estas cajas. El LED más caliente es la caja C (cuyo espectro (1301) se presenta en la figura 19). El CRI de este LED también es 84; tiene un pico espectral máximo de alrededor de 450 nm, y tiene un CCT de 5750K. Usando una combinación de los LEDs de la caja A o C permitirá a la fuente llenar el espectro en torno al centro de la respuesta fotópica, 555 nm. Sin embargo, la temperatura de color más baja alcanzable será 5750K (de usar el LED de caja C solo) que no cubre la banda completa de temperaturas de color explicada anteriormente. Esta combinación aparecerá anormalmente caliente (azul) en sí misma puesto que el espectro aditivo todavía tendrá un pico significativo en torno a 450 nm.

La temperatura de color de estos LEDs se puede desplazar usando un filtro óptico de paso alto colocado sobre los LEDs. Éste es esencialmente una pieza de vidrio o plástico tintado transparente para dejar que solamente pase luz de longitud de onda más alta. Un ejemplo de dicha transmisión de filtro de paso alto se representa en la figura 20 como línea (1401). Los filtros ópticos son conocidos en la técnica y el filtro de paso alto incluirá en general un material translúcido, tal como plástico, vidrio, u otros medios de transmisión que han sido tintados para formar un filtro de paso alto tal como el representado en la figura 20. Una realización de la invención incluye generar un filtro de un material deseado (para obtener propiedades físicas particulares) al especificar las propiedades ópticas deseadas. Este filtro se puede colocar sobre los LEDs directamente, o puede ser el filtro (391) de la caja del dispositivo de iluminación.

Una realización de la invención permite que el dispositivo existente tenga una preselección de LEDs componentes y una selección de filtros diferentes. Estos filtros pueden desplazar el rango de colores resultantes sin alteración de los LEDs. De esta forma se puede usar un sistema de filtro en unión con los LEDs seleccionados para llenar una zona de CIE encerrada (área (510)) por un dispositivo de luz que se desplaza con respecto a los LEDs, permitiendo así un grado de control adicional. En una realización, esta serie de filtros podría permitir que un solo dispositivo de luz produzca luz blanca de cualquier temperatura especificando una serie de rangos para varios filtros que, cuando se combinan, encierran la línea blanca. Una realización de esto se representa en la figura 30 donde una selección de zonas (3001, 3011, 3021, 3031) depende de la elección de filtros que desplazan la zona rodeada.

Esta medición de transmisión espectral muestra que el filtro de paso alto en la figura 20 absorbe potencia espectral inferior a 500 nm. También muestra una pérdida general esperada de aproximadamente 10%. La línea de trazos (1403) en la figura 20 muestra la pérdida de transmisión asociada con un difusor de policarbonato estándar que se usa con frecuencia en dispositivos de luz. Cabe esperar que la luz que pasa a través de cualquier sustancia dé lugar a cierta disminución de intensidad.

El filtro cuya transmisión se representa en la figura 20 se puede usar para desplazar la temperatura de color de los dos LEDs Nichia. Los espectros filtrados ((1521) y (1531)) y no filtrados ((1201) y (1301)) para LEDs de las cajas A y C se

muestran en las figuras 21a y 21b.

La adición del filtro amarillo desplaza la temperatura de color del LED de caja A de 20.000K a 4745K. Sus coordenadas de cromaticidad se desplazan de (0,27, 0,2A) a (0,35, 0,37). El LED de caja C se desplaza de 5750K a 3935K y de coordenadas de cromaticidad (0,33, 0,33) a (0,40, 0,43).

5 La importancia de las coordenadas de cromaticidad resulta evidente cuando los colores de estas fuentes se comparan en el mapa de cromaticidad CIE 1931. La figura 22 es una vista detallada del mapa de cromaticidad en torno al lugar de Plank (1601). Este lugar indica los colores percibidos de fuentes ideales llamadas cuerpos negros. La línea más gruesa (1603) resalta la sección del lugar que corresponde al rango de 2300K a 4500K.

10 La figura 22 ilustra cuánto desplazamiento se puede lograr con un filtro simple de paso alto. "Calentando" efectivamente el conjunto de LEDs Nichia, se ponen en un rango de cromaticidad que es útil para el rango de control de temperatura de color especificado y son adecuados para una realización de la invención. La posición original era la línea de trazos (1665), mientras que el nuevo color está representado por la línea (1607) que está dentro de la región correcta.

En una realización, sin embargo, se puede generar un rango no lineal de temperaturas de color usando más de dos LEDs.

15 Se podría discutir incluso que bastaría una variación lineal que se aproxime mucho a la banda deseada. Sin embargo, esta realización reclamaría un LED cerca de 2300K y un LED cerca de 4500K. Esto se podría lograr de dos formas. Primera: se podría usar un LED diferente que tiene una temperatura de color de 2300K. Segunda: la salida del LED Nichia de caja C se podría pasar por un filtro adicional a desplazamiento incluso más próximo al punto de 2300K. Cada uno de estos sistemas incluye una realización adicional de la presente invención. Sin embargo, el ejemplo siguiente usa
20 un tercer LED para cumplir los criterios deseados.

Este LED deberá tener una cromaticidad a la derecha del punto de 2300K en el lugar de cuerpo negro. El LED ámbar Agilent HLMP-EL1 8, con una longitud de onda dominante de 592 nm, tiene coordenadas de cromaticidad (0,60, 0,40). La adición del ámbar Agilent al conjunto de LEDs blancos Nichia da lugar al rango (1701) representado en la figura 23.

25 El rango (1701) producido usando estos tres LEDs abarca completamente el lugar de cuerpo negro en el rango de 2300K a 4500K. Un dispositivo de luz fabricado usando estos LEDs puede cumplir el requisito de producir luz blanca con los valores de cromaticidad correctos. Los espectros de la luz a 2300K (2203) y 5000K (2201) en las figuras 26a y b muestran espectros que cumplen los criterios deseados para luz blanca de alta calidad, ambos espectros son continuos y el espectro de 5000K no muestra los picos presentes en otros dispositivos de iluminación, con intensidad razonable a
30 todas las longitudes de onda. El espectro de 2300K no tiene valles a longitudes de onda más bajas que su pico máximo. La luz también es controlable en estos espectros. Sin embargo, para que sea considerada luz blanca de alta calidad por la comunicación de iluminación, el CRI deberá ser superior a 50 para temperaturas de color bajas y superior 80 para temperaturas de color altas. Según el programa de software que acompaña a la especificación CIE 13.3-1995, el CRI para el espectro simulado de 2300K es 52 y es similar a una bombilla incandescente con un CRI de 50. El CRI para el espectro simulado de 4500K es 82 y se considera luz blanca de alta calidad. Estos espectros también son
35 similares en forma a los espectros de natural luz como se representa en las figuras 26a y 26b.

La figura 24 muestra el CRI representado con respecto al CCT para la fuente de luz blanca anterior. Esta comparación muestra que el dispositivo de luz blanca de alta calidad anterior producirá luz blanca de calidad más alta que las tres
40 luces fluorescentes estándar (1803), (1805), y (1809) utilizadas en la figura 24. Además, la fuente de luz anterior es considerablemente más controlable que una luz fluorescente puesto que la temperatura de color se puede seleccionar como cualquiera de los puntos de la curva (1801) mientras que las fluorescentes se limitan a los puntos particulares mostrados. También se midió la salida luminosa del dispositivo de iluminación de luz blanca descrito. La salida luminosa representada con respecto a la temperatura de color se da en la figura 25, aunque el gráfico en la figura 25 se basa en los tipos y niveles de potencia usados al producirla, la relación puede permanecer constante con el número
45 relativo de los diferentes LEDs exteriores seleccionados. El punto máximo (punto de intensidad máxima) se puede mover alterando el color de cada uno de los LEDs presentes.

Los expertos en la técnica entenderán que las realizaciones anteriores de dispositivos de luz blanca y métodos también podrían incluir LEDs u otras componentes de fuentes de iluminación que producen luz no visible para el ojo humano. Por lo tanto, cualquiera de las realizaciones anteriores también podría incluir fuentes de iluminación con un pico
espectral máximo inferior a 400 nm o superior a 700 nm.

50 Una luz de alta calidad basada en LED se puede configurar para sustituir a un tubo fluorescente. En una realización, una fuente de luz LED de alta calidad útil para sustituir tubos fluorescentes funcionaría en un dispositivo existente diseñado para usar tubos fluorescentes. Tal dispositivo se representa en la figura 28. La figura 28 muestra un dispositivo de iluminación fluorescente típico u otro dispositivo configurado para recibir tubos fluorescentes (2402). El dispositivo de iluminación (2402) puede incluir un reactor (2410). El reactor (2410) puede ser un reactor de tipo magnético o de tipo electrónico para suministrar la potencia a al menos un tubo (2404) que tradicionalmente ha sido un
55 tubo fluorescente. El reactor (2410) incluye conexiones de entrada de potencia (2414) a conectar con una fuente de

alimentación externa. La fuente de alimentación externa puede ser la red CA del edificio o cualquier otra fuente de alimentación conocida en la técnica. El reactor (2410) tiene conexiones de tubo (2412) y (2416) que se unen a un tubo acoplador (2408) para la fácil introducción y extracción de tubos (2404). Estas conexiones suministran la potencia necesaria al tubo. En un sistema de reactor magnético, el reactor (2410) puede ser un transformador con una impedancia predeterminada para suministrar el voltaje y la corriente necesarios. El tubo fluorescente (2404) hace de un cortocircuito de modo que la impedancia del reactor se utiliza para establecer la corriente del tubo. Esto significa que cada vatiaje del tubo requiere un reactor particular. Por ejemplo, un tubo fluorescente de cuarenta vatios solamente operará con un reactor de cuarenta vatios porque el reactor está adaptado para el tubo. Otros dispositivos de iluminación fluorescentes usan reactores electrónicos con una salida de onda sinusoidal de alta frecuencia a la lámpara. Incluso en estos sistemas, la impedancia interna del reactor electrónico todavía regula la corriente a través del tubo.

