

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 703**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09740532 .8**
96 Fecha de presentación: **24.08.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2335455**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2011**

54 Título: **Método y aparato para controlar y medir aspectos de luz combinada variable en el tiempo**

30 Prioridad:
08.09.2008 US 95018 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.05.2012

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

72 Inventor/es:
SALSBURY, Marc

74 Agente/Representante:
Zuazo Araluze, Alexander

ES 2 381 703 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

Método y aparato para controlar y medir aspectos de luz combinada variable en el tiempo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere en general a un método y a un aparato para controlar y medir propiedades de luz combinada variable en el tiempo. Más particularmente, diversos métodos y aparatos de la invención dados a conocer en el presente documento se refieren a la generación y medición de luz variable que comprende diversas combinaciones de luz desde fuentes de luz componentes, y determinar aspectos de luz desde una o más de las fuentes de luz componentes basándose en mediciones de la luz combinada.

Antecedentes

15 Las tecnologías de iluminación digital, es decir, iluminación basada en fuentes de luz de semiconductores, tales como diodos emisores de luz (LED), ofrecen una alternativa viable a las lámparas fluorescentes, HID, e incandescentes tradicionales. Las ventajas y beneficios funcionales de los LED incluyen conversión energética y eficiencia óptica altas, durabilidad, costes de funcionamiento menores, y muchas otras. Recientes avances en tecnología de LED han proporcionado fuentes de iluminación eficientes y robustas de espectro completo que permiten una variedad de efectos de iluminación en muchas aplicaciones. Algunas de las luminarias que realizan estas fuentes presentan un módulo de iluminación, que incluye uno o más LED que pueden producir diferentes colores, por ejemplo rojo, verde, y azul, así como un procesador para controlar de manera independiente la salida de los LED con el fin de generar una variedad de colores y efectos de iluminación con cambio de color, por ejemplo, tal como se analiza en detalle en las patentes estadounidenses n.^{os} 6.016.038 y 6.211.626.

25 En diversas aplicaciones de iluminación, se mezcla luz desde uno o más LED u otras fuentes de luz para proporcionar un efecto de iluminación combinado, tal como una cromaticidad de luz combinada deseada. Para ello, puede controlarse la luz desde cada una de las fuentes de luz con respecto a factores tales como la intensidad de la luz. Por ejemplo, puede controlarse la intensidad de luz instantánea o promedio en el tiempo desde fuentes de luz tales como LED usando métodos tales como control de corriente de accionamiento directo y control de corriente de accionamiento de modulación por ancho de pulsos (PWM).

35 Controlar aspectos de luz desde una fuente de luz tal como un LED controlando las señales de accionamiento suministradas a la misma puede presentar algunos retos. Por ejemplo, debido a factores tales como el envejecimiento del dispositivo, el calentamiento del dispositivo y las condiciones de iluminación ambiental, las relaciones entre las señales de accionamiento suministradas a una fuente de luz y las características de la luz emitida en respuesta a dichas señales de accionamiento pueden cambiar con el tiempo. Para compensar tales cambios, se han considerado varias soluciones de realimentación óptica que miden las características de entrada-salida de la fuente de luz en aplicaciones de luz mezclada con el fin de controlar de manera precisa la luz emitida por cada fuente de luz y por tanto controlar la luz mezclada.

45 Una solución que se centra en medir luz desde fuentes de luz componentes contempla una pluralidad de filtros de luz o sensores filtrados con el fin de discriminar luz desde cada fuente de luz basándose en los espectros de luz emitidos de ese modo. La salida de luz desde cada LED puede medirse y compararse con una salida deseada, y en consecuencia pueden realizarse correcciones de iluminación. Un inconveniente de esta solución es que puede ser costoso y difícil de proporcionar múltiples filtros de color ajustados a la salida de luz de cada LED, al tiempo que se rechaza la salida de luz de otros LED.

50 Otra solución emplea un único sensor y mide la salida de luz de diferentes LED empleando un circuito de control electrónico que apaga los LED que no están midiéndose en una secuencia de pulsos de tiempo. Esto permite la medición directa de cada LED de manera independiente. La salida de luz medida para cada LED se compara con una salida deseada, que puede determinarse mediante entradas de usuario, y se realizan correcciones de la corriente para cada color en consecuencia. Un inconveniente de esta solución es que deben reservarse intervalos de tiempo para la operación de medición, lo que puede interrumpir la continuidad de las aplicaciones de iluminación.

55 Una solución similar emplea un único sensor y mide la salida de luz de diferentes LED empleando un circuito de control electrónico que apaga el LED que está midiéndose en una secuencia de pulsos de tiempo. La salida de luz del LED que está midiéndose se calcula entonces restando la salida de luz correspondiente a todos los LED excepto el LED que está midiéndose que está encendido a partir de la salida de luz correspondiente a todos los LED que están encendidos. Las salidas de luz medidas para los colores se comparan con las salidas deseadas, que pueden ajustarse mediante controles de usuario, y se realizan cambios en el suministro de potencia para los bloques de color según sea necesario. Un inconveniente de esta solución es que los intervalos de tiempo deben reservarse para la operación de medición, que de nuevo puede interrumpir la continuidad de las aplicaciones de iluminación.

65 Puede implementarse una solución que evita la necesidad de periodos de calibración específicos cuando se usa control de corriente de accionamiento de PWM para controlar la luz desde múltiples LED, más específicamente

cuando los pulsos de accionamiento de PWM para cada LED se superponen parcialmente. Según esta solución, la salida de luz pico y la corriente de accionamiento de un primer LED se miden simultáneamente en un punto en el tiempo cuando los pulsos de accionamiento de PWM no se superponen, y la salida de luz pico combinada y la corriente de accionamiento de un segundo LED se miden simultáneamente en otro punto en el tiempo cuando los pulsos de accionamiento de PWM se superponen. La salida de luz pico del segundo LED se determina restando las dos mediciones y la razón de salida de luz pico respecto a la corriente pico puede usarse con fines de control de realimentación. Un inconveniente de esta solución es que requiere monitorizar las corrientes de accionamiento, y no se proporciona ningún método mediante el cual pueda conseguirse la superposición parcial requerida de pulsos de accionamiento de PWM, ni se proporciona un método para iniciar las mediciones de la luz en los puntos en el tiempo apropiados.

Por tanto, existe la necesidad en la técnica de proporcionar un método y un aparato mediante los cuales puedan controlarse y medirse aspectos de la luz mezclada que no presente al menos uno de los inconvenientes identificados anteriormente.

Sumario

La presente descripción va dirigida a los métodos y aparatos de la invención para control y realimentación de la intensidad de la luz. Por ejemplo, pueden controlarse fuentes de luz de uno o más colores para proporcionar salidas de luz combinada variable en el tiempo usando diferentes secuencias de conmutación para diferentes fuentes de luz, por ejemplo, según PWM, PCM, u otros métodos de modulación. Configurando de manera aproximada la temporización de las secuencias de conmutación, puede hacerse que la salida de luz mezclada presente una pluralidad de combinaciones de iluminación. Puede configurarse un sensor de luz de banda ancha para medir algunas o todas de la pluralidad de combinaciones de iluminación, y las mediciones usadas para determinar las mediciones de salida de luz de partes de la luz combinada, y opcionalmente de luz ambiental, mediante el procesamiento apropiado de las mediciones.

Generalmente, en un aspecto, se proporciona un aparato para controlar y medir luz. El aparato comprende un módulo de controlador acoplado operativamente a dos o más fuentes de luz. El módulo de controlador está configurado para generar dos o más secuencias de conmutación. Cada secuencia de conmutación se usa para controlar el funcionamiento de al menos una fuente de luz. Las dos o más secuencias de conmutación están configuradas para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado y dos o más combinaciones medibles de luz diferentes. Al menos una combinación medible de luz comprende luz desde una o más de las fuentes de luz. El aparato también comprende un módulo de medición de luz acoplado operativamente al módulo de controlador. El módulo de medición de luz está configurado para recibir señales indicativas de las secuencias de conmutación. El módulo de medición de luz está configurado además para definir una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación. El módulo de medición de luz está configurado además para proporcionar una o más mediciones de luz basándose en las secuencias de medición. El aparato también comprende un módulo de procesamiento acoplado operativamente al módulo de medición de luz y el módulo de controlador. El módulo de procesamiento está configurado para determinar una indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz, basándose al menos en parte en la una o más mediciones de luz y las dos o más secuencias de conmutación.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para controlar y medir luz que comprende luz generada por dos o más fuentes de luz. El método comprende la etapa de proporcionar dos o más secuencias de conmutación. Cada secuencia de conmutación se usa para controlar el funcionamiento de al menos una fuente de luz. Las dos o más secuencias de conmutación están configuradas para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado y dos o más combinaciones medibles de luz diferentes. Al menos una combinación medible de luz comprende luz desde una o más de las fuentes de luz. El método comprende además la etapa de proporcionar una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación. El método comprende además la etapa de proporcionar una o más mediciones de luz basándose en las secuencias de medición. El método comprende además la etapa de procesar la una o más mediciones de luz para determinar una indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz, basándose al menos en parte en la una o más mediciones de luz y las dos o más secuencias de conmutación.

