

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 883 183**

51 Int. Cl.:

**H05B 45/20** (2010.01)

**H05B 45/22** (2010.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2015 PCT/EP2015/077785**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16096367**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2015 E 15802057 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.06.2021 EP 3235342**

54 Título: **Dispositivo de iluminación, sistema de iluminación y uso de los mismos**

30 Prioridad:

**16.12.2014 EP 14198292**

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

**07.12.2021**

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 48  
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**BAAIJENS, JOHANNES PETRUS WILHELMUS;  
WAGEMANS, WIEBE;  
VAN DER ZANDE, BIANCA MARIA IRMA;  
LENSSSEN, KARS-MICHIEL HUBERT;  
PEETERS, MARTINUS PETRUS JOSEPH y  
BROERSMA, RÉMY CYRILLE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 883 183 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de iluminación, sistema de iluminación y uso de los mismos

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo de iluminación para la emisión de luz con espectro ajustable. La invención se refiere además a un kit de partes, un sistema de iluminación que comprende tal dispositivo de iluminación y al uso tanto del dispositivo de iluminación como del sistema de iluminación.

10

Antecedentes de la invención

La luz es una parte fundamental de la vida y nos afecta de diversas formas: visual, psicológica y biológicamente. El efecto más obvio de la luz en los seres humanos es permitir la visión: el 83% de la información que recibimos del mundo llega a través de nuestros ojos. En las últimas décadas se ha aprendido mucho sobre los efectos biológicos o no formadores de imágenes de la luz, por ejemplo, se identificó un nuevo fotorreceptor que reside dentro de un tipo de célula en la retina del ojo. Se llama melanopsina y regula los efectos biológicos de la luz. Cuando la luz ocular (luz percibida por los ojos) llega a estas células, se produce una reacción química compleja que produce impulsos eléctricos que se envían a través de vías nerviosas separadas a nuestro reloj biológico, los núcleos supraquiasmáticos (SCN). El SCN a su vez regula los ritmos circadianos (diarios) y circanuales (estacionales) de una gran variedad de procesos corporales, tal como el sueño, y algunas hormonas importantes, tales como la melatonina y el cortisol, esenciales para un patrón de actividad de reposo saludable. Se habla del sistema circadiano, que genera el ritmo circadiano de los procesos biológicos. El fotorreceptor es más sensible a la luz azul, en particular a la luz entre 440 y 490 nm con una sensibilidad máxima en un rango de longitud de onda de 470-480 nm. El reloj biológico controla nuestros biorritmos y, bajo condiciones naturales, la luz sincroniza nuestro reloj corporal interno con el ciclo de rotación luz oscuridad de 24 horas de la Tierra. Sin el ciclo regular de luz y oscuridad de 24 horas, nuestro reloj interno funcionaría de forma autónoma con su propio período, que varía de persona a persona. El período promedio en el hombre es de aproximadamente 24.2 horas, un poco más lento que el ciclo natural de luz y oscuridad. Sin reajustar por la luz, incluso esta pequeña discrepancia produciría períodos recurrentes durante los cuales la fisiología corporal (a través de, por ejemplo, melatonina, cortisol y temperatura corporal central) le diría al cuerpo que es tiempo de dormir durante el día y estar despierto por la noche. Esta situación se puede comparar con el desfase de horario durante los viajes transmeridionales y se asocia con efectos negativos tales como fatiga, dolor de cabeza y disminución del estado de alerta y el bienestar.

Actualmente, las personas pasan cada vez más tiempo en interiores, es decir, aproximadamente el 80% de su tiempo. Como consecuencia, experimentan mucho menos la luz del día para reiniciar su reloj biológico. La investigación muestra estos efectos, especialmente en personas hospitalizadas y personas mayores en residencias de ancianos. Sin embargo, también se mencionan más y más oficinas para los países del hemisferio norte, ya que especialmente en invierno los empleados de oficina apenas ven la luz del día. Para compensar la luz del día, las soluciones de iluminación con un componente biológico mejorado o simplemente con niveles de intensidad más altos podrían restablecer el ritmo corporal, como se demostró en estudios de laboratorio y de campo. Por lo tanto, los seres humanos que viven principalmente en interiores necesitan una luz de trabajo blanca y agradable que ofrezca exposición a suficiente luz azul también para regular los procesos de secreción hormonal y biorritmo.

Sin embargo, tanto en interiores como en exteriores, un problema general para la exposición de los seres humanos a dosis más altas de luz azul es un riesgo de daño de la retina en los ojos humanos. Este efecto se denomina "riesgo de peligro azul". Por ejemplo, en un día soleado de verano, las personas estarán expuestas a este peligro de luz azul y múltiples estudios, tal como el estudio de Beaver Dam, demuestran que la exposición a mucho brillo solar es una de las causas para desarrollar enfermedades de la retina, la degeneración de la mácula que termina en ceguera. Las personas en riesgo son personas mayores que presentan signos de daño retiniano y niños muy pequeños (hasta los 10 años) ya que aún no han desarrollado el mecanismo de protección interna, siendo una lente que filtra la luz azul. En exteriores, la medida general para limitar el riesgo de peligro azul es que los humanos usen gafas de sol. En el interior, una medida conocida de la técnica anterior para limitar el riesgo de peligro azul es el uso de un dispositivo de iluminación que pueda atenuarse.

Se conoce una luz de trabajo para emitir luz con espectro ajustable por el documento US20120176767A1. La fuente de luz conocida comprende una pluralidad de dispositivos emisores de luz (LED). La salida combinada de los diversos LED hace que la fuente de luz tenga un espectro de emisión de blanco con una intensidad y tono o cromaticidad que ofrece comodidad visual a las personas. El espectro de emisión emitido por la luz de trabajo conocida es regulable en brillo y ajustable en color para mejorar la agudeza visual y mejorar la comodidad de la iluminación para los ojos de un ser humano.

Sin embargo, el dispositivo de iluminación conocido tiene la desventaja de que la reducción del riesgo de peligro azul es relativamente pobre porque la luz de trabajo conocida está dirigida a la comodidad de los ojos y la mejora de la agudeza visual, pero no tiene como objetivo la reducción del riesgo de peligro azul.

El documento US2014306620A1 divulga una lámpara LED sintonizable para producir luz ajustada biológicamente relacionada con el control de la supresión de melatonina.

#### Resumen de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un dispositivo de iluminación que comprende una fuente de luz del tipo definido en la reivindicación 1.

Un elemento de iluminación típico a controlar es al menos uno de un elemento de iluminación azul atenuable, un elemento de iluminación azul conmutable y un filtro de luz azul sintonizable. Preferiblemente, el elemento de iluminación es un elemento de iluminación regulable de la fuente de luz y/o un elemento de iluminación conmutable de la fuente de luz. El elemento de iluminación comprende entonces preferiblemente un primer elemento de iluminación que emite luz que tiene un primer pico de emisión máximo en un rango de longitud de onda de 460-490 nm durante la operación, y un segundo elemento de iluminación que emite luz que tiene un segundo pico de emisión máximo en un rango de longitud de onda de 430-460 nm durante la operación. La unidad de control para controlar los elementos emisores de luz puede ser, por ejemplo, un conmutador, una perilla de potencia, una unidad de modulación de ancho de pulso (PWM), una unidad de modulación de amplitud (AM), una unidad de control de corriente. Las formas de controlar el filtro pueden ser a través de una fuente de voltaje variable, desplazamiento transversal de un filtro de espesor variable o concentración de dope transversal a la dirección de propagación de la luz emitida por la fuente de luz que pasa a través de dicho filtro.