La figura 29 muestra una realización de un dispositivo de iluminación según esta descripción que se podría usar como un tubo fluorescente de sustitución en una caja tal como el de la figura 28. El dispositivo de iluminación puede incluir, en una realización, una variación del dispositivo de iluminación (5000) de las figuras 5a y 5b. El dispositivo de iluminación puede incluir una porción inferior (1101) con un lado inferior generalmente redondeado (1103) y una superficie de conexión generalmente plana (1105). El dispositivo de iluminación también incluye una porción superior (1111) con una porción superior generalmente redondeada (1113) y una superficie de conexión generalmente plana (1115). La porción superior (1111) estará compuesta en general por un material translúcido, transparente, o similar que permita la transmisión de luz y puede incluir un filtro parecido al filtro (391). Las superficies de conexión planas (1105) y (1115) se pueden colocar juntas para formar un dispositivo de iluminación generalmente cilíndrico y se pueden unir por cualquier método conocido en la técnica. Entre la porción superior (1111) y la porción inferior (1101) hay un dispositivo de iluminación (1150) que incluye un conjunto generalmente rectangular (1153) y una tira de al menos una componente de fuente de iluminación tal como un LED (1155). Esta construcción no es necesaria y el dispositivo de iluminación no tiene que tener una caja o podría tener una caja de cualquier tipo mostrado en la técnica. Aunque se representa una tira única, los expertos en la técnica entenderán que se podría usar tiras múltiples, u otras configuraciones de disposición de las fuentes de iluminación. Las tiras tienen en general los LEDs componentes en una secuencia que separa los colores de LEDs si hay múltiples colores de LEDs, pero tal disposición no es necesaria. El dispositivo de iluminación tendrá generalmente conectores de lámpara (2504) para conectar el dispositivo de iluminación a los acopladores de lámpara existentes (2008). El sistema de LEDs también puede incluir un circuito de control (2510). Este circuito puede convertir el voltaje de reactor a CC para la operación del LED. El circuito de control (2510) puede controlar los LEDs (1155) con voltaje CC constante o el circuito de control (2510) puede generar señales de control para operar los LEDs. En una realización preferida, el circuito de control (2510) incluiría un procesador para generar señales de control moduladas en anchura de impulsos, u otras señales de control similares, para los LEDs.

Por lo tanto, estas luces blancas son ejemplos de cómo se puede generar un dispositivo de luz blanca de alta calidad con componentes de fuentes de iluminación, incluso donde las fuentes tienen longitudes de onda dominantes fuera de la región de 530 nm a 570 nm.

La luz blanca anterior puede contener programación que permita al usuario controlar fácilmente la luz y seleccionar cualquier temperatura de color deseada que esté disponible en la luz. En una realización, la capacidad de seleccionar la temperatura de color se puede incluir en un programa de ordenador usando, por ejemplo, las ecuaciones matemáticas siguientes:

$$\text{Intensidad de LED ámbar (T)} = (5,6 \cdot 10^{-8})T^3 - (6,4 \cdot 10^{-4})T^2 + (2,3)T - 2503,7, [1]$$

$$\text{Intensidad de LED Nichia caliente (T)} = (9,5 \cdot 10^{-3})T^3 - (1,2 \cdot 10^{-3})T^2 + (4,4)T - 5215,2, [2]$$

$$\text{Intensidad de LED Nichia frío (T)} = (4,7 \cdot 10^{-8})T^3 - (6,3 \cdot 10^{-4})T^2 + (2,8)T - 3909,6 [3]$$

donde T = Temperatura en grados K.

Estas ecuaciones se pueden aplicar directamente o se pueden usar para crear una tabla de consulta de manera que los valores binarios correspondientes a una temperatura de color particular se puedan determinar rápidamente. Esta tabla puede residir en cualquier forma de memoria programable para uso al controlar la temperatura de color (tal como, aunque sin limitación, el control descrito en la Patente de Estados Unidos 6.016.038). En otra realización, la luz podría tener una selección de interruptores, tal como interruptores DIP que le permiten operar en un modo autónomo, donde se puede seleccionar una temperatura de color deseada usando los interruptores, y cambiar por alteración del producto autónomo. La luz también se podría programar a distancia para operar en un modo autónomo como se ha explicado anteriormente.

El dispositivo de iluminación en la figura 29 también puede incluir un interruptor de control de programa (2512). Este interruptor puede ser un conmutador selector para seleccionar la temperatura de color, el color del sistema de LEDs, o cualesquiera otras condiciones de iluminación. Por ejemplo, el conmutador puede tener múltiples valores para colores diferentes. La posición "uno" puede hacer que el sistema de LEDs produzca luz blanca de 3200K, la posición "dos" puede hacer que produzca luz blanca de 4000K, la posición "tres" puede ser para luz azul y una cuarta posición puede ser para permitir que el sistema reciba señales externas para color u otro control de iluminación. Este control externo se

podría prever por cualquiera de los controladores explicado anteriores.

Algunos reactores fluorescentes también realizan atenuación donde un conmutador regulador en la pared cambiará las características de salida del reactor y como resultado cambiará las características de iluminación de la luz fluorescente. El sistema de iluminación de LED puede usar esto como información para cambiar las características de iluminación. El

5 circuito de control (2510) puede verificar las características del reactor y ajustar las señales de control de LED de forma correspondiente. El sistema de LEDs puede tener señales de control de iluminación almacenadas en memoria dentro del sistema de iluminación de LED. Estas señales de control pueden estar preprogramadas para realizar atenuación, cambio de color, una combinación de efectos o cualesquiera otros efectos de iluminación cuando cambian las características del reactor.

10 Un usuario puede desear colores diferentes en una sala en tiempos diferentes. El sistema de LEDs se puede programar para producir luz blanca cuando el atenuador esté al nivel máximo, luz azul cuando esté a 90% del máximo, luz roja cuando esté a 80%, efectos de destellos a 70% o efectos continuamente cambiantes cuando se cambie el atenuador. El sistema podría cambiar el color u otras condiciones de iluminación con respecto al atenuador o cualquier otra entrada. Un usuario también puede desear recrear las condiciones de iluminación de luz incandescente. Una de las

15 características de tal iluminación es que cambia la temperatura de color cuando se reduce su potencia. La luz incandescente puede ser 2800K a plena potencia pero la temperatura de color se reducirá cuando se reduzca la potencia y puede ser 1500K cuando la lámpara se atenúe en gran medida. Las lámparas fluorescentes no reducen la temperatura de color cuando son atenuadas. Típicamente, el color de la lámpara fluorescente no cambia cuando se reduce la potencia. El sistema de LEDs se puede programar para reducir la temperatura de color cuando se atenúan las

20 condiciones de iluminación. Esto se puede lograr usando una tabla de consulta para intensidades seleccionadas, mediante una descripción matemática de la relación entre intensidad y temperatura de color, cualquier otro método conocido en la técnica, o cualquier combinación de métodos. El sistema de LEDs se puede programar para proporcionar virtualmente cualesquiera condiciones de iluminación.

25 El sistema de LEDs puede incluir un receptor para recibir señales, un transductor, un sensor u otro dispositivo para recibir información. El receptor podría ser cualquier receptor tal como, aunque sin limitación, un hilo, cable, red, receptor electromagnético, receptor IR, receptor RF, receptor de microondas o cualquier otro receptor. Se podría prever un dispositivo de mando a distancia para cambiar las condiciones de iluminación a distancia. También se puede recibir instrucciones de iluminación de una red. Por ejemplo, un edificio puede tener una red donde información se transmite

30 mediante un sistema inalámbrico y la red podría controlar las condiciones de iluminación de todo el edificio. Esto se podría realizar desde un lugar remoto así como in situ. Esto puede proporcionar mayor seguridad al edificio o ahorros de energía o conveniencia.

El sistema de iluminación de LEDs también puede incluir óptica para realizar condiciones de iluminación distribuidas uniformemente del dispositivo de iluminación fluorescente. La óptica se puede unir al sistema de LEDs o estar asociada con el sistema.

35 El sistema tiene aplicaciones en entornos donde las variaciones de la iluminación disponible pueden afectar a las opciones estéticas.