Tal como se usa en el presente documento a efectos de la presente descripción, el término "LED" debe entenderse que incluye cualquier diodo electroluminescente u otro tipo de sistema de portador basado en inyección/unión que pueda generar radiación en respuesta a una señal eléctrica. Por tanto, el término LED incluye, aunque no se limita a, diversas estructuras basadas en semiconductores que emiten luz en respuesta a corriente, polímeros emisores de luz, diodos emisores de luz orgánicos (OLED), bandas electroluminiscentes, y similares. En particular, el término LED se refiere a diodos emisores de luz de todos los tipos (incluyendo diodos emisores de luz orgánicos y de semiconductores) que pueden configurarse para generar radiación en uno o más del espectro infrarrojo, espectro ultravioleta, y diversas partes del espectro visible (incluyendo generalmente longitudes de onda de radiación desde aproximadamente 400 nanómetros hasta aproximadamente 700 nanómetros). Algunos ejemplos de LED incluyen, aunque no se limitan a, diversos tipos de LED infrarrojos, LED ultravioletas, LED rojos, LED azules, LED verdes, LED amarillos, LED ámbar, LED naranjas, y LED blancos (lo que se comenta adicionalmente a continuación).

Debe apreciarse asimismo que los LED pueden configurarse y/o controlarse para generar radiación con diversos anchos de banda (por ejemplo, anchura a media altura, o FWHM) para un espectro dado (por ejemplo, ancho de banda estrecho, ancho de banda amplio), y una variedad de longitudes de onda dominantes dentro de una categorización de color general dada.

5 Por ejemplo, una implementación de un LED configurado para generar esencialmente luz blanca (por ejemplo, un LED blanco) puede incluir varios datos que emiten respectivamente diferentes espectros de electroluminiscencia que, en combinación, se mezclan para formar esencialmente luz blanca. En otra implementación, un LED de luz blanca puede asociarse con un material luminóforo que convierte la electroluminiscencia con un primer espectro en un segundo espectro diferente. En un ejemplo de esta implementación, la electroluminiscencia con un espectro de longitud de onda relativamente corta y ancho de banda estrecho “bombea” el material luminóforo, que a su vez irradia radiación de longitud de onda más larga con un espectro algo más ancho.

15 Asimismo debe entenderse que el término LED no limita el tipo de encapsulamiento físico y/o eléctrico de un LED. Por ejemplo, tal como se comentó anteriormente, un LED puede hacer referencia a un único dispositivo emisor de luz con múltiples datos que están configurados para emitir respectivamente diferentes espectros de radiación (por ejemplo, que pueden controlarse individualmente o no). Asimismo, un LED puede asociarse con un luminóforo que se considera como una parte integral del LED (por ejemplo, algunos tipos de LED blancos). En general, el término LED puede hacer referencia a LED encapsulado, LED no encapsulado, LED de montaje en superficie, LED chip-on-board, LED de montaje en encapsulamiento en T, LED de encapsulamiento radial, LED de encapsulamiento de potencia, LED que incluyen algún tipo de carcasa y/o elemento óptico (por ejemplo, una lente difusora), etc.

25 El término “fuente de luz” debe entenderse para hacer referencia a una cualquiera o más de una variedad de fuentes de radiación, incluyendo, aunque sin limitarse a, fuentes basadas en LED (incluyendo uno o más LED tal como se han definido anteriormente), fuentes incandescentes (por ejemplo, lámparas de filamentos, lámparas halógenas), fuentes fluorescentes, fuentes fosforescentes, fuentes de descarga de alta intensidad (por ejemplo, vapor de sodio, vapor de mercurio, y lámparas de halogenuros metálicos), láseres, otros tipos de fuentes electroluminiscentes, fuentes piroluminiscentes (por ejemplo, llamas), fuentes luminiscentes de vela (por ejemplo, manguitos incandescentes para gas, fuentes de radiación de arco de carbono), fuentes fotoluminiscentes (por ejemplo, fuentes de descarga gaseosa), fuentes luminiscentes catódicas que usan saturación electrónica, fuentes galvanoluminiscentes, fuentes cristaloluminiscentes, fuentes quineluminiscentes, fuentes termoluminiscentes, fuentes triboluminiscentes, fuentes sonoluminiscentes, fuentes radioluminiscentes, y polímeros luminiscentes.

35 Una fuente de luz dada puede configurarse para generar radiación electromagnética dentro del espectro visible, fuera del visible espectro, o una combinación de ambos. Por tanto, los términos “luz” y “radiación” se usan de manera intercambiable en el presente documento. Además, una fuente de luz puede incluir como componente integral uno o más filtros (por ejemplo, filtros de color), lentes, u otros componentes ópticos. Asimismo, debe entenderse que las fuentes de luz pueden configurarse para una variedad de aplicaciones, incluyendo, aunque sin limitarse a, indicación, visualización, y/o iluminación. Una “fuente de iluminación” es una fuente de luz que está particularmente configurada para generar radiación con una intensidad suficiente para iluminar de manera eficaz un espacio interior o exterior. A este respecto, “intensidad suficiente” se refiere a potencia radiante suficiente en el espectro visible generada en el espacio o entorno (la unidad “lumen” suele emplearse para representar la salida de luz total desde una fuente de luz en todas direcciones, en cuanto a potencia radiante o “flujo luminoso”) para proporcionar iluminación ambiental (es decir, luz que puede percibirse de manera indirecta y que puede reflejarse, por ejemplo, de una o más de una variedad de superficies interpuestas antes de percibirse total o parcialmente).

50 El término “espectro” debe entenderse que se refiere a una cualquiera o más frecuencias (o longitudes de onda) de radiación producidas por una o más fuentes de luz. Por consiguiente, el término “espectro” se refiere a frecuencias (o longitudes de onda) no sólo en el rango visible, sino también frecuencias (o longitudes de onda) en el infrarrojo, ultravioleta, y otras áreas del espectro electromagnético global. Asimismo, un espectro dado puede tener un ancho de banda relativamente estrecho (por ejemplo, un FWHM esencialmente con pocas componentes de frecuencia o longitud de onda) o un ancho de banda relativamente amplio (varias componentes de frecuencia o longitud de onda con diversas intensidades relativas). Debe apreciarse asimismo que un espectro dado puede ser el resultado de una mezcla de dos o más espectros diferentes (por ejemplo, mezcla de la radiación respectivamente emitida desde múltiples fuentes de luz).

60 A efectos de esta descripción, el término “color” se usa de manera intercambiable con el término “espectro.” Sin embargo, el término “color” generalmente se usa para hacer referencia principalmente a una propiedad de radiación que puede percibirse por un observador (aunque este uso no pretende limitar el alcance de este término). Por consiguiente, los términos “diferentes colores” se refieren implícitamente a múltiples espectros con diferentes componentes de longitud de onda y/o anchos de banda. Debe apreciarse asimismo que el término “color” puede usarse en conexión tanto con luz blanca como no blanca.

65 El término “temperatura de color” generalmente se usa en el presente documento en conexión con luz blanca, aunque este uso no pretende limitar el alcance de este término. La temperatura de color esencialmente se refiere a un particular contenido de color o tono (por ejemplo, rojizo, azulado) de luz blanca. La temperatura de color de una

muestra de radiación dada se caracteriza de manera convencional según la temperatura en grados Kelvin (K) de un radiador de cuerpo negro que irradia esencialmente el mismo espectro que la muestra de radiación en cuestión. Las temperaturas de color del radiador de cuerpo negro generalmente se encuentran en el intervalo de desde aproximadamente 700 grados K (normalmente se considera la primera visible para el ojo humano) hasta más de 10.000 grados K; la luz blanca generalmente se percibe a temperaturas de color por encima de 1500-2000 grados K.

Temperaturas de color inferiores generalmente indican luz blanca con una componente roja más significativa o una "sensación más cálida," mientras que temperaturas de color más altas generalmente indican luz blanca con una componente azul más significativa o una "sensación más fría". A modo de ejemplo, el fuego tiene una temperatura de color de aproximadamente 1.800 grados K, una bombilla incandescente convencional tiene una temperatura de color de aproximadamente 2848 grados K, la luz del amanecer tiene una temperatura de color de aproximadamente 3.000 grados K, y un cielo nublado a mediodía tiene una temperatura de color de aproximadamente 10.000 grados K. Una imagen a color vista bajo luz blanca con una temperatura de color de aproximadamente 3.000 grados K tiene un tono relativamente rojizo, mientras que la misma imagen a color vista bajo luz blanca con una temperatura de color de aproximadamente 10.000 grados K tiene un tono relativamente azulado.