El dispositivo de iluminación se caracteriza además porque la CCT del espectro de emisión de blanco no se ve afectado o, en otras palabras, no está relacionado causalmente con la sintonización de la relación entre el primer y el segundo pico de emisión. Para lograr este efecto, el sensor del dispositivo de iluminación mide la composición espectral del espectro inicial y calcula a partir de eso la CCT. Posteriormente, el espectro del espectro de luz de seguimiento se adapta en intensidad de emisión en los rangos de longitud de onda más largos, es decir, la parte verde a roja del espectro, para compensar y/o revertir el efecto en y/o el desplazamiento de la CCT causado por la diferencia en el segundo pico de emisión entre el espectro inicial y el de seguimiento. Es apreciado por los usuarios si uno quiere o necesita conmutar de una iluminación eficiente en energía a una iluminación más segura y saludable para limitar el riesgo de peligro azul, y dicha conmutación implica una relación diferente entre el primer y el segundo pico de emisión, sin que cambie la CCT del espectro de emisión. En particular, esto se aprecia si hay dos personas en la misma habitación que, cuando dicha conmutación se realiza en nombre de la primera persona, dicha conmutación no es percibida por la segunda persona porque la CCT permanece constante.

Las lámparas LED blancas actuales, tal como la luz de trabajo conocida, suelen utilizar un LED de bomba azul con una longitud de onda máxima de 450 nm que se convierte mediante un fósforo en luz blanca. Esta elección se ha hecho para tener la mayor eficiencia de la luz blanca, que es una propiedad clave del producto para muchos clientes. Un dispositivo de iluminación conocido de este tipo tiene dos inconvenientes importantes, porque el pico de LED azul a una longitud de onda de 450 nm tiene:

- superposición significativa con el intervalo de longitud de onda 415nm-455nm, en el que el ojo humano es sensible al daño, es decir, dicho riesgo de peligro azul;
- contenido de energía no maximizado en el rango de longitud de onda de 450-500 nm, cuyo rango de longitud de onda es responsable de la estimulación biológica de los seres humanos, cuya sensibilidad alcanza un máximo de aproximadamente 475 nm.

Esta invención describe el uso de un dispositivo de iluminación con un espectro sintonizable/ajutable que se puede usar en los extremos de un primer estado de operación de iluminación de eficiencia energética con un pico azul en el segundo rango de longitud de onda de 430-460nm, pero con riesgo de peligro azul, o de un segundo estado de operación de iluminación menos eficiente pero seguro y saludable con un estimulante biológico que tiene un pico azul en el primer rango de longitud de onda de 460-490 nm. De los experimentos se desprende que un dispositivo de iluminación que tiene, por ejemplo, un LED azul con una longitud de onda máxima en el primer rango de longitud de onda de 460-490 nm, reduce el riesgo de peligro azul en un 30% y aumenta el estímulo biológico en un 20%. Sin embargo, crea una pérdida de eficiencia energética del 20% en comparación con el dispositivo de iluminación con un LED azul que tiene un pico de emisión en el segundo rango de longitud de onda de 430-460 nm.

Para lograr una distinción aún más destacada entre los dos estados de operación extremos, una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque el primer pico de emisión está en un rango de longitud de onda de 465-475 nm, y el segundo pico de emisión está en rango de longitud de onda de 445-455 nm, por ejemplo, un pico de emisión a aproximadamente 475 nm en el segundo estado de operación, y un pico de emisión a aproximadamente 450 nm en el primer estado de operación. Los cálculos con la curva de sensibilidad de ajuste de Essilor para diversos valores de CCT, realizados sobre el riesgo de peligro relativo de daño ocular debido a la radiación azul al comparar el daño de una bomba de led azul de 475 nm y una bomba de led azul de 450 nm, revelaron que se obtiene una reducción del 29% a 2700K a una reducción del 34% a 6500 K de daño por radiación.

Para permitir la selección entre el primer estado de operación y el segundo estado de operación, el dispositivo de iluminación puede, por ejemplo, controlarse mediante:

- Una interfaz de usuario (=UI), por ejemplo, un teléfono inteligente, un ordenador portátil, una tableta o un control remoto o montado en la pared, en el que el usuario puede seleccionar entre "luz energéticamente eficiente" y "luz saludable";
  - Un sistema de iluminación que selecciona entre "luz energéticamente eficiente" y "luz saludable", con base en la entrada del sensor y/o reloj:
- El sensor puede ser detección de presencia, velocidad de detección de movimiento de multitudes humanas y detección de tiempo de residencia de humanos.
  - El reloj puede distinguir entre las horas diurnas y nocturnas.

La selección se puede realizar entre dos estados de operación, por ejemplo fijos, "luz energéticamente eficiente" y "luz saludable". Un sistema de iluminación de este tipo, generalmente con luz blanca, tiene dos configuraciones fijas:

- Configuración 1: contribución relativamente alta de luz azul entre 460 y 490 nm, en comparación con la luz azul entre 430 y 460 nm;
- Configuración 2: Contribución relativamente baja de luz azul entre 460 y 490 nm, en comparación con la luz azul entre 430 y 460 nm.

El sistema puede conmutar entre la configuración 1 y 2 para diferentes situaciones, por ejemplo:

- Cambiar entre 1 y 2 en función de la hora del día para ayudar a mantener el ritmo circadiano;
- Conmutar de 1 a 2 cuando regule la intensidad de la luz o disminuya la CCT, ya que los colores más cálidos y los niveles de luz más bajos se utilizan generalmente cuando se necesita menos energizante;
- Conmutar de 2 a 1 al aumentar una entrada de control de UI etiquetada como energizante;
- Conmutar de 2 a 1 al activar una entrada de control de UI que está etiquetada para mejorar la comodidad de los ojos, por ejemplo, la percepción de una visión más aguda.
- Conmutar de 2 a 1 si se necesitan mayores ahorros de energía.