En una realización ejemplar, el dispositivo de iluminación se puede usar en una realización de venta al por menor para vender pintura u otros artículos sensibles al color. Una muestra de pintura se puede ver en un almacén minorista en las mismas condiciones de iluminación que habrá donde se use la pintura en último término. Por ejemplo, el dispositivo de

40 iluminación se puede ajustar para iluminación exterior, o se puede sintonizar más finamente para condiciones soleadas, condiciones nubladas, o análogos. El dispositivo de iluminación también se puede ajustar para formas diferentes de iluminación interior, tal como iluminación halógena, fluorescente o incandescente. En otra realización, se puede llevar un sensor portátil (como se ha explicado anteriormente) a un lugar donde se ha de aplicar la pintura, y el espectro de luz se puede analizar y grabar. El dispositivo de iluminación puede reproducir posteriormente el mismo espectro de luz,

45 de manera que la pintura se pueda ver en las mismas condiciones de iluminación presentes en el lugar donde la pintura se ha de utilizar. El dispositivo de iluminación se puede utilizar igualmente para decisiones sobre ropa, donde el aspecto de un tipo particular y color de tejido puede estar fuertemente influenciado por las condiciones de iluminación. Por ejemplo, un vestido de boda (y la novia) se pueden ver en las condiciones de iluminación que se espera que haya en la ceremonia de la boda, para evitar sorpresas desagradables. El dispositivo de iluminación también se puede utilizar en

50 cualquiera de las aplicaciones, o en unión con cualquiera de los sistemas o métodos explicados en otro lugar en esta descripción.

En otra realización ejemplar, el dispositivo de iluminación se puede usar para reproducir con precisión efectos visuales. En algunas artes visuales, tal como fotografía, cinematografía, o teatro, el maquillaje se aplica típicamente en un

55 vestuario o sala, donde la iluminación puede ser diferente de la del escenario u otro lugar. El dispositivo de iluminación se puede utilizar así para reproducir la iluminación que se espera que haya donde se tomen las fotografías, o se lleve a cabo la actuación, de manera que se pueda elegir un maquillaje adecuado para resultados predecibles. Como con las aplicaciones de venta al por menor anteriores, se puede usar un sensor para medir las condiciones de iluminación reales de manera que las condiciones de iluminación se puedan reproducir durante aplicación del maquillaje.

En presentaciones de teatro o películas, la luz de color corresponde frecuentemente a los colores de filtros específicos que se pueden colocar en instrumentos de iluminación blanca para generar una sombra específica resultante. En general hay una gran selección de tales filtros en tonos específicos comercializados por compañías seleccionadas. Estos filtros se clasifican muchas veces por un espectro de la luz resultante, por clasificaciones numéricas de propiedad, y/o por nombres que dan una implicación de la luz resultante tal como "azul primario", "paja" o "chocolate". Estos filtros permitir la selección de un color de luz concreto reproducible, pero, al mismo tiempo, limitan al director a los colores de filtros disponibles. Además, la mezcla de los colores no es una ciencia exacta que puede dar lugar a ligeras variaciones en los colores cuando los dispositivos de iluminación se mueven, o incluso cambia la temperatura, durante una actuación o filmación. Así, en una realización se ha previsto un sistema para controlar la iluminación en un entorno teatral. En otra realización, se ha previsto un sistema para controlar la iluminación en cinematografía.

La amplia variedad de fuentes de luz disponibles crea problemas significativos para la producción de películas en particular. Las diferencias de iluminación entre escenas adyacentes pueden perturbar la continuidad de una película y crear efectos discordantes para el observador. Corregir la iluminación para superar estas diferencias puede ser una labor muy exigente, porque la iluminación disponible en un entorno no siempre está bajo el control completo del personal de filmación. La luz solar, por ejemplo, varía a temperatura de color durante el día, muy obviamente al amanecer y al anochecer, cuando abundan los amarillos y el rojo, disminuyendo la temperatura de color de la luz ambiente. La luz fluorescente no cae en general en la curva de temperatura de color, teniendo frecuentemente intensidad extra en regiones azul-verde del espectro, y se describen así por una temperatura de color correlacionada, que representa el punto en la curva de temperatura de color que mejor se aproxima a la luz incidente. Cada uno de estos problemas de iluminación se puede resolver usando los sistemas descritos anteriormente.

La disponibilidad de varios tipos diferentes de lámparas fluorescentes, proporcionando cada uno una temperatura de color diferente mediante la utilización de un fósforo particular, hace aún más complicada la predicción de la temperatura de color y ajuste. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión, usadas primariamente para el alumbrado de calles, producen una luz amarilla-naranja brillante que perturbará drásticamente el equilibrio de colores. A presiones internas aún mayores operan las lámparas de vapor de mercurio, usadas a veces para grandes zonas interiores, como gimnasios. Éstas pueden dar lugar a un tono verdoso-azul pronunciado en vídeo y películas. Así, se ha previsto un sistema para simular lámparas de vapor de mercurio, y un sistema para complementar fuentes de luz, tal como lámparas de vapor de mercurio, para producir un color resultante deseado. Estas realizaciones pueden tener uso en concreto en cinematografía.

Para intentar recrear todos estos tipos de iluminación, con frecuencia es necesario que el director o diseñador teatral ponga estos tipos específicos de luces en su diseño. Al mismo tiempo, la necesidad de usar estas luces puede desvirtuar la intención teatral del director. Las luces de un gimnasio que destellan rápidamente en una película de suspense es un efecto sorprendente, pero no se puede lograr naturalmente mediante lámparas de vapor de mercurio que tardan hasta cinco minutos en calentarse y producir la luz del color apropiado.

Otros campos visualmente sensibles dependen de la luz de una temperatura de color o espectro específicos. Por ejemplo, el personal de quirófanos y clínicas dentales precisan luz de color que resalte los contrastes entre diferentes tejidos, así como entre tejido sano y enfermo. Los doctores también se basan frecuentemente en trazadores o marcadores que reflejan, irradian o hacen fluorescer color de una longitud de onda o espectro específico que les permita detectar vasos sanguíneos u otras estructuras pequeñas. Pueden ver estas estructuras enfocando luz de la longitud de onda específica en la zona general donde están los trazadores, y ver la reflexión resultante o la fluorescencia de los trazadores. En muchos casos, diferentes procedimientos pueden beneficiarse de usar una temperatura de color o color particular de luz adaptado a las necesidades de cada procedimiento específico. Así, se facilita un sistema para la visualización de condiciones de formación de imágenes médicas, dentales u otras. En una realización, el sistema usa LEDs para producir un rango de luz controlado dentro de un espectro predeterminado.

Además, frecuentemente se desea alterar las condiciones de iluminación durante una actividad, un escenario deberá cambiar los colores cuando se supone que el sol sale, se puede producir un cambio de color para cambiar el color de un trazador fluorescente, o en una habitación el color se podría alterar lentamente para hacer que una visita se sienta más incómoda con la iluminación cuando se incrementa la longitud de su permanencia.

Los sistemas y métodos de iluminación pueden ser especialmente útiles en estas aplicaciones anteriores así como en otras aplicaciones como entenderán los expertos en la técnica.

Aunque la invención se ha descrito en conexión con las realizaciones mostradas y descritas con detalle, varios equivalentes, modificaciones, y mejoras serán evidentes a los expertos en la técnica de la descripción anterior. Se pretende que dichos equivalentes, modificaciones y mejoras queden abarcados por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de iluminación (300, 5000) para generar luz blanca, dicho dispositivo comprende:
 - 5 una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (320, 5007), incluyendo dicha pluralidad componentes de fuentes de iluminación dispuestas para producir radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes (1201, 1301), y
 - un montaje (5005) que soporta dicha pluralidad, estando dispuesto dicho montaje para permitir que dichos espectros de dicha pluralidad se mezclen y formen un espectro resultante (2201, 2203) que es continua entre 400 y 700 nanómetros; caracterizado porque dicha pluralidad de componentes de fuentes de iluminación se compone de sólo LEDs, los LEDs
 - 10 incluye un primer LED blanco incluyendo un fósforo, para producir un primer espectro (1201) de los al menos dos espectros diferentes y un segundo LED blanco, incluyendo un fosforo, para producir un segundo espectro (1301) de los al menos dos espectros diferentes ; y
 - el dispositivo de iluminación comprende además un procesador (316) sensible a los datos y configurado para controlar independientemente el primer LED blanco y un segundo LED blanco basado en los datos de tal manera que una
 - 15 intensidad del primer LED blanco y del segundo LED blanco se puede variar para variar de ese modo una temperatura de color del espectro resultante dentro de un rango pre seleccionado de temperaturas de color; donde la porción visible de dicho espectro resultante tiene intensidad mayor que el ruido de fondo en su valle espectral más bajo.
- 20 2. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde dicho espectro resultante (2201, 2203) tiene una intensidad en su valle espectral más bajo que es al menos 5% de su intensidad en su pico espectral máximo
3. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde dicho espectro resultante (2201, 2203) tiene una intensidad en su valle espectral más bajo que es al menos 10% de su intensidad en su pico espectral máximo.
4. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde dicho espectro resultante (2201, 2203) tiene una intensidad en su valle espectral más bajo que es al menos 25% de su intensidad en su pico espectral máximo.
5. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 4, donde dicho espectro resultante (2201, 2203) tiene una intensidad en su valle espectral más bajo que es al menos 50% de su intensidad en su pico espectral máximo.
6. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde dicho espectro resultante (2201, 2203) tiene una intensidad en su valle espectral más bajo que es al menos 75% de su intensidad en su pico espectral máximo.
- 30 7. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde el CRI del dispositivo de iluminación a 4800K es al menos 80.
8. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 7, donde el CRI del dispositivo de iluminación de 2300K es al menos 50.
9. Un dispositivo de iluminación (300, 5000) según la reivindicación 1, donde:
 - 35 cada uno de dichos primer y segundo espectros tiene un pico espectral máximo fuera de la región de 510 nm a 570 nm; y
 - el procesador (316) está dispuesto para controlar la operación de las componentes de fuentes de iluminación (320, 5007) para producir radiación electromagnética de al menos dos espectros electromagnéticos (1201, 1301), de tal manera que dicho espectro resultante sea continuo dentro de la respuesta fotópica del ojo humano.
 - 40
10. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 1, donde dicho rango de temperaturas de color se extiende desde aproximadamente 2300K a aproximadamente 4500K.
11. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 9, donde dichos al menos dos espectros diferentes (1201, 1301) comprenden exactamente dos espectros diferentes.
- 45 12. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 9, donde dichos al menos dos espectros diferentes (1201, 1301) comprenden exactamente tres espectros diferentes.
13. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 9, incluyen además un filtro (391) para efectuar el espectro de al menos una de dicha pluralidad.
- 50 14. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 13, donde dicho filtro (391) se selecciona para permitir que dicho dispositivo de iluminación (300, 5000) produzca un rango preseleccionado de color.

15. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 13, donde dicho filtro (391) se selecciona a partir de una pluralidad de filtros diferentes.
- 5 16. Un dispositivo de iluminación (320, 5007) según la reivindicación 1, donde cada una de dicha pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (320, 5007) está dispuesto para producir uno de tres espectros preseleccionados, teniendo cada uno de dichos espectros un pico espectral máximo fuera de la región delimitada por 530 nm y 570 nms, dando lugar la interferencia aditiva de dichos espectros a luz blanca.
17. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 16, donde al menos uno de dichos espectros preseleccionados tiene un pico espectral máximo de aproximadamente 450 nm.
- 10 18. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 16, donde al menos uno de dichos espectros preseleccionados tiene un pico espectral máximo de aproximadamente 592 nm.
19. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 16, donde dicho rango de temperatura de color se extiende desde aproximadamente 2300K a aproximadamente 4500K.
- 15 20. El dispositivo de iluminación (300, 5000) de la reivindicación 16, que además comprende medio de control que está dispuesto de manera que permitan seleccionar una temperatura de color particular dentro de dicho rango de temperaturas de color, estando dispuesto los medio de control para generar una señal que representa dicha temperatura de color; y dicho procesador (316) siendo capaz de recibir dicha señal de dicho medio de control y de controlar la intensidad de cada uno de dicha pluralidad de LEDs.
- 20 21. Un método para generar luz, que comprende los pasos de:
montar una pluralidad de componentes de fuentes de iluminación (320, 5007) que producen radiación electromagnética de al menos dos espectros diferentes (1201, 1301) de tal forma que mezclen los espectros, caracterizado por que dicha pluralidad de fuentes de iluminación (320, 5007) consta de sólo LEDs, donde un primer LED incluyendo fósforo emite una primera radiación y un segundo LED incluyendo fosforo emite una segunda radiación, la primera radiación tiene un primer espectro de los al menos dos espectros diferentes y esta segunda radiación tiene un segundo espectro de al menos dos espectros diferentes, siendo el segundo espectro diferente del primer espectro;
- 25 elegir dichos al menos dos espectros diferentes (1201, 1301) de tal manera que la mezcla de espectros forma un espectro resultante (2201, 2203) que tiene en su parte visible una intensidad en un valle espectral más bajo que es mayor que el ruido de fondo; y
ajustar las intensidades relativas de la primera LED blanco y el segundo LED blanco.
- 30 22. El método de la reivindicación 21, que comprende además los pasos de:
disponer un filtro (319) para desplazar la temperatura de color de al menos un componente de fuente de iluminación.
23. El método de la reivindicación 21, donde el segundo espectro incluye luz verde y roja.

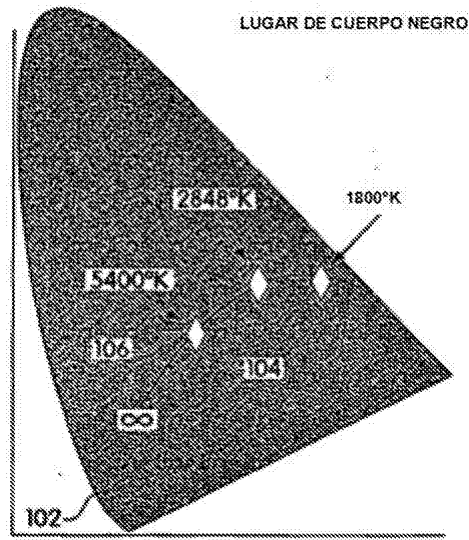


Fig. 1
(TÉCNICA ANTERIOR)

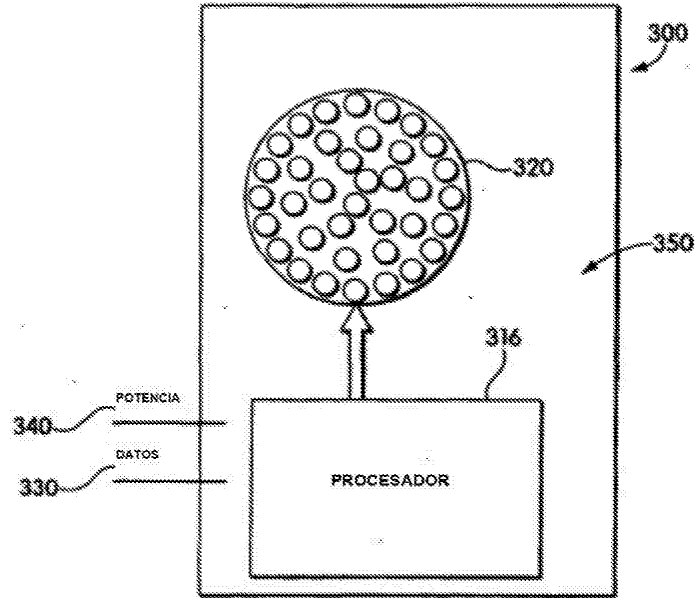


Fig. 2

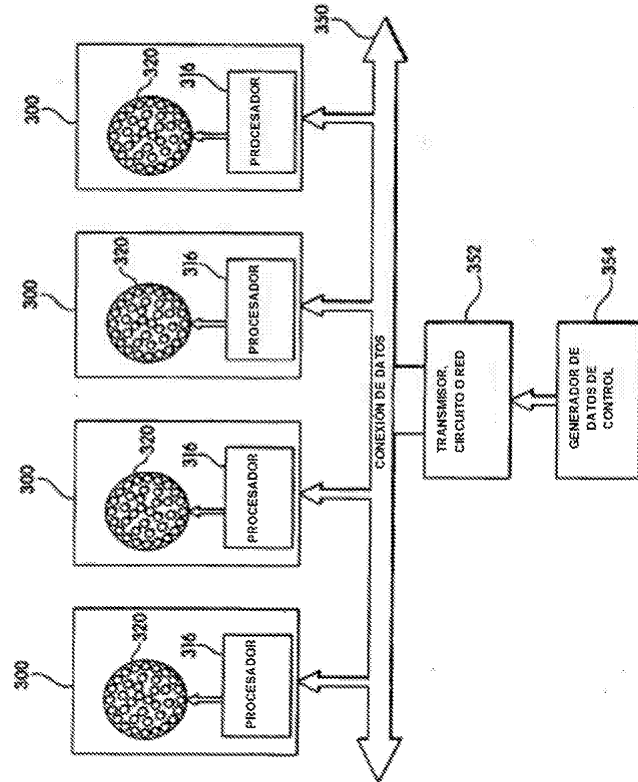
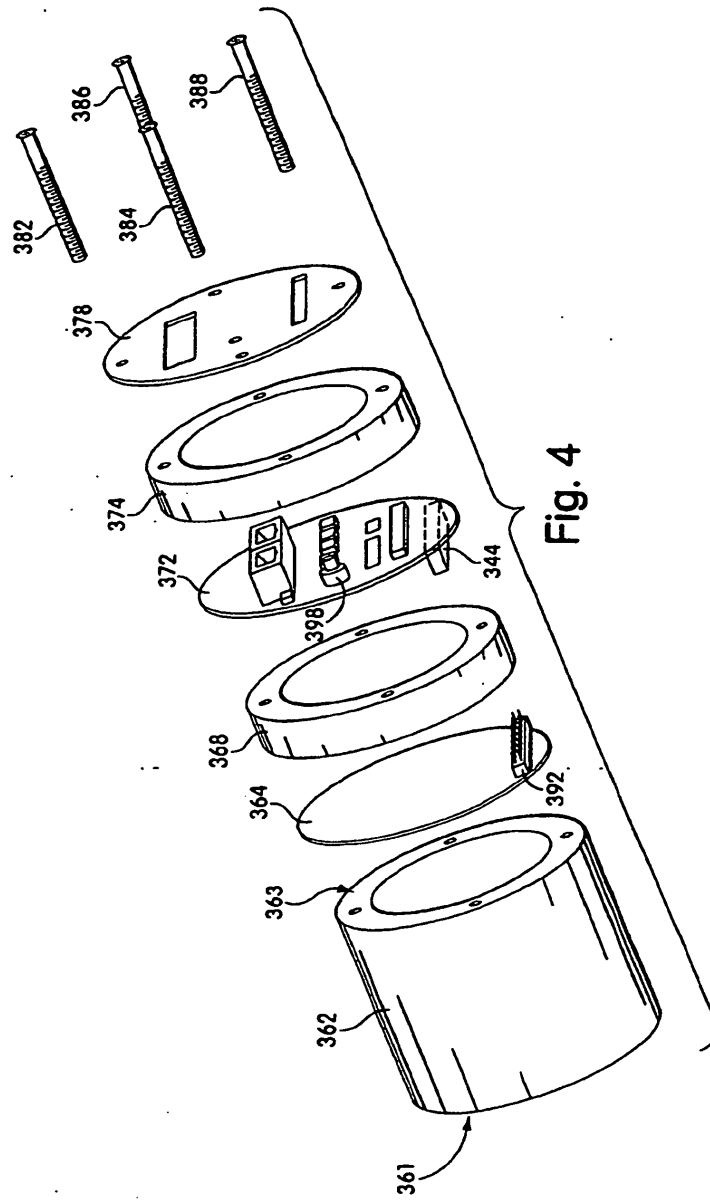