El término "luminaria" se usa en el presente documento para hacer referencia a una implementación o disposición de una o más unidades de iluminación en un encapsulamiento, conjunto o factor de forma particulares. El término "unidad de iluminación" se usa en el presente documento para hacer referencia a un aparato que incluye una o más fuentes de luz del mismo o de tipos diferentes. Una unidad de iluminación dada puede tener una cualquiera de una variedad de disposiciones de montaje para la(s) fuente(s) de luz, disposiciones de cubierta/carcasa y formas, y/o configuraciones de conexión eléctrica y mecánica. Además, una unidad de iluminación dada puede asociarse opcionalmente con (por ejemplo, incluir, acoplarse a y/o encapsularse con) diversos otros componentes (por ejemplo, conjunto de circuitos de control) en relación con el funcionamiento de la(s) fuente(s) de luz. Una "unidad de iluminación basada en LED" se refiere a una unidad de iluminación que incluye una o más fuentes de luz basadas en LED tal como se comentó anteriormente, solas o en combinación con otras fuentes de luz no basadas en LED. Una unidad de iluminación "multicanal" se refiere a una unidad de iluminación basada en LED o no basada en LED que incluye al menos dos fuentes de luz configuradas para generar respectivamente diferentes espectros de radiación, en la que cada espectro de fuente diferente puede denominarse "canal" de la unidad de iluminación multicanal.

El término "controlador" se usa en el presente documento generalmente para describir diversos aparatos relativos al funcionamiento de una o más fuentes de luz. Un controlador puede implementarse de numerosas maneras (por ejemplo, tal como con hardware dedicado) para realizar diversas funciones comentadas en el presente documento. Un "procesador" es un ejemplo de un controlador que emplea uno o más microprocesadores que pueden programarse usando software (por ejemplo, microcódigo) para realizar diversas funciones comentadas en el presente documento. Un controlador puede implementarse con o sin emplear un procesador, y también puede implementarse como una combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y conjunto de circuitos asociados) para realizar otras funciones. Ejemplos de componentes de controlador que pueden emplearse en diversas realizaciones de la presente descripción incluyen, aunque no se limitan a, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), y disposiciones de puertas programables en campo (FPGA).

En diversas implementaciones, un procesador o controlador puede asociarse con uno o más medios de almacenamiento (denominados genéricamente en el presente documento "memoria," por ejemplo, memoria de ordenador volátil y no volátil tal como RAM, PROM, EPROM, y EEPROM, discos flexibles, discos compactos, discos ópticos, cinta magnética, etc.). En algunas implementaciones, los medios de almacenamiento pueden codificarse con uno o más programas que, cuando se ejecutan en uno o más procesadores y/o controladores, realizan al menos algunas de las funciones comentadas en el presente documento. Diversos medios de almacenamiento pueden fijarse dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportables, de modo que uno o más programas almacenados en el mismo puedan cargarse en un procesador o controlador para implementar varios aspectos de la presente invención comentados en el presente documento. Los términos "programa" o "programa informático" se usan en el presente documento en un sentido genérico para hacer referencia a cualquier tipo de código informático (por ejemplo, software o microcódigo) que pueda emplearse para programar uno o más procesadores o controladores.

El término "direccionable" se usa en el presente documento para hacer referencia a un dispositivo (por ejemplo, una fuente de luz en general, una unidad de iluminación o luminaria, un controlador o procesador asociado con una o más fuentes de luz o unidades de iluminación, otros dispositivos no relacionados con la iluminación, etc.) que está configurado para recibir información (por ejemplo, datos) previstos para múltiples dispositivos, incluyendo él mismo, y para responder selectivamente a información particular prevista para el mismo. El término "direccionable" suele usarse en conexión con un entorno conectado en red (o una "red," lo que se comenta adicionalmente a continuación), en el que múltiples dispositivos están acoplados entre sí a través de algún(os) medio o medios de comunicaciones.

En una implementación de red, uno o más dispositivos acoplados a una red pueden servir como controlador para uno o más dispositivos diferentes acoplados a la red (por ejemplo, en una relación maestro/esclavo). En otra

implementación, un entorno conectado en red puede incluir uno o más controladores dedicados que están configurados para controlar uno o más de los dispositivos acoplados a la red. Generalmente, múltiples dispositivos acoplados a la red puede tener acceso cada uno a datos que están presentes en el medio o medios de comunicaciones; sin embargo, un dispositivo dado puede ser "direccionable" porque está configurado para intercambiar de manera selectiva datos con (es decir, recibir datos desde y/o transmitir datos a) la red, basándose, por ejemplo, en uno o más identificadores particulares (por ejemplo, "direcciones") asignadas al mismo.

El término "red" tal como se usa en el presente documento se refiere a cualquier interconexión de dos o más dispositivos (incluyendo controladores o procesadores) que facilita el transporte de información (por ejemplo para control de dispositivo, almacenamiento de datos, intercambio de datos, etc.) entre dos o más dispositivos cualesquiera y/o entre múltiples dispositivos acoplados a la red. Tal como debe apreciarse fácilmente, diversas implementaciones de redes adecuadas para interconectar múltiples dispositivos pueden incluir cualquiera de una variedad de topologías de red y emplear cualquiera de una variedad de protocolos de comunicación. Además, en diversas redes según la presente descripción, una conexión cualquiera entre dos dispositivos puede representar una conexión dedicada entre los dos sistemas, o alternativamente una conexión no dedicada. Además de llevar información prevista para los dos dispositivos, una conexión no dedicada de este tipo puede llevar información no prevista necesariamente para ninguno de los dos dispositivos (por ejemplo, una conexión de red abierta). Además, debe apreciarse fácilmente que diversas redes de dispositivos tal como las comentadas en el presente documento pueden emplear uno o más enlaces inalámbricos, hilo/cable, y/o fibra óptica para facilitar el transporte de información a través de la red.

El término "sensor de luz" tal como se usa en el presente documento se refiere a un aparato configurado para proporcionar una señal indicativa de uno o más aspectos de luz cuando se expone al mismo. Por ejemplo, un fotodiodo puede configurarse para proporcionar una señal eléctrica indicativa de intensidad de luz incidente sobre el mismo. Los sensores de luz pueden comprender además filtros de luz u otros elementos ópticos que pueden usarse para afectar a las características de respuesta del sensor de luz, por ejemplo aumentando o disminuyendo la responsividad a la luz incidente en una o más longitudes de onda.

El término "luz ambiental" se usa en el presente documento para hacer referencia a luz desde fuentes externas a la unidad de iluminación o luminaria que está analizándose. La luz ambiental puede incluir luz natural o artificial, o luz desde otra unidad de iluminación o luminaria. La luz ambiental puede cambiar con el tiempo o permanecer sustancialmente igual durante periodos de tiempo.

Debe apreciarse que todas las combinaciones de los conceptos anteriores y otros conceptos comentados en mayor detalle a continuación (siempre que tales conceptos no sean incompatibles entre sí) se contemplan como parte de la del objeto de la invención dado a conocer en el presente documento. En particular, todas las combinaciones según el objeto reivindicado que aparece al final de esta descripción se contemplan como parte del objeto de la invención dado a conocer en el presente documento. Debe apreciarse asimismo que a la terminología empleada de manera explícita en el presente documento que también pueda aparecer en cualquier descripción incorporada por referencia debe concedérsele el sentido más acorde con los conceptos particulares dados a conocer en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, caracteres de referencia similares se refieren en general a las mismas partes a lo largo de las diferentes vistas. Asimismo, los dibujos no están necesariamente a escala, poniéndose énfasis en su lugar en general en ilustrar los principios de la invención.

La figura 1 ilustra un aparato para controlar y medir luz según una realización de la presente invención.

La figura 2 ilustra un aparato para controlar y medir luz según otra realización de la presente invención.

La figura 3 ilustra un método para controlar y medir luz según una realización de la presente invención.

Las figuras 4A y 4B ilustran secuencias de conmutación y secuencias de medición según realizaciones de la presente invención.

La figura 5 ilustra un método para configurar secuencias de conmutación y secuencias de medición según una realización de la presente invención.

Descripción detallada

La presente invención surge de la constatación de que aspectos de luz mezclada emitida por una combinación de fuentes de luz, tales como flujo luminoso y cromaticidad, pueden mantenerse a un nivel deseado ajustando la corriente de accionamiento de las fuentes de luz según realimentación óptica. Esto permite al controlador compensar características de iluminación variables debidas, por ejemplo, a la temperatura de la fuente de luz, envejecimiento

del dispositivo, condiciones de iluminación ambiental, y similares. Sin embargo, en un sistema de iluminación mezclada, el control de la realimentación puede limitarse por el grado al que la luz desde diferentes fuentes puede discriminarse y medirse. Además, las soluciones de control de realimentación óptica pueden limitarse por su complejidad, así como por requisitos para equilibrar los requisitos de realimentación óptica con otros requisitos de iluminación.