Ejemplos de situaciones en las que un sistema de iluminación con dos estados de operación fijos o configurable continuo entre dichos dos estados de operación es significativo son:

- Cuando las personas son hospitalizadas, por ejemplo, hospitales u residencias de ancianos, el sistema puede conmutar de luz óptima energéticamente eficiente a luz para estimulante biológico por la mañana y al final de la tarde para restablecer su reloj biológico para un buen ritmo de vigilia-sueño, un sueño profundo y un patrón de actividad diaria más alto sin comprometer el confort visual de los residentes. De esta manera se apoyará el proceso de recuperación de las personas hospitalizadas mientras que el residente de la residencia de ancianos estará vitalizado, o en el caso de los pacientes con Alzheimer también se pueden reivindicar los beneficios de la reducción del deterioro cognitivo, menos agresión y mejor sueño. Por lo tanto, una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la fuente de luz es sintonizable en intensidad de luz y que al regular y/o disminuir la CCT, la relación entre el primer y segundo pico de emisión disminuye.
- Cuando las personas se quedan más tiempo con la misma iluminación, por ejemplo, durante el trabajo de oficina y las reuniones diurnas en hoteles, el sistema puede conmutar después de un cierto tiempo de residencia del usuario de "luz energéticamente eficiente" a "luz saludable". Por ejemplo, si el tiempo de residencia excede las 2 horas, el sistema conmutará automáticamente a la "luz saludable" durante las próximas 2-3 horas. De esta manera se logra un equilibrio entre la luz energéticamente eficiente y la luz saludable como estimulante biológico. En las habitaciones de reuniones de hostelería, donde las personas permanecen habitualmente todo el día, esto se puede utilizar de forma óptima e intuitiva con los beneficios de una atención y vitalidad prolongadas.
- En áreas interiores donde durante el día hay mucha más gente presente, y en el caso de que un espacio necesite estar iluminado durante la ausencia o con pocas personas, como en una tienda o en una oficina después de las 6 de la tarde, el espectro puede conmutar del modo de "luz saludable" al modo de "eficiencia energética". Además, durante la tarde o la noche, cuando determinadas áreas no están ocupadas por humanos, se puede utilizar el ajuste "luz energéticamente eficiente", para permitir que el espacio se ilumine por razones de seguridad (luz antirrobo).
- En el transporte público, cuando las personas se mueven rápidamente por los pasillos y las áreas de espera, se puede utilizar la "luz de eficiencia energética". Sin embargo, cuando hay mucha gente y las personas tienen que esperar más tiempo en la misma posición, se puede utilizar la "luz saludable".
- En los aviones, la calidad de la luz se puede configurar en función del tiempo de vuelo del avión: en vuelos más cortos se puede utilizar la "luz de eficiencia energética" mientras que en vuelos más largos se puede utilizar "luz saludable".

Los usuarios pueden llevar un dispositivo personal que comunique su presencia en el espacio al sistema de iluminación, por ejemplo, a través de comunicación RF, para que el sistema de iluminación conozca fácilmente sus tiempos de residencia. También se pueden utilizar imágenes de video para identificar a los usuarios y medir sus tiempos de residencia.

El dispositivo de iluminación de expresión comprende dispositivos como reflector, luz de acento y luz de trabajo. En este sentido se entiende por "luz de trabajo" un dispositivo de iluminación que tiene como finalidad principal iluminar un área o espacio para que las personas trabajen, recuperen, descansen y/o lean, por ejemplo, una luminaria para la iluminación de una habitación o espacio en una oficina, hospital, residencia de ancianos, centro psiquiátrico, restaurante, biblioteca, centro de estudio, en casa o en un espacio exterior como estacionamiento, terraza o valla publicitaria.

La expresión "luz blanca" se refiere a la cromaticidad de una fuente de luz particular o al "punto de color" de la fuente de luz. Para una fuente de luz blanca, la cromaticidad puede denominarse "punto blanco" de la fuente. El punto blanco de una fuente de luz blanca puede caer a lo largo de un locus de puntos de cromaticidad correspondientes al color de la luz emitida por un radiador de cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Por consiguiente, un punto blanco puede identificarse mediante una temperatura de color correlacionada (CCT) de la fuente de luz, que es la temperatura a la que el radiador de cuerpo negro calentado coincide con el color o tono de la fuente de luz blanca. La luz blanca normalmente tiene una CCT de entre 2500 y 20000K. La expresión luz blanca para iluminación general especialmente está generalmente en el rango de aproximadamente 2700 K y 6500 K, y para fines de retroiluminación, especialmente en el rango de aproximadamente 7000 K y 20000 K, y especialmente dentro de aproximadamente 15 SDCM (desviación estándar de coincidencia de color) desde el BBL (locus del cuerpo negro), especialmente dentro de aproximadamente 10 SDCM desde el BBL, incluso más especialmente dentro de aproximadamente 5 SDCM desde el BBL. La luz blanca con una CCT de aproximadamente 4000K tiene un color blanco neutro. La luz blanca con una CCT de aproximadamente 8000 K o más es de color más azulado y puede denominarse "blanco frío" o "blanco nítido". El "blanco cálido" se puede utilizar para describir la luz blanca con una CCT de entre 2500 K y 3000 K, que es de color más rojizo.

La expresión "pico de emisión" significa un máximo local en la longitud de onda de emisión que es al menos el doble de la intensidad en el número de fotones de la emisión de longitudes de onda de emisión cercana/adyacente.

Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque la fuente de luz es sintonizable en intensidad de luz (regulable). En aplicaciones donde se requiere un estimulante biológico, por ejemplo en hospitales o residencias de ancianos, se usa una curva dinámica que incluye una alta intensidad/alta temperatura de color. Esto puede provocar malestar visual e incluso migraña, tensión visual e insatisfacción. Al reducir el contraste de luminancia como resultado de una menor intensidad pero manteniendo la respuesta biológica, el confort visual, la estimulación biológica y el ahorro de energía se pueden tener en cuenta simultáneamente. La expresión "regulable" a este respecto significa que la intensidad o el brillo de la luz se puede controlar de forma continua o en al menos tres pasos, es decir, puede aumentarse o regularse gradualmente y finalmente apagarse/encenderse. En particular, los LED son adecuados para sintonizar al menos una de la intensidad o distribución espectral del espectro de emisión, ya que son fácilmente regulables y, en vista del número generalmente grande de LED para generar el espectro, la fracción de LED operativos activos se puede cambiar fácilmente. A este respecto, una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza porque el primer elemento de iluminación comprende un primer LED y porque el segundo elemento de iluminación comprende un segundo LED. En la mayoría de los casos, la luz de trabajo también comprende un LED emisor de luz verde, preferiblemente sintonizable/regulable, y un LED emisor de luz rojo anaranjado o rojo, preferiblemente sintonizable/regulable, como un tercero respectivamente como un cuarto elemento de iluminación, por ejemplo para obtener luz blanca con una CCT de 7000K o menos.

Una realización del dispositivo de iluminación se caracteriza además porque la supresión de melatonina del espectro de emisión blanca no se ve afectada o, en otras palabras, no está relacionada causalmente con la sintonización de la relación entre el primer y el segundo pico de emisión. Para lograr este efecto, para los espectros de emisión mutuamente sintonizados se cumple esencialmente el siguiente requisito:

$$I_1 * R_1 + I_2 * R_2 \approx \text{constante},$$

en donde

$I_1$  es la intensidad del espectro de emisión en el primer pico de emisión;  
 $R_1$  es la capacidad de respuesta a la melatonina en el primer pico de emisión;  
 $I_2$  es la intensidad del espectro de emisión en el segundo pico de emisión;  
 $R_2$  es la capacidad de respuesta de la melatonina en el segundo pico de emisión.