Fig. 3



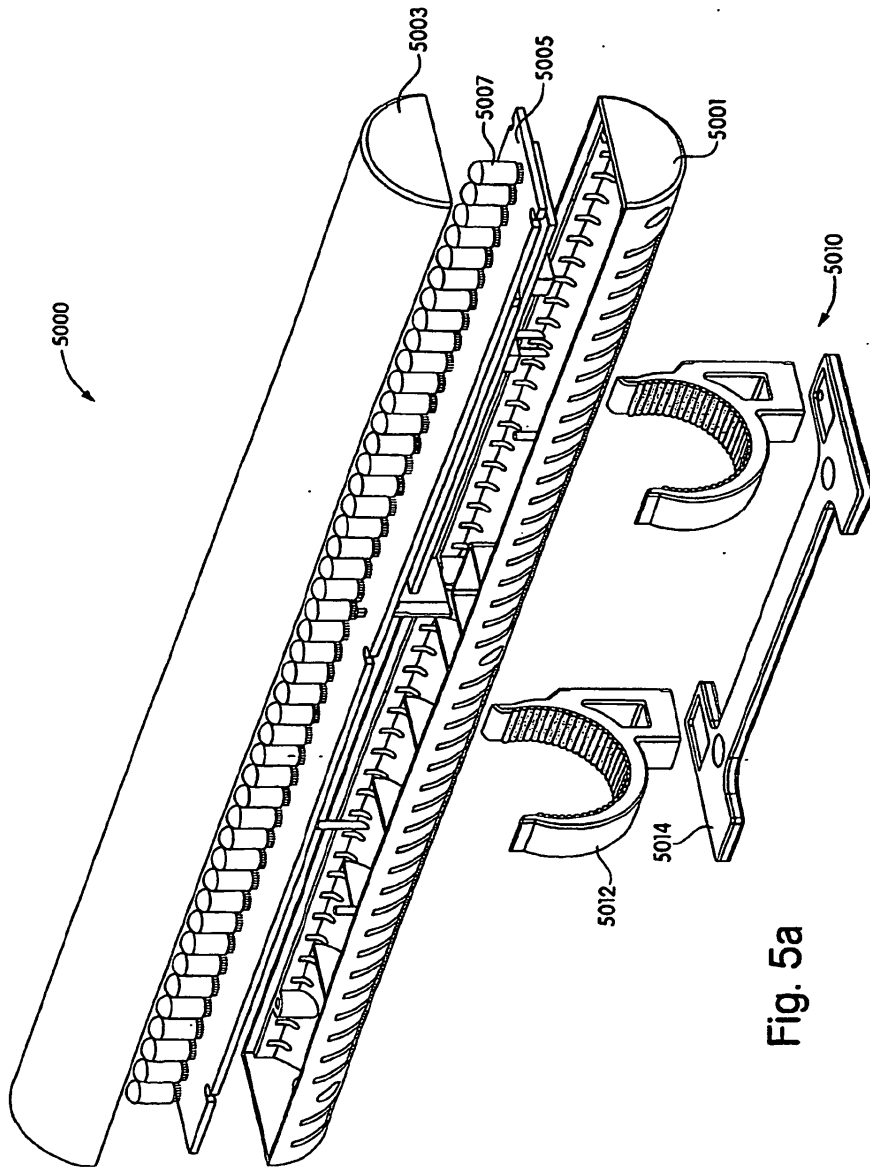


Fig. 5a

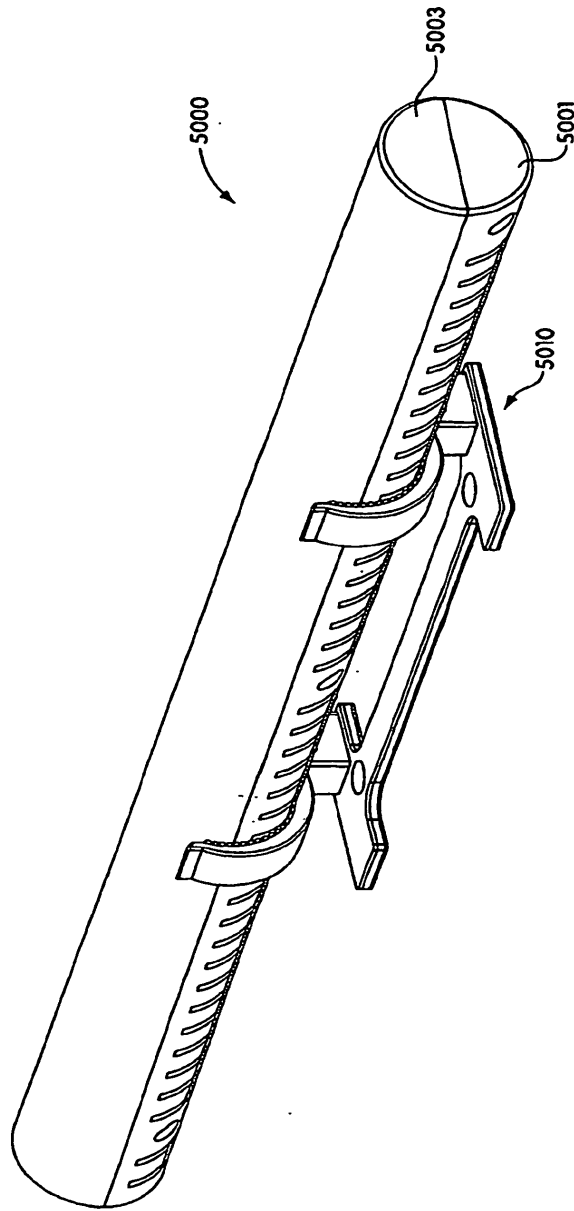


Fig. 5b

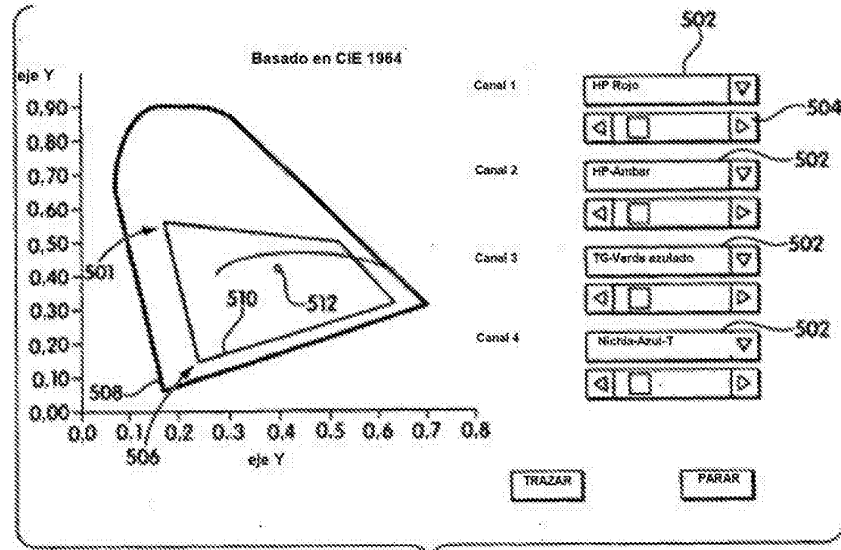


Fig. 6

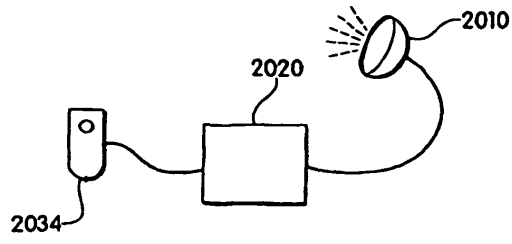


Fig. 7

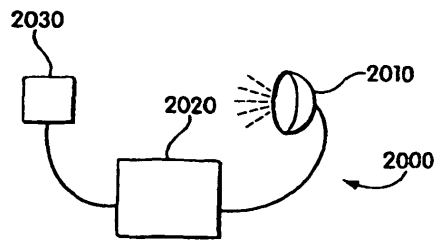


Fig. 8a

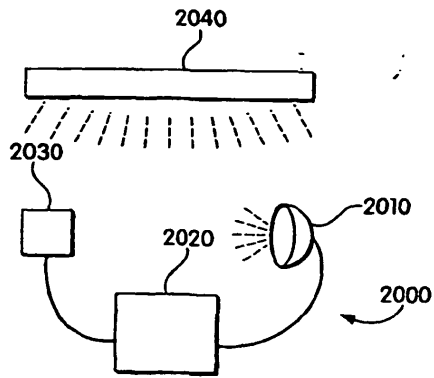


Fig. 8b

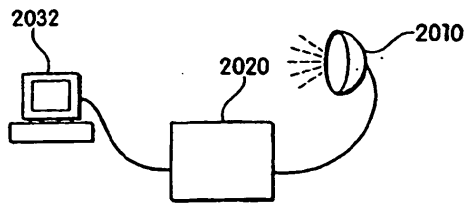


Fig. 9

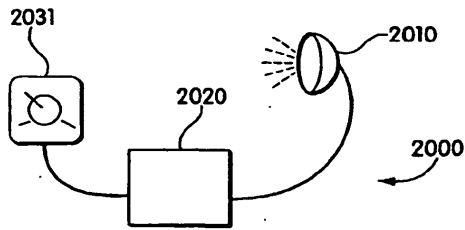


Fig. 10a