La presente invención busca superar determinadas limitaciones de los sistemas de control de realimentación óptica presentes. En particular, se desea accionar dos o más fuentes de luz para generar un efecto de iluminación deseado al tiempo que también se genera una pluralidad de combinaciones medibles de luz diferentes que pueden detectarse mediante un sensor óptico de banda ancha para realimentación óptica. Se desea además acoplar operativamente el control de accionamiento de fuente de luz con el control de medición de luz para proporcionar una solución de realimentación óptica integrada.

Más generalmente, los solicitantes han reconocido y apreciado que sería beneficioso controlar diferentes fuentes de luz, usando diferentes señales de control, para proporcionar tanto un efecto de iluminación deseado como una pluralidad de combinaciones medibles de luz, y para medir y procesar las combinaciones medibles de luz basándose en las señales de control. Este procesamiento puede configurarse para determinar una indicación de salida de luz mediante al menos una fuente de luz con fines de realimentación óptica.

Con vistas a lo anterior, diversas realizaciones e implementaciones de la presente invención van dirigidas a proporcionar métodos y aparatos para controlar y medir luz, en los que dos o más fuentes de luz se controlan usando dos o más secuencias de conmutación, por ejemplo, indicativas de formas de onda de modulación de ancho de pulsos (PWM) o modulación por pulsos codificados (PCM), u otras formas de onda por pulso o conmutadas. Las dos o más secuencias de conmutación están configuradas para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado, tal como luz mezclada con un color e intensidad deseados. Además, las dos o más secuencias de conmutación están configuradas para dar como resultado la generación de dos o más combinaciones medibles de luz diferentes, al menos una combinación medible de luz que comprende luz desde una o más de las fuentes de luz. Por ejemplo, una combinación medible de luz puede comprender luz desde una fuente de luz cualquiera, dos o más fuentes de luz, uno o más fuentes de luz más luz ambiental, o sólo luz ambiental. La presente invención también permite definir una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación. Las secuencias de medición así definidas se usan para proporcionar una secuencia de mediciones de luz, siendo cada medición de luz indicativa, por ejemplo, de intensidad de luz desde la fuente de luz y opcionalmente de luz ambiental. Definiendo las secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación, puede medirse una pluralidad de combinaciones de iluminación. Si se miden suficientes combinaciones de iluminación, a continuación pueden procesarse para determinar una indicación de salida de luz mediante al menos una de las dos o más fuentes de luz. El procesamiento puede basarse al menos en parte en las secuencias de conmutación, por ejemplo, para proporcionar una indicación de qué fuentes de luz están midiéndose.

En referencia a la figura 1, en una realización, se proporciona un aparato para controlar y medir luz. El aparato comprende un módulo 110 de controlador configurado para generar secuencias de conmutación para controlar el funcionamiento de cada una de las fuentes 132, 134 y 136 de luz. El módulo de controlador incluye un controlador 115 para generar las secuencias de conmutación, basándose en un efecto de iluminación deseado proporcionado por un usuario u otro dispositivo a través de una interfaz (no mostrada), y basándose en la realimentación desde el módulo 150 de procesamiento. Las secuencias de conmutación se suministran a controladores 122, 124 y 126 de corriente, que pueden producir corrientes de accionamiento conmutadas para accionar las fuentes 132, 134 y 136 de luz, respectivamente. Un suministro 118 de potencia proporciona potencia para este fin. La luz desde las fuentes 132, 134 y 136 de luz se mezcla por ejemplo mediante un sistema óptico (no mostrado), opcionalmente con otra luz tal como luz ambiental, y un sensor 148 óptico está configurado para medir aspectos de una parte de la luz mezclada. Por ejemplo, el sensor 148 óptico puede ser un único sensor óptico de banda ancha configurado para medir la intensidad total de la luz mezclada. El sensor 148 óptico proporciona una señal indicativa de los aspectos medidos de la luz mezclada a un módulo 145 de medición de luz. Una señal desde el sensor óptico, por ejemplo, una señal eléctrica analógica o digital, se denomina en el presente documento señal óptica.

Continuando con referencia a la figura 1, el módulo 145 de medición de luz está acoplado operativamente al módulo 110 de controlador y recibe del mismo señales indicativas de las secuencias de conmutación, que pueden usarse para configurar una o más secuencias de medición. Las secuencias de medición pueden usarse para determinar intervalos de tiempo a los que la señal óptica se muestrea para obtener una o más mediciones de luz. El módulo 145 de medición de luz proporciona a continuación señales indicativas de la una o más mediciones de luz a un módulo 150 de procesamiento. El módulo 145 de medición de luz o el módulo 150 de procesamiento pueden estar configurados para proporcionar una indicación del estatus de las fuentes 132, 134 y 136 de luz durante los tiempos relevantes para cada medición de luz. Por ejemplo, puede etiquetarse una medición de luz como correspondiente a luz que comprende luz desde una fuente de luz especificada, dos o más fuentes de luz especificadas, una o más fuentes de luz especificadas con luz ambiental, o sólo luz ambiental. Alternativamente, pueden almacenarse mediciones de luz en ubicaciones de memoria predeterminadas indicativas de una correspondencia relevante. El módulo 150 de procesamiento está configurado para procesar las mediciones de luz, junto con las indicaciones asociadas de estatus de fuente de luz, por ejemplo usando operaciones tales como multiplicación, suma y resta,

para determinar una o más indicaciones de salida de luz mediante un subconjunto de las fuentes 132, 134 y 136 de luz. Las indicaciones de salida de luz pueden proporcionarse de vuelta al módulo 110 de control con fines de control de realimentación. Además, el módulo 145 de medición de luz o el módulo 150 de procesamiento pueden estar configurados opcionalmente para dotar al módulo 110 de control de indicaciones para modificar las secuencias de conmutación en el caso de que las secuencias de conmutación actuales sean insuficientes para proporcionar indicaciones satisfactorias de salida de luz.

La figura 2 ilustra un aparato 200 para controlar y medir luz según una realización de la presente invención. El aparato 200 funciona de manera similar al aparato 100 ilustrado en la figura 1, excepto porque la información relativa a las secuencias de conmutación se transmite de manera óptica a través de las fuentes 132, 134 y 136 de luz, recibidas por el sensor 148 óptico, y encaminadas a un módulo 260 de receptor. El módulo de receptor a continuación analiza, decodifica o remodula la información para proporcionar señales indicativas de las secuencias de conmutación al módulo de medición de luz y/o al módulo de procesamiento. Usando el medio óptico existente para transmitir información relativa a las secuencias de conmutación, las conexiones con el módulo de controlador pueden simplificarse.

Fuentes de luz

La presente invención proporciona dos o más fuentes de luz controlables, por ejemplo series de LED u otras fuentes de luz controlables mediante una corriente eléctrica de accionamiento. Aspectos de la luz desde cada fuente de luz, tal como el flujo luminoso o radiante u otro indicador de intensidad de luz, pueden controlarse por ejemplo controlando la cantidad de corriente de accionamiento suministrada a las mismas, o por otros medios tal como entendería un experto en la técnica.

En una realización, pueden usarse corrientes de accionamiento moduladas por pulso, según métodos tales como modulación por ancho de pulsos (PWM), modulación por pulsos codificados (PCM), modulación por posición de pulso (PPM), modulación por amplitud de pulso (PAM) o similares, para controlar las fuentes de luz. Tal como se conoce en la técnica, el accionamiento de fuentes de luz tales como LED usando una corriente de accionamiento pulsada normalmente da como resultado luz pulsada a frecuencias relativas a la frecuencia de pulso. Para frecuencias de pulso suficientemente altas, tal luz pulsada puede percibirse sin parpadeo perceptible, dado que el ojo humano tiende a percibir un "promedio" de la luz pulsada. Además, la intensidad de luz pulsada percibida a tales frecuencias puede ser proporcional al ciclo de trabajo de pulso, densidad de pulso, intensidad de luz promedio en el tiempo, o similares. Por tanto, es posible controlar la cantidad de luz generada por diferentes fuentes de luz ajustando el factor de trabajo o densidad de pulso de la corriente de accionamiento pulsada suministrada a las mismas. Por ejemplo, la atenuación o ajuste de fuentes de luz roja, fuentes de luz verde, o fuentes de luz azul en una unidad de iluminación multicanal afecta a su salida de flujo radiante mezclada.