La función de peligro azul se extiende aproximadamente de 400 nm a 500 nm con una sensibilidad máxima a aproximadamente 435 nm. La función de respuesta del ritmo circadiano, que corresponde esencialmente a la curva de supresión de melatonina, se diferencia de la curva de respuesta de la función de peligro azul en que es más amplia,

es decir, se extiende mucho más allá de los 400 nm y 500 nm y en que tiene un máximo relativamente amplio en aproximadamente 465 nm. Las diferencias entre la función de peligro azul y las dos curvas de la función de supresión de melatonina permiten sintonizar el espectro de luz segura y más saludable a una luz más eficiente, manteniendo la supresión de melatonina esencialmente inalterada. El espectro de la bomba azul de 450 nm de eficiencia energética tiene una superposición prácticamente del 100% con la función de peligro azul, mientras que la superposición del espectro de la bomba azul de 470 nm de menor eficiencia energética con la función de peligro azul es significativamente menor. Por lo tanto, el espectro de la bomba azul de 470nm es más seguro y saludable que el espectro de la bomba azul de 450nm, pero menos eficiente energéticamente. Tanto la bomba azul de 450 nm como los espectros de la bomba azul de 470 nm muestran una superposición significativa y aproximadamente la misma con la función de respuesta del ritmo circadiano, y ambos espectros se pueden usar de manera efectiva para el control del ritmo circadiano, aunque el espectro de la bomba azul de 470 nm es ligeramente diferente a este respecto que el espectro de la bomba azul de 450 nm.

Como se discutió anteriormente, la luz de trabajo se puede caracterizar porque la relación se puede controlar por medio de un filtro de luz sintonizable, por lo tanto, sin necesariamente encender/apagar ninguno de los elementos de iluminación. El rango activo en el espectro visible para dicho filtro de luz sintonizable es preferiblemente para longitudes de onda  $\leq 500$  nm, pero especialmente eficazmente sintonizable para un rango de longitud de onda de  $\leq 460$  nm. Dado que un filtro de absorción provoca cierta pérdida de luz, el uso del filtro debe limitarse en la medida de lo posible a un rango de longitud de onda específico, es decir, en este caso en particular al rango de luz azul relacionado con el riesgo de peligro, es decir, en el rango de 430 -460 nm. Alternativamente, el filtro sintonizable es un filtro reflectante que bloquea la luz, lo que permite la reutilización de la luz bloqueada y reflejada, por lo que el filtro de reflexión es posiblemente más eficiente que un filtro de absorción. Una forma conveniente de controlar dicho filtro de luz sintonizable es eléctricamente. Las tecnologías adecuadas para tales filtros sintonizables eléctricamente incluyen:

- Electroforética o electrocinética en plano: en estas tecnologías, las partículas cargadas eléctricamente (suspendidas en un líquido) pueden moverse dentro y fuera de un área, cambiando así las propiedades ópticas. Si las partículas contienen material que bloquea la luz de longitudes de onda de 500 nm o menos, o incluso más eficazmente de 450 nm o menos, se obtiene el efecto de filtro deseado. Un material amarillo con tales propiedades podría ser "CI26 amarillo" con espectro de absorción descrito por la empresa Contamac:

<http://www.contamac.com/files/Contamac%20Blue%20Light%20Article.pdf>. Véase también  
<http://www.contamac.com/Products/Intraocular-Lenses/CI26.aspx>.

En general, las partículas electroópticamente activas podrían consistir en el material óptico y estar químicamente funcionalizadas para obtener una carga eléctrica o las partículas pueden consistir en una matriz (o cubierta) que contenga el material óptico. En el último caso, el material óptico también podría ser un tinte. A menos que se desee la difusión de la luz, generalmente es preferible evitar la retrodispersión; esto se puede lograr usando partículas que son más pequeñas que la longitud de onda de la luz usando un material de matriz que tiene un índice de coincidencia con el líquido. Se ha demostrado que los dispositivos electroforéticos y electrocinéticos se pueden fabricar en láminas delgadas y flexibles o entre sustratos de vidrio, que parecen ser adecuados para agregar un filtro a un LED.

- Electrohumectación: la función es hasta cierto punto análoga a la electroforética, pero con la gran diferencia de que se mueven gotas de líquido en lugar de partículas. Esto significa que el material óptico debe ser un tinte o soluble. Puede resultar más difícil fabricar láminas de filtro flexibles.

En principio, se podría considerar cualquier tecnología para ventanas conmutables, por ejemplo, cristal líquido, electrocrómica, electrofluídica, SPD, si los espectros se pueden adaptar de manera que las longitudes de onda inferiores a 460 nm se bloqueen o (especularmente) se reflejen.

Entonces, con un conjunto de luminarias y con la presencia de múltiples usuarios, la luz aún se puede mantener energéticamente eficiente incluso en las áreas donde hay personas presentes que necesitan protección ocular contra el riesgo de peligro azul.

Las realizaciones del dispositivo de iluminación emiten una luz que tiene una CCT en el rango de 2500 K a 6000 K. En estos CCT relativamente bajos, la contribución de la radiación azul en la salida espectral es relativamente baja y, por lo tanto, para los niveles de iluminación interior generalmente aplicados, el riesgo de daño retiniano para las personas mayores con una enfermedad ocular es aceptablemente bajo. Los niveles normales de iluminación interior están generalmente en un rango de 600 a 1000 lux.

La invención se refiere además a un sistema de iluminación que comprende un dispositivo de iluminación de acuerdo con la invención, un dispositivo transportado por el usuario y un sensor y/o reloj configurado para medir o detectar los datos del sensor durante la operación, comprendiendo dichos datos del sensor una ubicación del dispositivo transportado por el usuario, condiciones de iluminación espectral (ambiental) y tiempo de exposición del dispositivo transportado por el usuario a las condiciones de iluminación (ambientales), el sensor está configurado además para proporcionar a la unidad de control una señal de sensor con base en los datos del sensor, cuya señal

de sensor es procesada por la unidad de control para sintonizar tanto la relación entre el primer y segundo pico de emisión como su intensidad de emisión absoluta durante la operación.