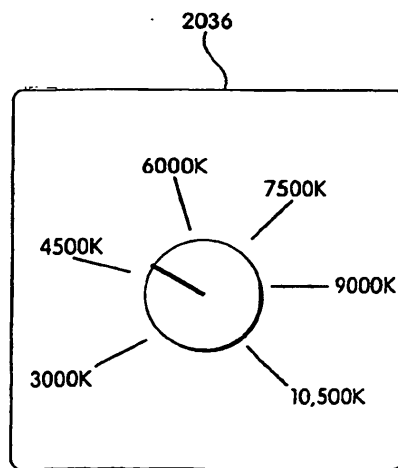


Fig. 10b

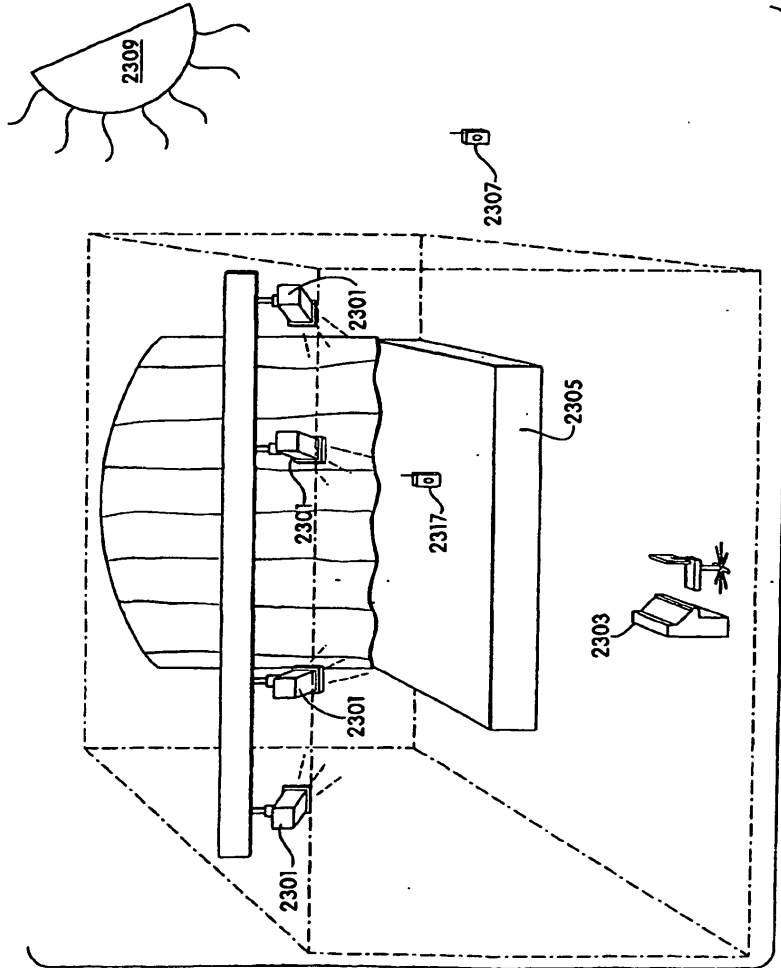


Fig. 11

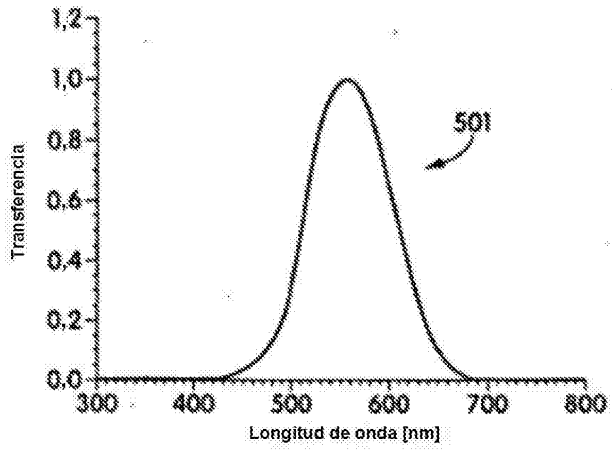


Fig. 12

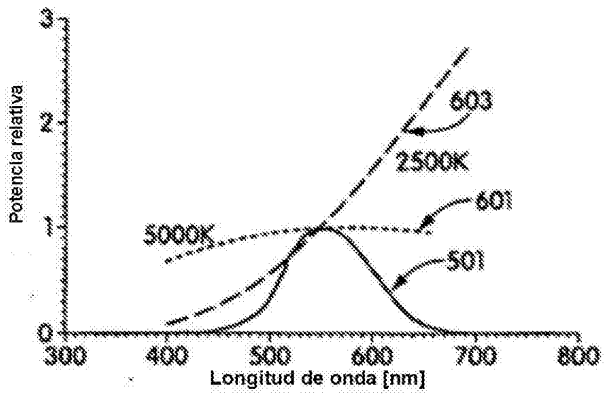


Fig. 13

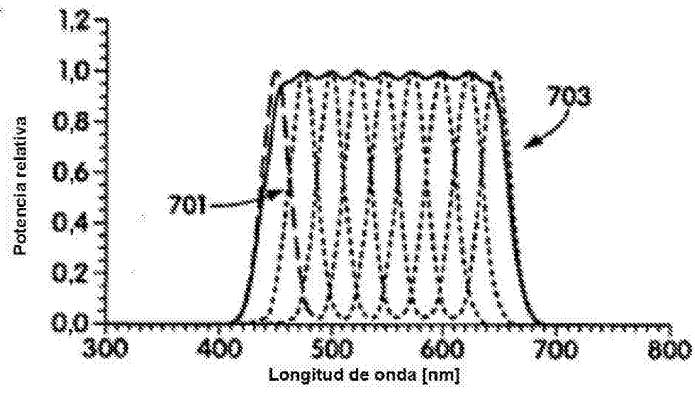


Fig. 14

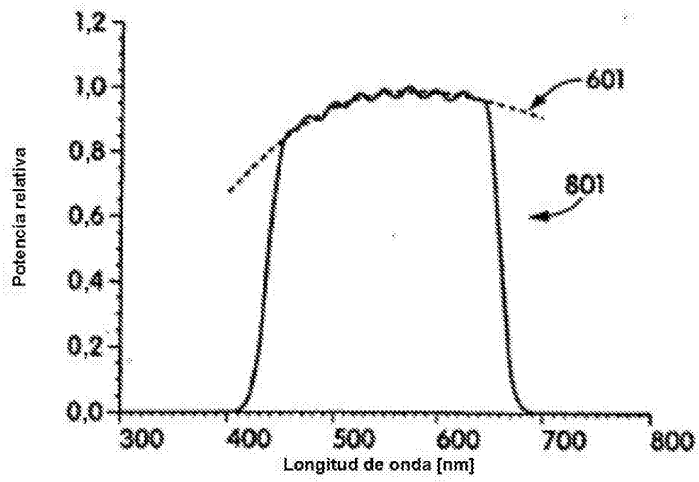


Fig. 15a

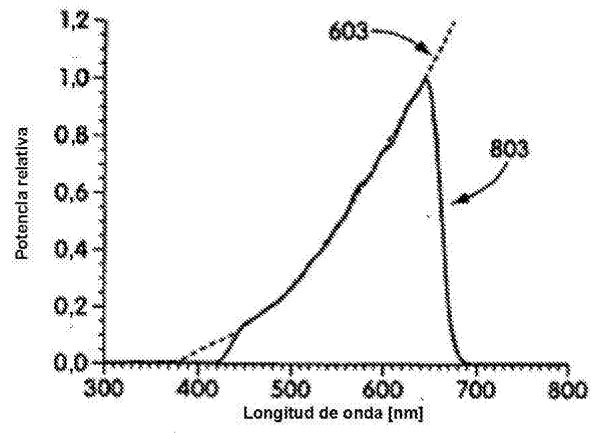


Fig. 15b

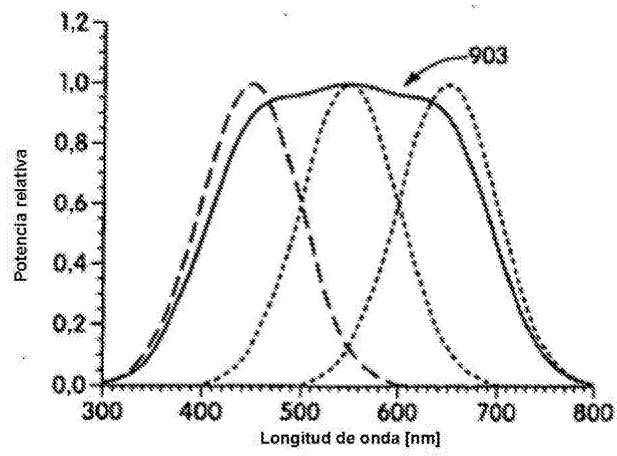


Fig. 16

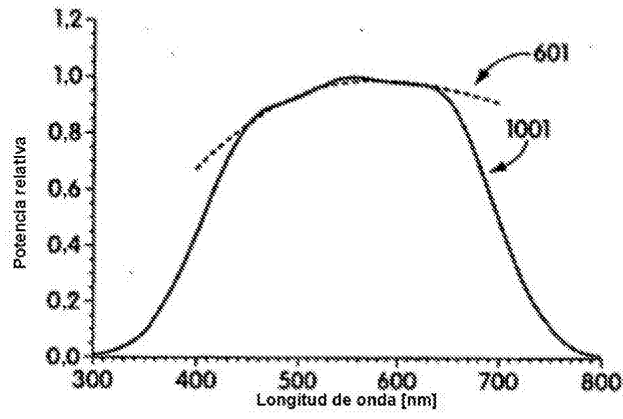