Cada fuente de luz puede emitir luz de un color o espectro diferente. Por ejemplo, puede proporcionarse una unidad de iluminación multicanal que comprende diferentes series que pueden generar radiación en las regiones roja, verde, y azul del espectro visible. Se observa que en otras realizaciones diferentes series pueden comprender fuentes de luz de color nominalmente igual. Realizaciones alternativas de la presente invención pueden emplear fuentes de luz con más o menos de tres colores diferentes, por ejemplo incluyendo fuentes de luz de colores tales como ámbar, rosa, cian o blanco. Las fuentes de luz pueden estar conectadas térmicamente a un disipador térmico común o alternativamente a disipadores térmicos independientes (no mostrados) u otros sistemas de gestión térmica tales como tubos isotérmicos, termosifones, o similares para gestión térmica mejorada de determinadas condiciones de funcionamiento de las fuentes de luz.

En algunas realizaciones, una unidad de iluminación según la presente invención incluye mezclar ópticas para intermezclar la luz emitida por las fuentes de luz de diferente color. Se observa que cuando fuentes de luz de diferente color emiten luz que se mezcla adecuadamente, controlar el color y la intensidad de la luz mezclada es una cuestión entonces de controlar la cantidad de luz proporcionada por cada una de las fuentes de luz del mismo color. El color de la luz mezclada puede controlarse por tanto dentro de un rango de colores definido por la gama de colores de la unidad de iluminación. La gama de colores se define por las fuentes de luz de diferente color dentro de la unidad de iluminación multicanal sujeta a condiciones de funcionamiento asequibles.

Módulo de controlador

Realizaciones de la presente invención proporcionan además un módulo de controlador para controlar la luz emitida por las fuentes de luz. El módulo de controlador puede comprender un controlador tal como un microcontrolador configurado para controlar la realimentación de las fuentes de luz o su luz mezclada. Por ejemplo, métodos de control de realimentación lineal tales como control PID, control de bucle cerrado, control adaptativo, métodos de control de realimentación no lineal, o una combinación de métodos de control de alimentación y realimentación pueden implementarse por el controlador. El control de realimentación implica configurar señales controlando la intensidad de dos o más fuentes de luz, por ejemplo en forma de secuencias de conmutación, en respuesta a realimentación indicativa de salida de luz de al menos una de las dos o más fuentes de luz.

En diversas realizaciones de la presente invención, el controlador puede acoplarse a una interfaz de usuario o a una interfaz de dispositivo que suministra un efecto de iluminación deseado que va a implementarse por el controlador. El efecto de iluminación deseado puede ser sustancialmente constante o variable en el tiempo, y puede especificar aspectos tales como color, cromaticidad, luminancia, y/o intensidad de luz. El controlador puede estar configurado para hacer un seguimiento, por ejemplo, con una continuidad deseada, del efecto de iluminación deseado a través de variaciones del mismo o a través de otras variaciones tales como debido a luz ambiental, envejecimiento del dispositivo, cambios de temperatura del dispositivo, y similares.

En una realización, el controlador puede acceder a una secuencia de iluminación guardada, por ejemplo, almacenada en memoria, que suministra una secuencia variable en el tiempo de efectos de iluminación deseados. Por ejemplo, la secuencia de iluminación guardada puede preestablecerse durante la fabricación.

En muchas realizaciones, el controlador está acoplado operativamente a uno o más controladores de corriente, que a su vez están acoplados a cada fuente de luz o serie de fuentes de luz y están configurados para suministrar por separado corriente a las mismas. El controlador suministra una secuencia de conmutación a cada controlador de corriente que se usa para configurar una corriente variable en el tiempo suministrada por el controlador de corriente. Un suministro de potencia puede acoplarse a los controladores de corriente para proporcionar potencia eléctrica. Los controladores de corriente controlan la cantidad de corriente de accionamiento suministrada a y por tanto la cantidad de luz emitida por cada fuente de luz. Los controladores de corriente pueden estar configurados para regular el suministro de corriente a cada fuente de luz por separado para controlar las propiedades de la luz mezclada combinada, tal como flujo luminoso y cromaticidad. Los controladores de corriente pueden ser reguladores de corriente, conmutadores u otros dispositivos similares tal como se conoce en la técnica. Técnicas de control alternativas para controlar la activación de las fuentes de luz se entenderán fácilmente por un experto en la técnica.

En una realización, un adecuado sistema de gestión térmica o de disipación térmica puede acoplarse a los controladores de corriente y opcionalmente a las fuentes de luz para disipar el exceso de calor generado de este modo. Por ejemplo, uno o más disipadores térmicos, tubos isotérmicos, termosifones, sistemas de refrigeración por aire o líquido forzado, sistemas de refrigeración por convección, o similares pueden emplearse para este fin. Además, puede recopilarse y suministrarse información térmica al controlador con fines de control de realimentación.

Los expertos en la técnica reconocerán que PWM o PCM o demás señales de control generadas por el controlador pueden implementarse usando software o firmware informático proporcionado por un medio legible por ordenador con instrucciones para determinar la secuencia de señal de control de generación de pulso. Por ejemplo, medios legibles por ordenador tal como medios de almacenamiento ópticos o magnéticos, RAM, ROM o similares pueden llevar instrucciones legibles mediante un dispositivo de computación de propósito genérico o especial configurado para llevar a cabo control de accionamiento, por ejemplo, un procesador, controlador, o similares. Será fácilmente evidente que puede usarse software informático configurado de manera similar para posibilitar otros aspectos de la invención, tales como procesamiento de señales ópticas y realización de otros métodos y algoritmos según varios aspectos de la presente invención.

En alguna realización, se acoplan sensores de corriente a la salida de los controladores de corriente y detectan de manera continua o intermitente la corriente de accionamiento suministrada a las fuentes de luz. Los sensores de corriente pueden comprender un resistor fijo, un resistor variable, un inductor, un sensor de corriente de efecto Hall, u otro elemento que tiene una relación conocida tensión-corriente y pueden proporcionar una indicación adecuadamente precisa de la corriente de accionamiento. Las corrientes directas instantáneas suministradas a las fuentes de luz pueden medirse por los sensores de corriente que pueden comunicar las señales detectadas a un sistema de procesamiento de señales acoplado al controlador. El sistema de procesamiento de señales puede preprocesar las señales de corriente de accionamiento desde los sensores y proporcionar información respectiva al controlador. El sistema de procesamiento de señales puede incluir convertidores analógico-digital (A/D), amplificadores, filtros, microprocesadores, procesadores de señales u otros dispositivos de procesamiento de señales tal como entenderá fácilmente un experto en la técnica.

En otra realización de la presente invención, las señales de salida desde los sensores de corriente se retransmiten directamente al controlador para su procesamiento. En una realización alternativa adicional, las corrientes directas pico para cada fuente de luz pueden fijarse ca un valor preestablecido para evitar tener que medir las corrientes directas instantáneas. Esto puede ser útil, por ejemplo, para obtener información acerca del comportamiento operativo frente a la corriente de las fuentes de luz, tal como salida de luz en función de la corriente de entrada. Tal información puede ser útil para el control de la realimentación.

Secuencias de conmutación

Según la presente invención, el módulo de controlador está configurado para proporcionar señales para accionar las fuentes de luz acopladas al mismo usando secuencias de conmutación, por ejemplo, determinando corrientes de accionamiento pulsadas independientes suministradas a cada fuente de luz. Las secuencias de conmutación están configuradas según dos fines. En primer lugar, las secuencias de conmutación están configuradas para proporcionar un efecto de iluminación deseado, por ejemplo, definiendo PWM, PCM u otras formas de onda pulsadas para

accionar cada fuente de luz para producir luz de una intensidad deseada para obtener una luz mezclada deseada. En segundo lugar, las secuencias de conmutación están configuradas para proporcionar una pluralidad de combinaciones medibles de luz con fines de realimentación.

5 Por ejemplo, en una realización, fuentes de luz roja, verde y azul pueden accionarse cada una según secuencias de conmutación independientes que definen corrientes de accionamiento pulsadas. Pueden configurarse aspectos de las secuencias de conmutación, por ejemplo ciclo de trabajo o valor promedio, para producir una luz mezclada con un efecto de iluminación deseado en presencia de luz ambiental, tal como producir luz de un color y/o intensidad deseados en un tiempo deseado. Otros aspectos de las secuencias de conmutación, por ejemplo sus tiempos de conmutación, pueden configurarse para producir una pluralidad de combinaciones medibles de luz. Por ejemplo, durante un intervalo de tiempo, todas las fuentes de luz pueden estar apagadas, presentando de este modo sólo luz ambiental. Durante otro intervalo de tiempo, sólo puede estar encendida la fuente de luz roja. Durante otro intervalo de tiempo, las fuentes de luz roja y azul pueden estar encendidas. Durante otro intervalo de tiempo, las fuentes de luz roja, azul y verde pueden estar encendidas. Otras combinaciones medibles de luz también son posibles. Por ejemplo, para n fuentes de luz controlables, cada una con α configuraciones, tales como niveles de intensidad, pueden ser posibles hasta α^n combinaciones medibles de luz. Como ejemplo adicional, en fuentes de luz encendidas/apagadas pulsadas, α puede ser igual a dos.