El dispositivo portador puede cargarse con datos generales que normalmente hacen que el sistema de iluminación proporcione luz con un buen equilibrio entre iluminación eficiente y condiciones de iluminación menos eficientes pero más seguras y saludables que se adaptan a las condiciones de iluminación espectral (ambiental). Sin embargo, una realización del sistema de iluminación se caracteriza porque el dispositivo que lleva el usuario se carga con datos personales del usuario, por ejemplo, sexo, edad, raza y características oculares personales, como por ejemplo llevar gafas o lentes de contacto. Tanto dichos datos personales como los datos del sensor son procesados por la unidad de control para ajustar tanto el espectro de emisión como la intensidad al usuario personal durante la operación. De este modo, las condiciones de iluminación se personalizan y, por lo tanto, se pueden optimizar para una persona específica. Un aspecto de la comodidad de visualización implica el discernimiento de colores y detalles finos en las escenas de trabajo. Los ojos humanos tienden a hacer esto mejor con niveles más altos de iluminación. Sin embargo, los niveles de iluminación más altos implican en general un mayor riesgo de peligro debido a una mayor exposición a dosis más altas de luz azul dañina. El sensor que monitoriza el nivel de exposición y el tiempo de una persona a dicha luz azul proporciona una señal de sensor a la unidad de control. La unidad de control compara esta señal del sensor con los datos personales de dicha persona y posteriormente adapta/corriga el espectro del dispositivo de iluminación con respecto a la cantidad de luz azul que implica riesgo de peligro en la salida espectral o con respecto al nivel de iluminación, por ejemplo hasta un nivel de iluminación de como máximo 2000 lux, por ejemplo 1000 lux, que generalmente se acepta que implica un riesgo aceptablemente bajo de daño retiniano para las personas mayores con una enfermedad ocular. De esta forma se contrarresta el riesgo de daño ocular a dicha persona debido a la luz azul que implica riesgo de peligro. En residencias de ancianos, la aplicación de 1000 lux en el ojo durante 2 horas para crear efectos biológicos se considera muy eficaz. La corrección de la cantidad de luz azul en el espectro se puede lograr mediante una conmutación única entre los dos estados "luz energéticamente eficiente" y "luz saludable", ya sea mediante una conmutación única del filtro sintonizable o de los elementos de iluminación, o alternatively puede lograrse incluso mejor conmutando con una cierta frecuencia no observable del filtro sintonizable o elementos de iluminación entre dichos dos estados sin comprometer la visión.

La invención se refiere además al uso del dispositivo de iluminación ya un sistema de iluminación de acuerdo con la invención para proporcionar una iluminación eficiente y para proporcionar una iluminación relativamente segura y saludable y estados de operación intermedios entre esta iluminación eficiente y una iluminación relativamente segura y saludable.

#### Breve descripción de los dibujos

La invención se aclarará ahora con más detalle mediante los dibujos esquemáticos de ejemplo, no limitativos, en los que:

La figura 1 muestra una vista general de un dispositivo de iluminación de pie de acuerdo con la invención;

Las figuras 2A-B muestran un ejemplo de un primero, respectivamente, un segundo espectro de emisión emitido por los dispositivos de iluminación de acuerdo con la invención;

La figura 3 muestra el solapamiento de la parte azul de los espectros de emisión de los dispositivos de iluminación de la figura 2A, respectivamente, la figura 2B con la función de peligro azul y la función de respuesta del ritmo circadiano.

La figura 4 muestra un dibujo esquemático de un sistema de iluminación interactivo con control de dosis de luz azul que implica un riesgo de peligro azul.

#### Descripción detallada

La figura 1 muestra un dispositivo 1 de iluminación, en la figura una lámpara de escritorio, que comprende una fuente 3 de luz dentro de una carcasa 5 con reflector 7, pero alternatively este reflector podría estar ausente o ser un difusor, estando la carcasa conectada a través de un poste 9 de unión flexible a una base 11. La base contiene una unidad 13 de control, una perilla 15 de ajuste de intensidad y una primera perilla 17 de control. El dispositivo de iluminación se puede conectar a la red a través de un cable 19 eléctrico. La fuente de luz comprende una pluralidad de LED 21 que comprenden al menos un primer 23 y un segundo elemento 25 de iluminación. La realización mostrada en la figura comprende además como tercer elemento de iluminación al menos un LED 22 emisor de luz verde y como cuarto elemento de iluminación al menos un LED 24 emisor de luz rojo anaranjado y el segundo elemento de iluminación puede ser un solo LED o una pluralidad de LED. El dispositivo de iluminación por su fuente de luz emite un haz 31 de un espectro, preferiblemente blanco, que se sintoniza en la intensidad y/o composición espectral de la luz fuente (en particular, de la relación entre el primer y segundo picos de emisión) a través de la perilla 17 de control. La intensidad de la luz emitida por los al menos primeros elementos de iluminación se puede controlar mediante la perilla 17 independientemente de los segundos elementos de iluminación y viceversa. La intensidad tanto del primer como del segundo elemento de iluminación se puede ajustar regulando o aumentando o encendiendo/apagando una fracción de la respectiva pluralidad de LED. La intensidad del haz 31 emitido desde el dispositivo de iluminación es ajustable mediante la perilla 15, a través de una ventana 33 de salida de luz del reflector hacia el exterior. Adicional o alternatively, el reflector aloja un filtro 27 sintonizable para sintonizar la composición espectral del haz 31 emitido

por el dispositivo de iluminación, que también se muestra en la figura 1 y que se puede sintonizar mediante una segunda perilla 29 de control. Para adaptarse al hecho de que cada ojo es único y reacciona de manera diferente en diferentes circunstancias, se proporciona así una luz sintonizable en espectro e intensidad. Por lo tanto, se proporciona un dispositivo de iluminación, por ejemplo, como se muestra en la figura 1, que es regulable y permite diferentes emisiones espectrales que dan como resultado una sintonía entre una iluminación eficiente y una iluminación menos eficiente pero más segura y más saludable.

La figura 2A-B muestra un ejemplo de un primer 41 respectivamente un segundo espectro 43 de emisión emitido por el dispositivo de iluminación de acuerdo con la invención. Ambos espectros se obtienen mediante un LED respectivo que comprende una combinación de una bomba LED azul y un fósforo. La luz azul de la bomba LED se transmite en parte a través del fósforo y en parte se absorbe y se convierte en luz de longitudes de onda más largas, la combinación de luz transmitida y convertida da como resultado luz blanca. El espectro que se muestra en la figura 2A proporciona una luz más segura y estimulante, y tiene un pico en la parte azul del espectro con un primer máximo de 45 a aproximadamente 470 nm debido al uso de una "bomba LED azul de 470 nm". El espectro de la figura 2B proporciona una iluminación más eficiente que el espectro de la figura 2A, pero con más riesgo de peligro azul, y tiene un pico en la parte azul del espectro con un segundo máximo de 47 a aproximadamente 450 nm, debido al uso de una "bomba LED azul de 450nm". Ambos espectros tienen una temperatura de color correlacionada (CCT) de aproximadamente 6500 K, que corresponde a un espectro de luz diurna. Para lograr la misma CCT, el desplazamiento del primer máximo al segundo máximo se tiene en cuenta mediante ligeras modificaciones del espectro en los rangos de longitud de onda más largos, por ejemplo, porque el pico 49 en la parte rojo anaranjado del espectro está algo desplazado hacia el rango de longitud de onda amarilla del espectro. Aunque la CCT de ambos espectros es la misma, cada uno de los espectros tiene propiedades y efectos específicos que se hacen evidentes, por ejemplo, en la atención prolongada experimentada y la vitalidad de los encuestados.