Fig. 17a

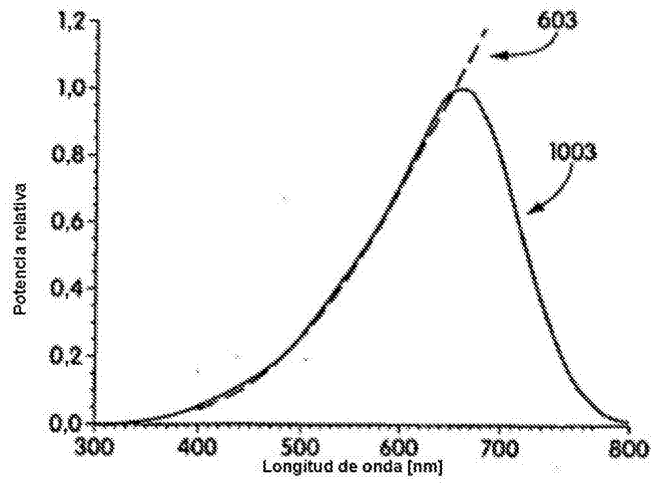


Fig. 17b

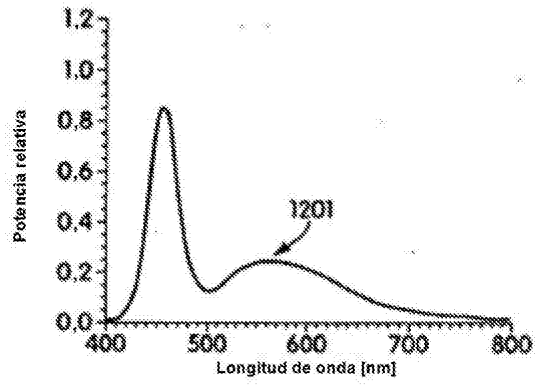


Fig. 18

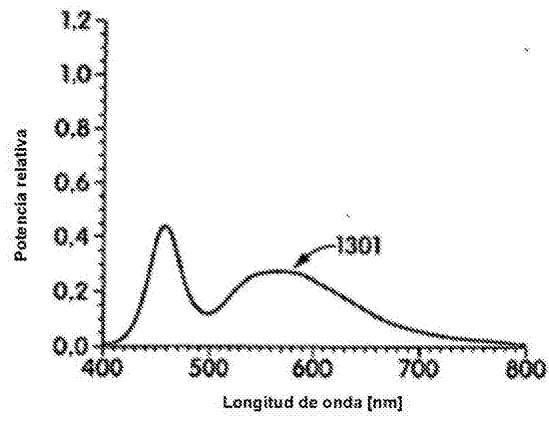


Fig. 19

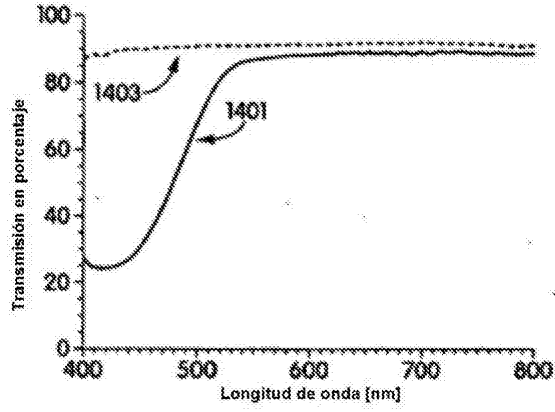


Fig. 20

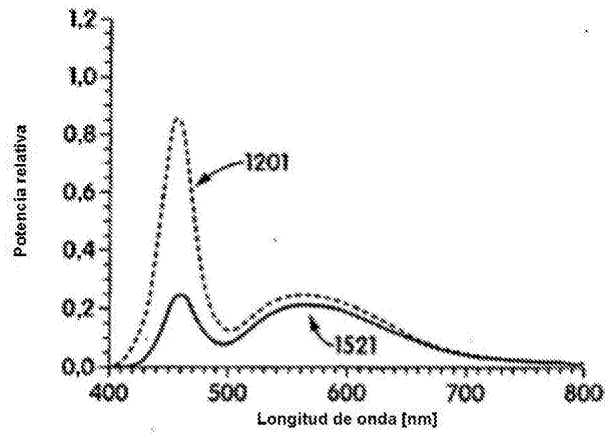


Fig. 21a

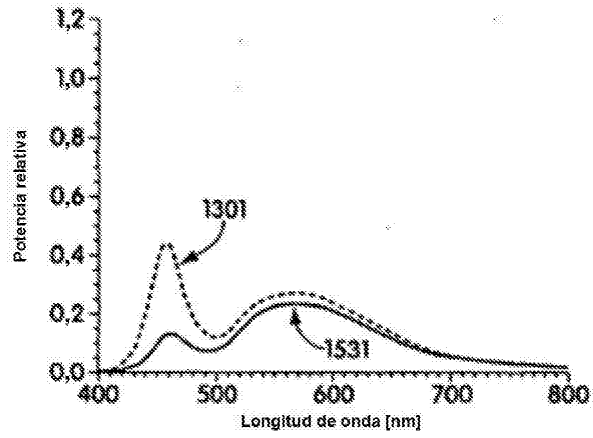


Fig. 21b

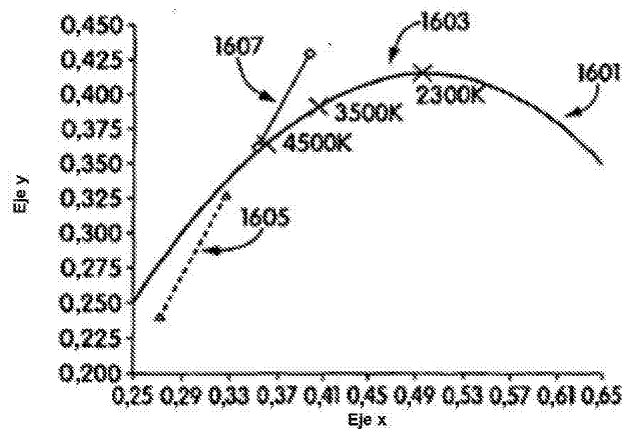


Fig. 22

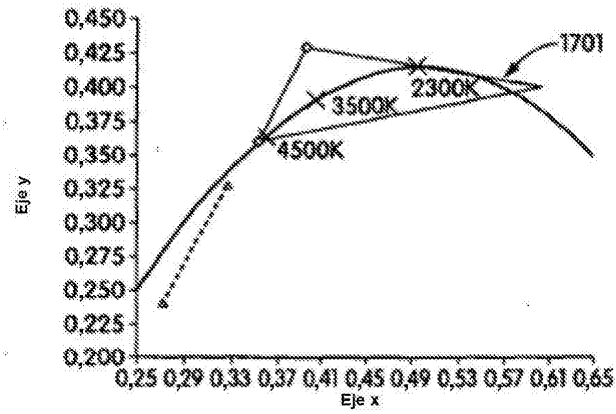


Fig. 23