20 En una realización, las secuencias de conmutación pueden estar configurados para proporcionar una pluralidad de combinaciones de iluminación deseadas al tiempo que también se proporciona un efecto de iluminación deseado. Por ejemplo, parámetros tales como el ciclo de trabajo, el factor de densidad de pulso, o el valor promedio pueden determinarse para cada una de las corrientes de accionamiento pulsadas que suministran las fuentes de luz según el efecto de iluminación deseado. Una vez determinados estos parámetros, puede definirse una clase de secuencias de conmutación potenciales para cada fuente de luz que se adapta a estos parámetros. Un conjunto de secuencias de conmutación puede seleccionarse entonces a partir de esta clase para el funcionamiento de las fuentes de luz, en el que la secuencia de conmutación seleccionada puede seleccionarse para proporcionar combinaciones medibles de luz adecuadas con fines de medición y realimentación.

30 Por ejemplo, pueden proporcionarse secuencias de conmutación iniciales para cada fuente de luz que están configuradas según el efecto de iluminación deseado, por ejemplo, que dan como resultado corrientes de accionamiento pulsadas con el ciclo de trabajo, factor de trabajo, factor de densidad de pulso, o similares, apropiados. Las secuencias de conmutación iniciales pueden evaluarse para determinar si darán como resultado combinaciones medibles de luz adecuadas. Las secuencias de conmutación iniciales pueden modificarse desplazando en el tiempo al menos una de las secuencias de conmutación, o ajustando las secuencias de conmutación para descomponer al menos una de las corrientes de accionamiento pulsadas que resultan de las mismas en una pluralidad de pulsos, o alternativamente para fusionar pulsos independientes. Estas modificaciones pueden configurarse de modo que el efecto de iluminación deseado permanezca sustancialmente sin cambios mientras se consiguen combinaciones medibles de luz. La modificación de las secuencias de conmutación puede realizarse para proporcionar otras oportunidades de medición no proporcionadas por las secuencias de conmutación iniciales, permitiendo de ese modo proporcionar combinaciones medibles de luz adecuadas.

45 En otra realización, las secuencias de conmutación pueden estar configuradas para proporcionar un equilibrio entre proporcionar el efecto de iluminación deseado y proporcionar combinaciones medibles de luz adecuadas. Por ejemplo, las secuencias de conmutación pueden estar asociadas con una medición x indicativa de la "distancia" o error entre el efecto de iluminación proporcionado y el efecto de iluminación deseado, y una medición y indicativa de la "distancia" o error entre las combinaciones medibles de luz proporcionadas y un conjunto de combinaciones medibles de luz consideradas adecuadas. Puede seleccionarse entonces una secuencia de conmutación, por ejemplo, que da como resultado una norma vectorial de (x,y) , por ejemplo ax^2+by^2 para valores predeterminados de a y b , lo que proporciona un valor mínimo o un valor por debajo de un umbral predeterminado.

50 Medir adecuadamente una combinación de iluminación requiere al menos un periodo de tiempo mínimo predeterminado. Por ejemplo, un sensor óptico de una calidad particular en un entorno con una cantidad particular de ruido óptico puede requerir una cantidad de tiempo mínima predecible para muestrear adecuadamente luz con un grado de exactitud y precisión predeterminado. Por tanto, es deseable que existan combinaciones medibles de luz para una cantidad de tiempo mínima contigua y/o acumulativa con el fin de medirse adecuadamente. Una evaluación de la cantidad de tiempo durante la cual se presentan una o más combinaciones medibles de luz propuestas puede, en algunas realizaciones, usarse para determinar una indicación de la adecuación de las combinaciones medibles de luz.

60 En una realización de la presente invención, las secuencias de conmutación están configuradas además tal que al menos una parte de las combinaciones medibles de luz definidas de este modo se presentan durante una cantidad de tiempo predeterminada.

65 En una realización, las secuencias de conmutación pueden determinarse al menos en parte mediante la realimentación a partir del módulo de medición de luz y/o el módulo de procesamiento. Por ejemplo, el módulo de medición de luz y/o módulo de procesamiento puede estar configurado para proporcionar realimentación indicativa

del efecto de iluminación real que está proporcionándose, la adecuación o inadecuación de la longitud de las combinaciones medibles de luz proporcionadas, o la adecuación o inadecuación de la selección de las combinaciones medibles de luz proporcionadas. El módulo de controlador puede estar configurado para ajustar una o más de las secuencias de conmutación basándose en tal realimentación, por ejemplo, para proporcionar de manera más precisa el efecto de iluminación deseado o para proporcionar combinaciones medibles de luz más adecuadas para su medición y procesamiento.

Sensor óptico

Según diversas realizaciones de la presente invención, pueden proporcionarse uno o más sensores ópticos para detectar luz incluyendo salida de luz por las fuentes de luz. En una realización de la presente invención, el sensor óptico es un fotodiodo de silicio con un filtro óptico que tiene una responsividad sustancialmente constante al flujo radiante espectral para la luz dentro del rango espectral de luz prácticamente relevante emitido por las fuentes de luz de la unidad de iluminación. Opcionalmente, pueden usarse filtros de interferencia multicapa que pueden requerir sustancialmente luz colimada.

Módulo de medición de luz

El módulo de medición de luz proporcionado según las realizaciones de la presente invención está configurado para proporcionar una o más mediciones de luz, comprendiendo la luz, luz desde la una o más fuentes de luz y opcionalmente luz ambiental. El módulo de medición de luz incluye o está acoplado operativamente a uno o más sensores ópticos para este fin, y está configurado además para recibir señales indicativas de las secuencias de conmutación determinadas por el módulo de controlador. El módulo de medición de luz está configurado para definir una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación. Las secuencias de medición se usan para definir tiempos para mediciones de luz, y opcionalmente para proporcionar medios de identificación tales como una etiqueta, ubicación de memoria, puntero de memoria, u otros medios para identificar correspondencias entre cada medición de luz y las condiciones de iluminación en las cuales se tomó la medición.

En realizaciones de la presente invención, el módulo de medición de luz puede comprender un sistema electrónico tal como un controlador, procesador, memoria, filtros, dispositivos de temporización, y dispositivos de comunicación, configurados para realizar operaciones del módulo de medición de luz. Uno o más componentes del módulo de medición de luz pueden compartirse con el módulo de controlador y/o el módulo de procesamiento, o alternativamente el módulo de medición de luz puede estar sustancialmente incorporado.

En realizaciones de la presente invención, el módulo de medición de luz puede estar configurado para recibir señales indicativas de las secuencias de conmutación. Por ejemplo, el módulo de medición de luz puede estar conectado al módulo de controlador usando un enlace de comunicación alámbrico, inalámbrico o de red. Alternativamente, las señales ópticas recibidas desde el sensor óptico pueden procesarse para obtener señales indicativas de las secuencias de conmutación, y estas señales proporcionarse al módulo de medición de luz. En realizaciones adicionales, la luz desde las fuentes de luz puede modularse para llevar información codificada indicativa de las secuencias de conmutación, o las señales ópticas pueden analizarse directamente para detectar o determinar las secuencias de conmutación, por ejemplo monitorizando cambios en la iluminación, tal como cambios de salto. Un módulo de receptor puede estar configurado para facilitar esta monitorización.

Secuencias de medición

Según muchas realizaciones de la presente invención, las secuencias de medición están configuradas para permitir proporcionar mediciones de luz seleccionadas indicativas de combinaciones medibles de luz. Por ejemplo, las secuencias de medición pueden estar configuradas para activar diferentes mediciones de luz indicativas de luz ambiental sólo, luz ambiental más luz desde una fuente de luz seleccionada, luz ambiental más luz desde dos fuentes de luz seleccionadas, y similares. Mediante el procesamiento de las secuencias de conmutación, pueden proporcionarse secuencias de medición adecuadas que permiten tomar cada medición de luz seleccionada a intervalos de tiempo apropiados. Por ejemplo, puede proporcionarse una medición de luz indicativa de luz ambiental más una o más fuentes de luz seleccionadas configurando las secuencias de medición para registrar la salida promedio del sensor óptico durante uno o más intervalos de tiempo cuando las fuentes de luz seleccionadas están encendidas.

En una realización, las secuencias de medición pueden estar configuradas además para tener en cuenta factores tales como características de respuesta de los controladores de corriente o fuentes de luz. Por ejemplo, las secuencias de medición pueden estar configuradas para proporcionar salida de muestreo del sensor óptico sólo una vez que la salida de luz desde las fuentes de luz se ha estabilizado sustancialmente tras un evento de encendido o apagado.