La figura 3 muestra el solapamiento de la parte azul de los espectros de emisión de los dispositivos de iluminación de la figura 2A, respectivamente, la figura 2B con la función de peligro azul y la función de respuesta del ritmo circadiano. Todas las curvas de la figura 3 se muestran en una escala normalizada al 100% en función de la longitud de onda. Como se muestra en la figura 3, la función 51 de peligro azul se extiende aproximadamente de 400 nm a 500 nm con un máximo de 53 a aproximadamente 435 nm. La función 55 de respuesta del ritmo circadiano es incluso más amplia que la función de peligro azul, y se extiende mucho más allá de los 400 nm y 500 nm y tiene un máximo relativamente amplio 57 a aproximadamente 465 nm. El espectro de la bomba azul de 450 nm de eficiencia energética tiene una superposición prácticamente del 100% con la función de peligro azul, mientras que la superposición del espectro de la bomba azul de 470 nm de menor eficiencia energética con la función de peligro azul es significativamente menor. Por lo tanto, el espectro de la bomba azul de 470nm es más seguro y saludable que el espectro de la bomba azul de 450nm, pero menos eficiente energéticamente. Tanto la bomba azul de 450 nm como los espectros de la bomba azul de 470 nm muestran una superposición significativa con la función de respuesta del ritmo circadiano, y ambos espectros se pueden usar de manera efectiva para controlar el ritmo circadiano, aunque el espectro de la bomba azul de 470 nm es ligeramente diferente a este respecto al espectro de la bomba azul de 450 nm. Para mostrar la posibilidad de sintonizar el espectro de una luz segura y más saludable a una luz más eficiente sin afectar la supresión de la melatonina, la figura 3 muestra un caso en el que una primera emisión alcanza un máximo de 480 nm y la segunda emisión alcanza un máximo de 445 nm, y sus respectivas intensidades.  $I_{1,2}$ , la respectiva respuesta a la melatonina  $R_{1,2}$  y la respectiva respuesta al peligro azul  $B_{1,2}$ . Se muestra que la comparación entre los espectros de emisión cumple esencialmente el siguiente requisito:

$$I_1 * R_1 + I_2 * R_2 \approx \text{constante},$$

en donde

$I_1$  es la intensidad del espectro de emisión en el primer pico de emisión;  
 $R_1$  es la capacidad de respuesta a la melatonina en el primer pico de emisión;  
 $I_2$  es la intensidad del espectro de emisión en el segundo pico de emisión;  
 $R_2$  es la capacidad de respuesta de la melatonina en el segundo pico de emisión.

Sin embargo, la capacidad de respuesta a la función de peligro azul en el primer y segundo máximos de emisión difiere en más de un factor dos.

La figura 4 muestra un dibujo esquemático de un sistema 100 de iluminación interactivo con control de dosis de luz que implica un riesgo de peligro azul. Para ello, el sistema de iluminación comprende un dispositivo 1 de iluminación de acuerdo con la invención, un dispositivo 110 transportado por el usuario y un sensor 120 y/o reloj configurado para medir o detectar los datos del sensor durante la operación. El dispositivo de iluminación comprende un filtro 27 sintonizable integrado, una fuente de luz (no mostrada) y una unidad 13 de control, que en la figura está ubicada en otra parte del sistema de iluminación fuera del dispositivo de iluminación. El sensor está configurado para comunicarse con la unidad de control a través de una señal 130 de sensor con base en los datos del sensor, señal de sensor procesada por la unidad de control para sintonizar tanto la relación entre el primer y segundo pico de emisión como su intensidad de emisión absoluta durante la operación.



5 Como detección de ubicación se puede utilizar la medición de la intensidad de la señal de por ejemplo, señales Bluetooth o señales Wifi. La dosis de energía de peligro azul es el producto de la energía de peligro azul multiplicada por el tiempo de duración de la exposición. Después de la calibración inicial del sistema de iluminación, se sabe qué dosis está presente en la habitación en función de los ajustes de luz. Para una dosis máxima dada, hay una cantidad máxima de tiempo de exposición.

En fórmula:

$$Dosis = C \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B(\lambda) I(\lambda) d\lambda * \Delta t$$

10 con  $B(\lambda)$  la curva de sensibilidad para la radiación de peligro azul en función de la longitud de onda e  $I(\lambda)$  la distribución de potencia espectral de la luz emitida;  $\Delta t$  es el tiempo de exposición de la luz emitida.

15 El filtro sintonizable puede integrarse en el módulo LED o puede ser parte de la luminaria (por ejemplo, incluido en el difusor de luz). En una realización alternativa, el filtro sintonizable no está integrado en la luminaria, sino alejado de ella. Esto podría ser, por ejemplo, un panel o una lámina (mercado al detal) que se puede aplicar a la luminaria, colocar delante de ella o colgar sobre una mesa.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de iluminación operable en un primer y un segundo estado de operación y que comprende:

- una fuente (3) de luz que comprende un LED azul con una longitud de onda máxima en un primer rango de longitud de onda de 460-490 nm y un LED azul que tiene un pico de emisión en un segundo rango de longitud de onda de 430-460 nm, y LED (22) emisor de luz verde sintonizable/regulable y un LED (24) emisor de luz rojo anaranjado o rojo sintonizable/regulable, dicha fuente de luz está configurada para generar luz fuente de un espectro de emisión de luz blanca que tiene una temperatura correlacionada con el color, CCT, en un rango de 2500- 20000K;

- una unidad (13) de control que está configurada para sintonizar la luz fuente de la fuente (3) de luz mediante el control de un elemento (23, 25, 27) de iluminación que es al menos uno de un filtro de luz sintonizable, un elemento de iluminación azul conmutable, elemento de iluminación azul regulable, dicha sintonización de la luz fuente es con respecto a una relación entre el primer pico (45) de emisión en el rango de longitud de onda de 460-490nm y el segundo pico (47) de emisión en el rango de longitud de onda de 430-460nm, dicha sintonización comprende además una adaptación en la intensidad de emisión en la parte verde a roja del espectro controlando los LED (22) verde y (24) rojo regulables para compensar un desplazamiento en la CCT del espectro de emisión blanca causado por una sintonización de la relación entre el primer y el segundo pico de emisión tras una conmutación del primer al segundo estado de operación, de modo que la CCT del espectro de emisión de blanco no cambia.

2. Dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento (23, 25, 27) de iluminación es al menos uno de un elemento de iluminación emisor de luz azul regulable, un elemento de iluminación emisor de luz azul conmutable, un filtro de luz azul sintonizable.

3. Dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el elemento (23, 25, 27) de iluminación es al menos uno de un elemento de iluminación regulable de la fuente (3) de luz, un elemento de iluminación conmutable de la fuente de luz y comprende

- un primer elemento (23) de iluminación que emite luz que tiene un primer pico de emisión máximo en un rango de longitud de onda de 460-490 nm durante la operación, y

- un segundo elemento (25) de iluminación que emite luz que tiene un segundo pico de emisión máximo en un rango de longitud de onda de 430-460 nm durante la operación.

4. El dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 3, caracterizado porque el primer elemento (23) de iluminación comprende un primer LED y porque el segundo elemento (25) de iluminación comprende un segundo LED.

5. El dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 1, 2, 3 o 4, caracterizado porque el primer pico (45) de emisión está en un rango de longitud de onda de 465-475 nm y el segundo pico (47) de emisión es en un rango de longitud de onda de 445-455 nm.