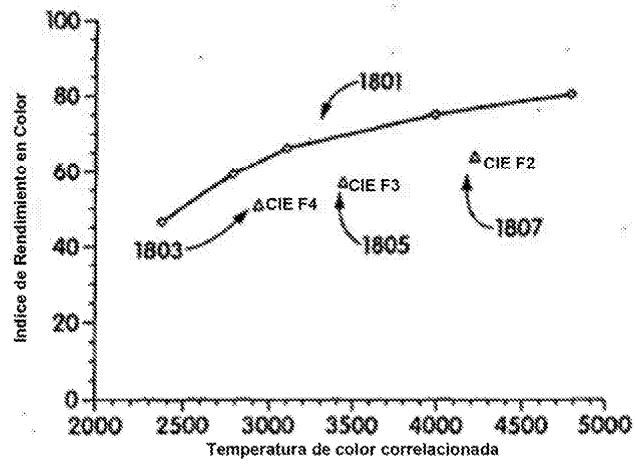


Fig. 24

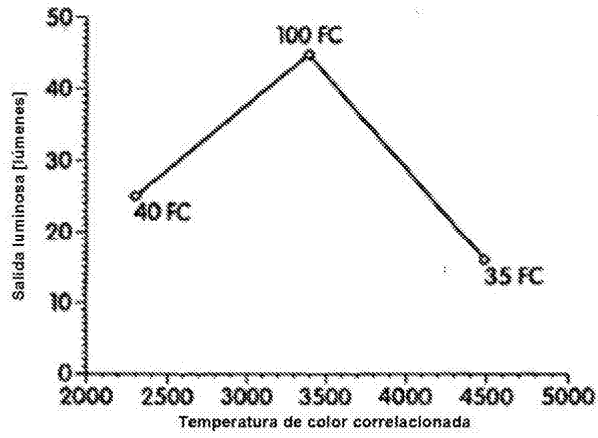


Fig. 25

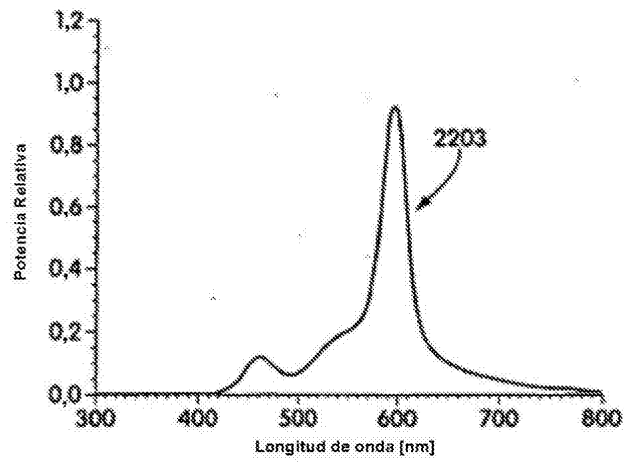


Fig. 26a

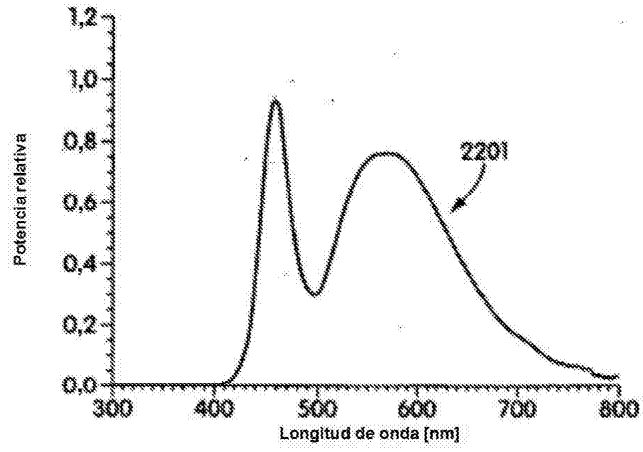


Fig. 26b

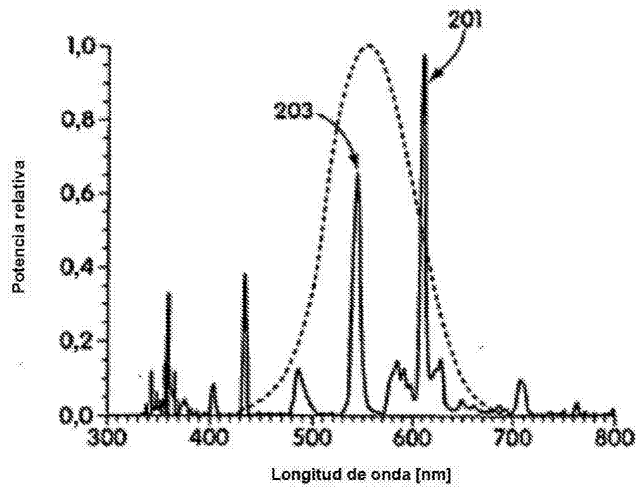


Fig. 27

(Técnica anterior)

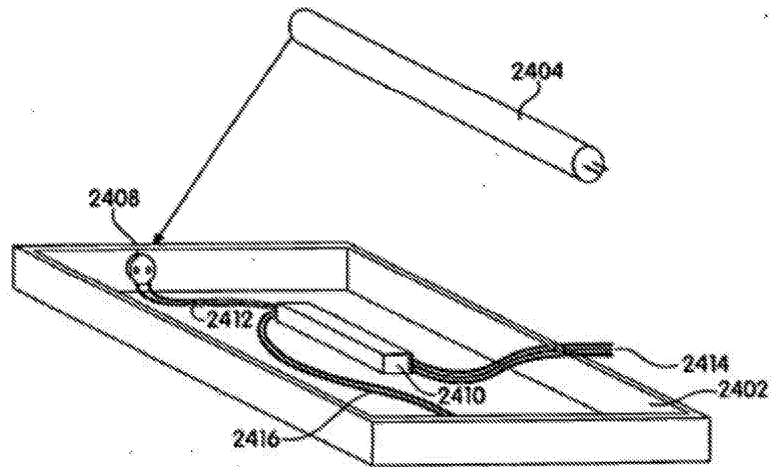
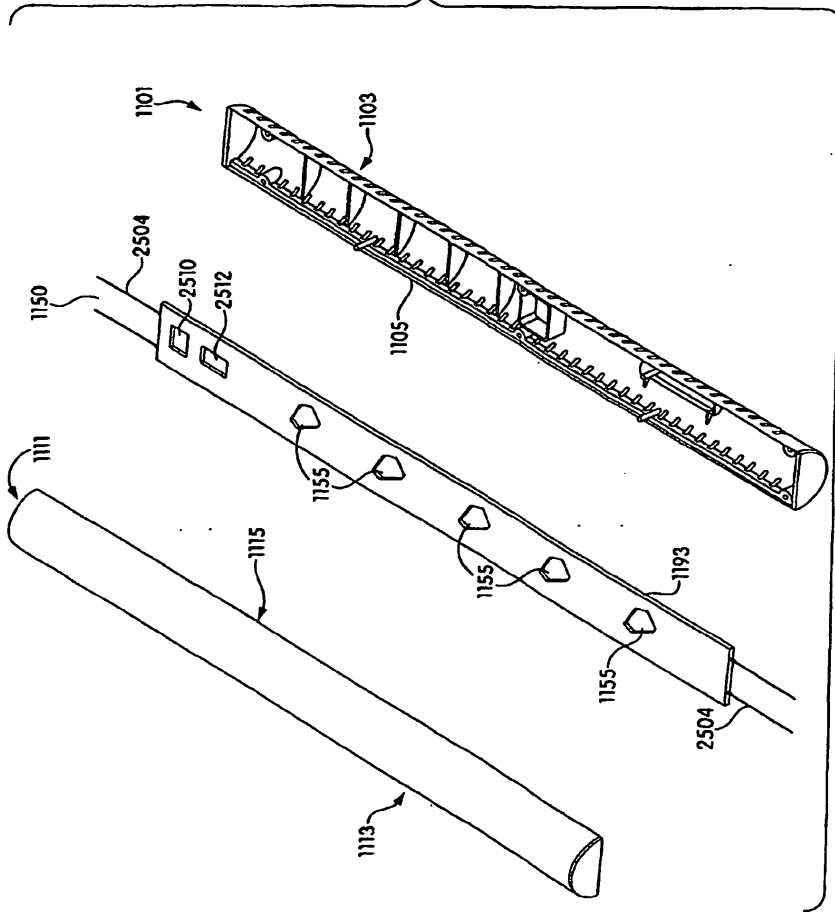


Fig. 28

(Técnica anterior)

Fig. 29



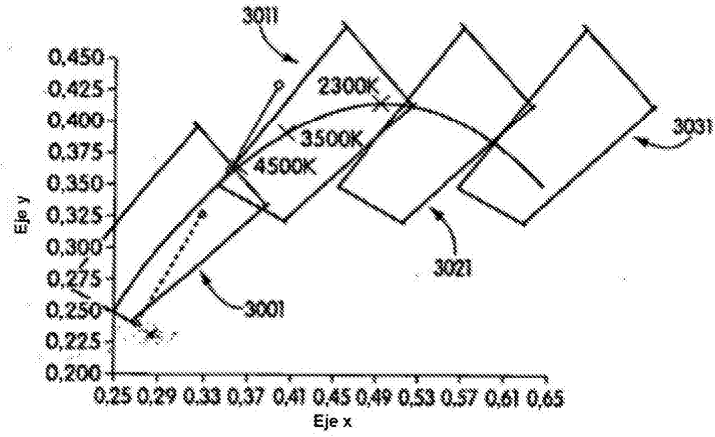


Fig. 30