En realizaciones de la presente invención, las secuencias de medición pueden estar configuradas para proporcionar mediciones o bien de todas o bien de sólo una parte de las combinaciones medibles de luz disponibles resultado de las secuencias de conmutación. Por ejemplo, si están disponibles más combinaciones medibles de luz de las que se

requieren para determinar las indicaciones de luz deseadas, entonces las secuencias de medición pueden sólo dar como resultado una parte de las combinaciones medibles de luz que están midiéndose. En realizaciones adicionales, el módulo de medición de luz o módulo de procesamiento pueden estar configurados para determinar una parte de las combinaciones de iluminación que van a medirse basándose en factores tales como calidad y adecuación de medición de las combinaciones de iluminación medidas.

En realizaciones de la presente invención, las secuencias de medición pueden estar configuradas para proporcionar más mediciones que las que pueden requerirse para el procesamiento, por ejemplo, por sobremuestreo de al menos algunas de las combinaciones medibles de luz. Tal como se conoce en la técnica, pueden usarse mediciones sobremuestreadas, redundantes, o de otro modo adicionales para detección de errores, corrección de errores, filtrado y estimación tal como estimación por mínimos cuadrados, y similares. Por ejemplo, proporcionando y procesando mediciones adicionales, las realizaciones de la presente invención pueden hacerse más robustas al ruido, permitiendo de ese modo requisitos de menor tiempo para medir cada una de las combinaciones de iluminación medibles.

Módulo de procesamiento

El módulo de procesamiento de luz proporcionado según las realizaciones de la presente invención está configurado para recibir y procesar la una o más mediciones de luz proporcionadas por el módulo de medición de luz para determinar una indicación de salida de luz mediante al menos una de las fuentes de luz. El procesamiento de las mediciones de luz puede realizarse basándose en parte en las secuencias de conmutación, que pueden recibirse desde el módulo de control o desde otro dispositivo tal como el módulo de medición de luz o un módulo de receptor, por ejemplo, configurado para determinar o detectar las secuencias de conmutación a partir de señales proporcionadas por el sensor óptico.

En realizaciones de la presente invención, el módulo de procesamiento puede comprender un sistema electrónico tal como un controlador, procesador, memoria, filtros, dispositivos de temporización, y dispositivos de comunicación, configurados para realizar operaciones del módulo de procesamiento. Uno o más componentes del módulo de procesamiento pueden compartirse con el módulo de controlador y/o el módulo de medición de luz, o alternativamente el módulo de procesamiento puede estar sustancialmente incorporado.

En realizaciones de la presente invención, el módulo de procesamiento está configurado para recibir señales indicativas de las secuencias de conmutación. Por ejemplo, el módulo de procesamiento puede estar conectado al módulo de controlador usando un enlace de comunicación alámbrico, inalámbrico o de red. Alternativamente, las señales ópticas recibidas desde el sensor óptico pueden procesarse para obtener señales indicativas de las secuencias de conmutación, por ejemplo usando un módulo de receptor, y estas señales proporcionarse al módulo de procesamiento. Las señales indicativas de las secuencias de conmutación pueden usarse para procesar las mediciones de luz permitiendo que cada medición de luz se asocie con una combinación de iluminación particular. Esto puede permitir que las indicaciones de salida de luz por el módulo de procesamiento se asocien correctamente con una fuente de luz, de modo que la información pueda hacerse más útil con fines de realimentación.

Las oportunidades de medición adecuadas deben estar presentes y aprovecharse para proporcionar suficiente información al módulo de procesamiento. Por ejemplo, con el fin de determinar una indicación de salida de luz mediante una fuente de luz seleccionada, las secuencias de conmutación y las secuencias de medición deben configurarse para proporcionar combinaciones medibles de luz adecuadas y mediciones de luz adecuadas de estas combinaciones medibles. Por ejemplo, en una realización, si se desea medir la intensidad de una fuente de luz azul, pero las combinaciones medibles de luz presentes son sólo rojo, verde y rojo más verde, entonces no es posible realizar ninguna medición de luz azul. Esto es cierto también si están presentes combinaciones medibles de luz adecuadas incluyendo luz azul pero no se miden. En cambio, se requiere al menos una medición de luz que incluye luz azul y una que excluye luz azul, aunque esto puede no garantizar la adecuación.

Como ejemplo adicional, supóngase que se miden cuatro combinaciones medibles de luz diferentes, las cuatro combinaciones correspondientes a luz ambiental más azul, luz ambiental más rojo más azul, luz ambiental más azul más verde, y luz ambiental más rojo más azul más verde. En este caso una indicación de luz azul tampoco puede determinarse, dado que en cada caso la luz azul se mide junto con la luz ambiental. En este caso sólo pueden determinarse indicaciones de rojo, verde y ambiental más luz azul.

En determinadas realizaciones de la presente invención, el módulo de procesamiento está configurado para determinar una indicación de si las mediciones de luz proporcionadas al mismo son suficientes para proporcionar indicaciones deseadas de salida de luz mediante fuentes de luz seleccionadas. Si las mediciones de luz son insuficientes, el módulo de procesamiento puede estar configurado para señalar uno o ambos del módulo de controlador y el módulo de medición de luz para modificar las secuencias de conmutación y las secuencias de medición, respectivamente, para mejorar la suficiencia de las mediciones de luz para el procesamiento.

En realizaciones de la presente invención, pueden emplearse herramientas de álgebra lineal para determinar si un conjunto propuesto de secuencias de conmutación y secuencias de medición es adecuado para determinar

indicaciones deseadas de salida de luz mediante una o más fuentes de luz. Por ejemplo, en el caso en que las secuencias de conmutación dan como resultado una pluralidad de combinaciones medibles de luz en el que cada una de una pluralidad de fuentes de luz está encendida o apagada en cada combinación, puede definirse una matriz A con entradas a_{ij} para cada fila i y columna j , donde $a_{ij}=0$ si la fuente de luz j está apagada en la combinación de iluminación medible i , y $a_{ij}=1$ si la fuente de luz j está encendida en la combinación de iluminación medible i . Además, la luz ambiental puede considerarse como una fuente de luz en la matriz A , por ejemplo, la fuente de luz número $j=1$. Dependiendo de la secuencia de medición propuesta, puede obtenerse una matriz de medición M a partir de A borrando las filas que corresponden a una combinación de iluminación medible que de hecho no se miden según la secuencia de medición. Por tanto, puede obtenerse una pluralidad potencial de matrices de medición M a partir de una única matriz A .

Dado lo anterior, pueden mostrarse los siguientes resultados, aplicables a realizaciones de la presente invención. Para un conjunto dado de secuencias de conmutación que define A , y para un conjunto dado de secuencias de medición que define M , la propiedad de poder realizar la inversa de M es equivalente a la propiedad de que pueda determinarse una única indicación de cada fuente de luz j usando las mediciones de luz resultado de M . También se deduce que, si existe una matriz, que puede obtenerse a partir de A mediante el posible borrado de filas de A , pudiendo realizarse la inversa de esa matriz, entonces existe una secuencia de medición utilizable con las secuencias de conmutación que definen A , pudiendo utilizarse la secuencia de medición para determinar una indicación de cada fuente de luz j .

En una realización, las entradas de M^{-1} pueden usarse para determinar cómo procesar las mediciones, por ejemplo proponiendo operaciones matemáticas lineales que pueden realizarse para determinar indicaciones de cada fuente de luz a partir de las mediciones de luz proporcionadas. Por ejemplo, para un valor fijo de i y para un rango de valores de j , la entrada ij -ésima de M^{-1} puede multiplicarse por la medición de luz j -ésima, y los resultados sumarse a j para obtener una indicación de salida de luz por la fuente de luz i -ésima.

Lo anterior corresponde a una interpretación de procesamiento de mediciones de luz para determinar indicaciones de salida de luz resolviendo un sistema lineal de ecuaciones. Por ejemplo, supóngase que x es un vector con el elemento x_i que representa una indicación, tal como intensidad luminosa o radiante, flujo, potencia espectral, o similares, de la i -ésima fuente de luz, y r es un vector con el elemento r_i que representa la i -ésima medición de luz. Entonces, según realizaciones de la presente invención, el procesamiento de las mediciones de luz es equivalente a determinar x resolviendo un sistema lineal de ecuaciones tal como $Ax=r$ o $Mx=r$. En algunas realizaciones, esto puede conseguirse calculando $x=M^{-1}r$.