6. El dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque para el primer (45) y el segundo pico (47) de emisión del espectro de emisión blanca sintonizados mutuamente se cumple el siguiente requisito:

$$I_1 * R_1 + I_2 * R_2 \approx \text{constante},$$

en donde

$I_1$  es la intensidad del espectro de emisión en el primer pico de emisión;

$R_1$  es la capacidad de respuesta a la melatonina en el primer pico de emisión;

$I_2$  es la intensidad del espectro de emisión en el segundo pico de emisión;

$R_2$  es la capacidad de respuesta de la melatonina en el segundo pico de emisión.

7. El dispositivo (1) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 2, caracterizado porque el filtro (27) de luz azul sintonizable es sintonizable para un rango de longitud de onda de < 460 nm, preferiblemente para un rango de longitud de onda de 430-460 nm.

8. Un sistema (100) de iluminación que comprende:

- un dispositivo (1) de iluminación como lo reivindica una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 7;

- un dispositivo (110) transportado por el usuario, y

- un sensor (120) y/o reloj configurado para medir o detectar datos del sensor durante la operación, comprendiendo dichos datos del sensor una ubicación del dispositivo transportado por el usuario, las condiciones de iluminación espectral (ambiental) y el tiempo de exposición del dispositivo transportado por el usuario hacia las (el ambiente) condiciones de iluminación,

el sensor está configurado además para proporcionar la unidad de control con una señal (130) de sensor con base en los datos del sensor, cuya señal del sensor es procesada por la unidad de control para sintonizar tanto la relación entre el primer y segundo pico de emisión como su intensidad de emisión absoluta durante la operación.

5 9. Un sistema (100) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 8, caracterizado porque las condiciones de iluminación se establecen en o por debajo de un nivel de iluminación máximo de 2000 lux.

10 10. Un sistema (100) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 8 o 9, caracterizado porque el dispositivo transportado por el usuario (110) se carga con datos personales del usuario, tanto dichos datos personales como los datos del sensor son procesados por la unidad de control para ajustar tanto el espectro como la intensidad de emisión para el usuario personal durante la operación.

15 11. Un sistema (100) de iluminación como se reivindica en la reivindicación 8, 9 o 10, caracterizado porque comprende además una interfaz de usuario para el control manual de la operación, preferiblemente dicha interfaz de usuario se selecciona del grupo que consiste en un teléfono inteligente, un control remoto, un ordenador portátil, una tableta.

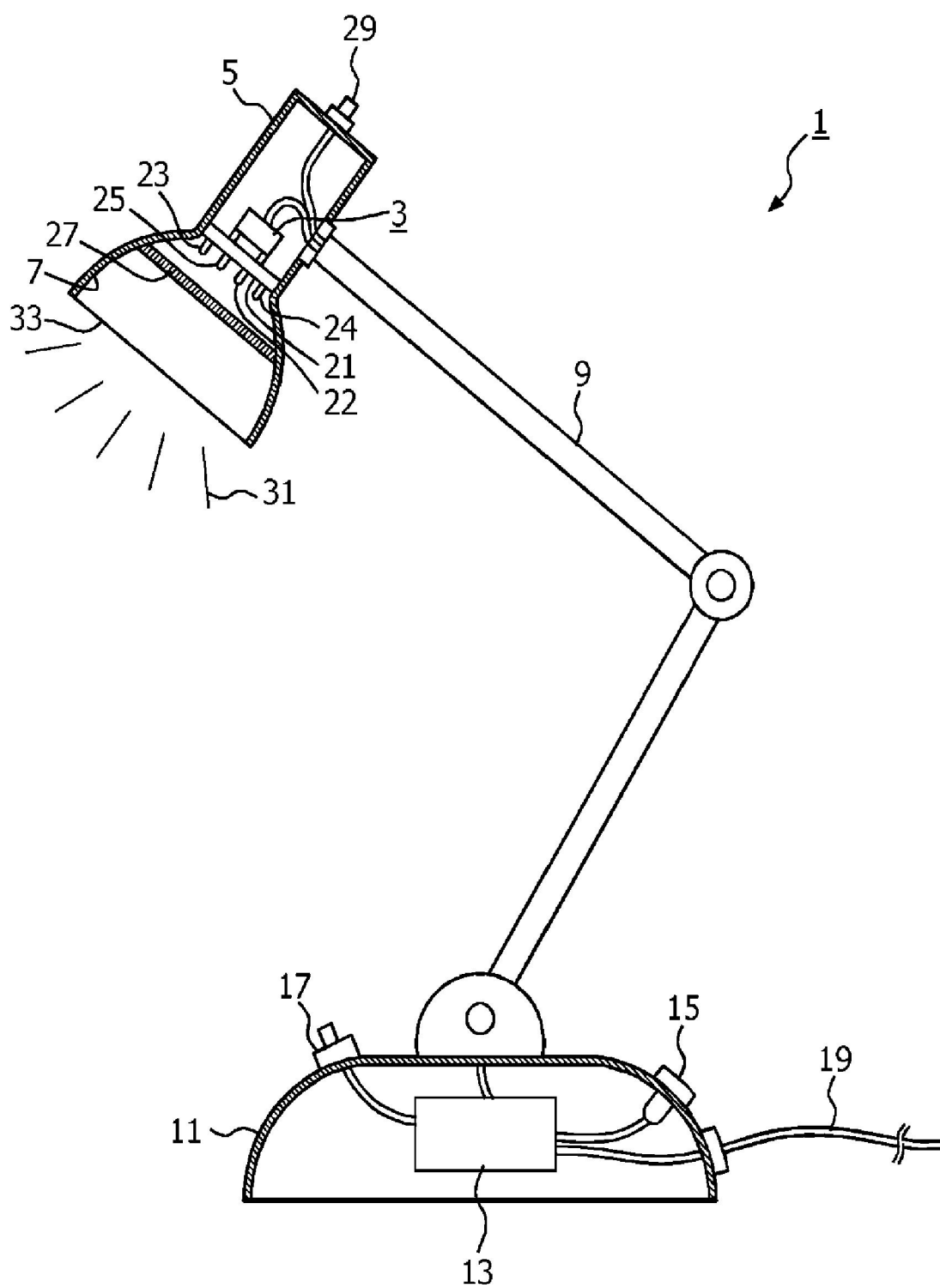


FIG. 1

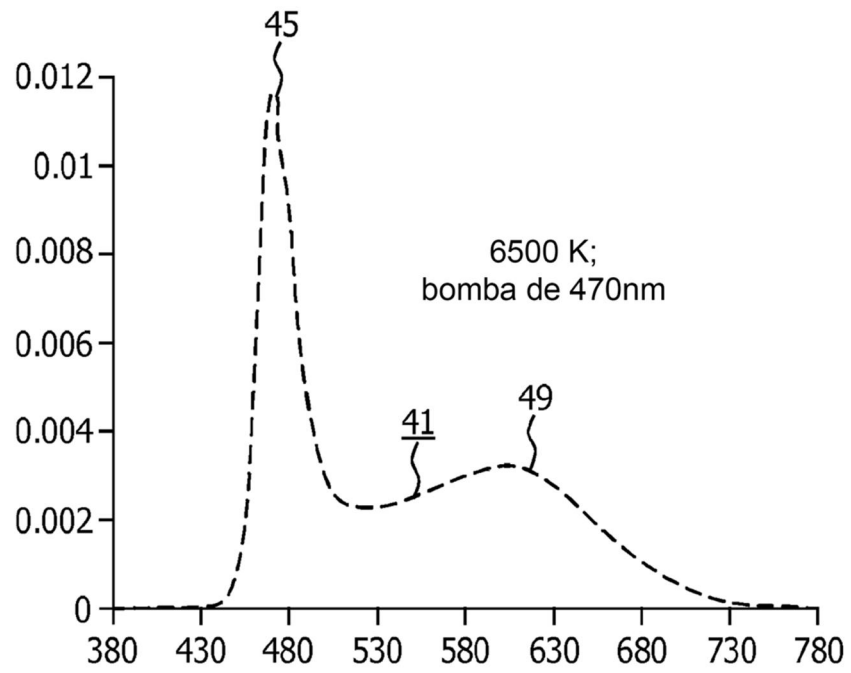


FIG. 2A

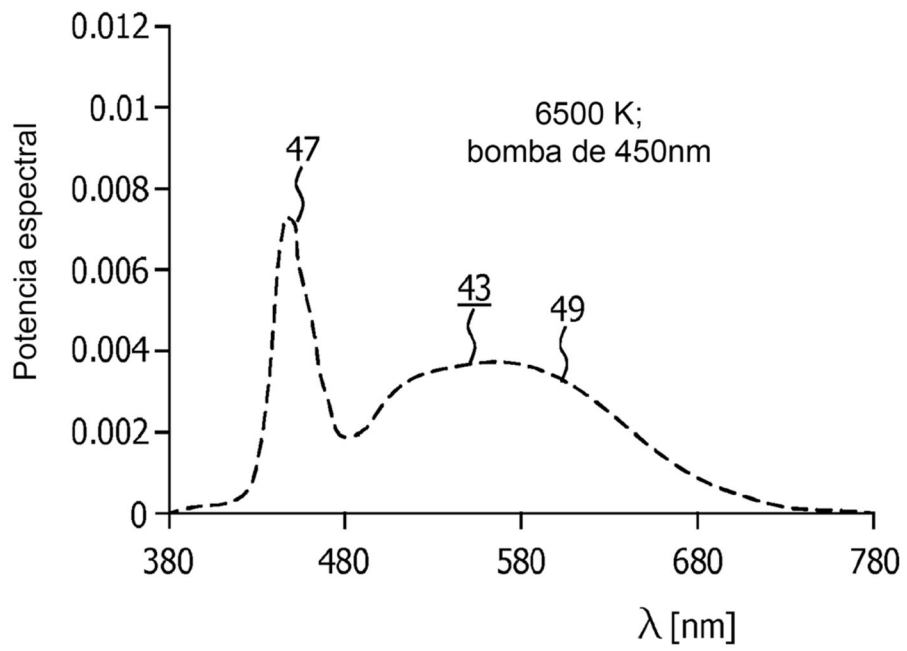


FIG. 2B

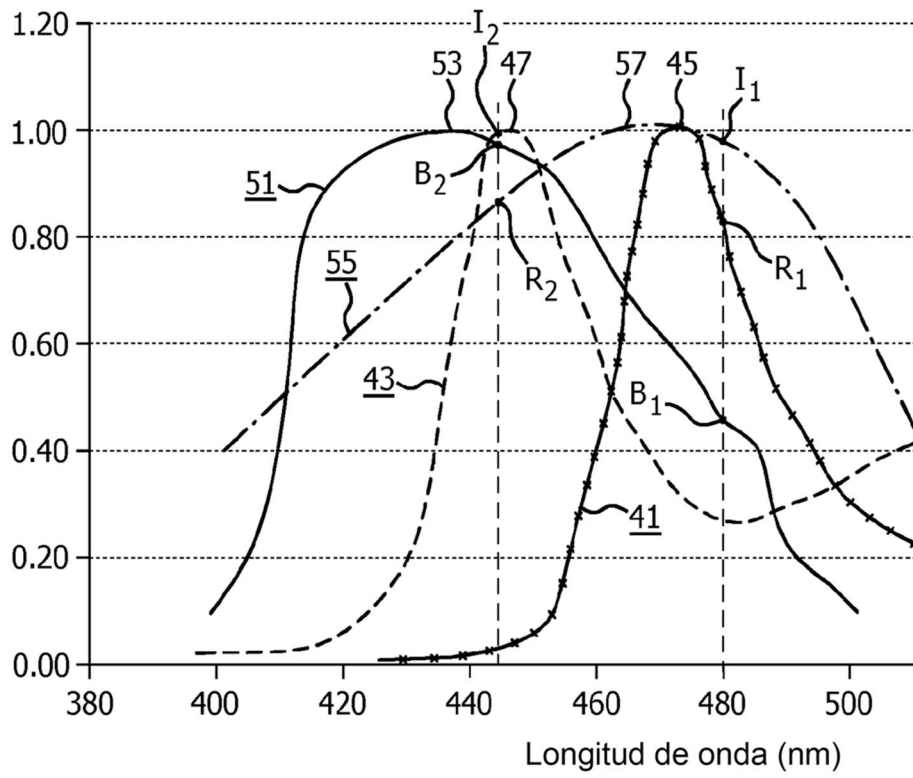


FIG. 3

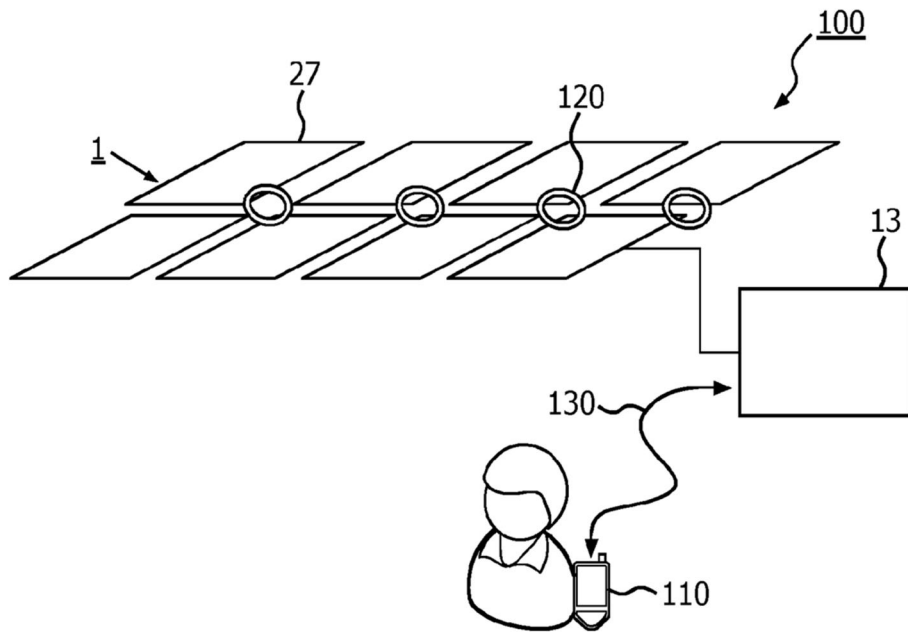


FIG. 4