En algunas realizaciones, puede ser deseable o necesario resolver esencialmente un sistema de ecuaciones lineales sobredeterminado o infradeterminado durante el procesamiento. Por ejemplo, puede no haber ningún vector x que resuelva exactamente el sistema $Ax=r$, o puede haber múltiples vectores x de este tipo. Esto puede ser particularmente útil si la matriz A no es cuadrada, por ejemplo, si se usan más o menos mediciones de luz para el procesamiento de las que se requieren para determinar una recopilación deseada de indicaciones de luz. En este caso existen varias técnicas de procesamiento para obtener una solución aproximada, o para seleccionar una solución a partir de una pluralidad de posibles soluciones. Una técnica de este tipo, relacionada por ejemplo con estimación por mínimos cuadrados, implica esencialmente calcular la pseudoinversa de Moore-Penrose A^+ de la matriz A , y ajustar $x=A^+r$. La pseudoinversa puede calcularse por ejemplo mediante QR o descomposición en valores singulares. El vector x que representa indicaciones de salida de luz mediante las fuentes de luz así obtenidas es una solución a $Ax=r$ en el sentido de que x minimiza $\|Ax - r\|$ donde $\|\cdot\|$ representa la norma euclídeana, y x tiene además la norma euclídeana más pequeña si hay múltiples vectores x de este tipo. Es decir, la x obtenida de esta manera representa la solución posible "más próxima" al sistema de ecuaciones $Ax=r$.

Se observa que otros enfoques de procesamiento son posibles, por ejemplo, pueden establecerse condiciones algebraicas para determinar si pueden determinarse indicaciones de salida de luz mediante un subconjunto de fuentes de luz incluso cuando se ha establecido que las indicaciones de salida de luz mediante todas las fuentes de luz no pueden determinarse. Por ejemplo, borrando una columna j de la matriz A , los resultados anteriores pueden aplicarse sin considerar los efectos de fuente de luz correspondientes a la columna j . Fusionando las columnas idénticas de la matriz A , puede obtenerse un sistema de ecuaciones cuya solución proporciona indicaciones de salida de luz en algunos casos mediante combinaciones de fuentes de luz. También se observa que el procesamiento puede no llevar a cabo necesariamente estas operaciones algebraicas de manera explícita, sino en cambio puede usar conjuntos de circuitos analógicos o digitales equivalentes para obtener un resultado análogo.

En una realización, si hay n fuentes de luz diferentes, incluyendo luz ambiental, para las que la luz va a discriminarse, entonces se requiere tomar al menos las mediciones de luz correspondientes a n combinaciones medibles de luz diferentes. Sin embargo, esto puede proporcionar sólo una condición necesaria aunque no suficiente para que las mediciones de luz sean adecuadas para determinar una indicación de luz para las n fuentes de luz.

Método para controlar y medir luz

La figura 3 ilustra un método para controlar y medir luz según las realizaciones de la presente invención. Según el

método, se proporcionan dos o más secuencias de conmutación en la etapa 310, siendo cada secuencia de conmutación para controlar el funcionamiento de una o más fuentes de luz. Las secuencias de conmutación están configuradas para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado, tal como color e intensidad de luz. Las secuencias de conmutación están también configuradas para dar como resultado la generación de dos o más combinaciones medibles de luz diferentes. En la etapa 320, las fuentes de luz se hacen funcionar según las secuencias de conmutación, por ejemplo, configurando las corrientes de accionamiento conmutadas suministradas a las mismas según las secuencias de conmutación. En la etapa 330, se proporcionan una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación. En la etapa 340, se mide la luz basándose en las secuencias de medición, por ejemplo usando las secuencias de medición para configurar los tiempos de muestreo para las mediciones de luz usando un sensor óptico. En la etapa 350, las mediciones se procesan basándose en las secuencias de conmutación. Por ejemplo, se usan las secuencias de conmutación para asociar mediciones con configuraciones de fuentes de luz, de modo que pueden realizarse operaciones de procesamiento para proporcionar indicaciones de salida de luz mediante fuentes de luz seleccionadas. Las indicaciones se devuelven en la etapa 360, por ejemplo, al controlador para el funcionamiento de un bucle de realimentación.

Ejemplos

Las figuras 4A y 4B ilustran formas de onda variables en el tiempo representativas de luz desde tres fuentes de luz, por ejemplo las formas 402 y 452 de onda pueden representar luz desde una fuente de luz roja, las formas 404 y 454 de onda pueden representar luz desde una fuente de luz azul, y las formas 406 y 456 de onda pueden representar luz desde una fuente de luz verde. La suma de las formas 402, 404 y 406 de onda se representa mediante la forma 410 de onda, y la suma de las formas 452, 454 y 456 de onda se representa mediante la forma 460 de onda. Las secuencias de conmutación determinan los tiempos de conmutación de las formas de onda ilustradas. Por ejemplo, en la figura 4A, la secuencia de conmutación para luz roja determina los tiempos en los que la forma 402 de onda cambia de valor. Las secuencias de conmutación dan como resultado la generación de combinaciones medibles de luz diferentes, por ejemplo, representadas por los diferentes valores adoptados por las formas 410 y 460 de onda.

Las formas 452, 454 y 456 de onda ilustradas en la figura 4B pueden obtenerse, por ejemplo, desplazando en el tiempo formas de onda PWM, inicialmente configuradas según un efecto de iluminación deseado. En este caso, el efecto de iluminación deseado correspondería a luz resultante de aproximadamente ciclos de trabajos iguales de cada una de las fuentes de luz roja, azul y verde, siendo los ciclos de trabajo aproximadamente del 65%.

Las figuras 4A y 4B también ilustran mediciones de luz potenciales, determinadas por secuencias de medición. Por ejemplo, las mediciones de luz puede tomarse potencialmente a una secuencia tiempos, por ejemplo, representada por la secuencia 420, 421, 422a y 423 de medición de luz en la figura 4A. Las mediciones también pueden extenderse a través de múltiples ciclos de conmutación, por ejemplo, la medición 422b puede usarse en lugar de la medición 422a. Los tiempos de medición se representan como que son sustancialmente instantáneos con fines ilustrativos, aunque éstos también pueden englobar intervalos de tiempo.

En referencia a la figura 4A, la matriz M_1 definida por las secuencias de conmutación y las secuencias 420, 421, 422a y 423, o 420, 421, 422b y 423 de medición pueden expresarse como:

$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, M_1^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Por tanto, puede realizarse la inversa de M_1 y por tanto la información es suficiente para determinar las indicaciones de rojo, azul, verde y luz ambiental. Además, leyendo las filas de M_1^{-1} , la forma de la inversa sugiere que la indicación de luz ambiental puede obtenerse directamente a partir de la cuarta medición, la indicación de luz roja puede obtenerse restando la cuarta medición de la tercera medición, la indicación de luz azul puede obtenerse restando la tercera medición de la segunda medición, y la indicación de verde luz puede obtenerse restando la segunda medición de la primera medición.

En referencia a la figura 4B, la matriz M_2 definida por las secuencias de conmutación y las secuencias de medición ilustradas por las mediciones 470, 471, 472 y 473 puede expresarse, junto con su inversa como:

$$M_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, M_2^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5 Por tanto, puede realizarse la inversa de M_2 y por tanto la información es suficiente para determinar las indicaciones de rojo, azul, verde y luz ambiental. A partir de la forma de la inversa, por ejemplo, puede determinarse una indicación de luz ambiental restando la segunda medición de la primera medición y sumando la cuarta medición.

En referencia a la figura 4B, la matriz M_3 definida por las secuencias de conmutación y las secuencias de medición ilustradas por las mediciones 470, 472, 473 y 474 puede expresarse como:

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, M_3^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

10 Por tanto, puede realizarse la inversa de M_3 y por tanto la información es suficiente para determinar indicaciones de rojo, azul, verde y luz ambiental. A partir de la forma de la inversa, por ejemplo, puede determinarse una indicación de luz ambiental restando la segunda medición de la primera medición, sumando dos veces la tercera medición, y restando la cuarta medición.

15 De nuevo en referencia a la figura 4B, puede configurarse una secuencia de medición alternativa para obtener las mediciones 470, 471, 472, 473 y 474, lo que es más que adecuado para determinar las indicaciones de todas las fuentes de luz más luz ambiental. El procesamiento entonces puede ser equivalente a resolver el sistema de ecuaciones sobredeterminado $M_4x=r$, donde x representa indicaciones de las fuentes de luz, r representa las mediciones, y:

$$M_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, M_4^+ = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{-1}{2} \\ -1 & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{-1}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

25 En este caso M_4^+ es la pseudoinversa de Moore-Penrose. Por tanto, una posible solución es $x=M_4^+r$, dando esta solución particular un vector x que minimiza $\| M_4x - r \|^2$ donde $\|\cdot\|^2$ representa la norma euclidiana. Es decir, la x obtenida de esta manera representa la solución posible "más próxima" al sistema de ecuaciones. Si hubiera múltiples vectores de este tipo, el vector x obtenido de esta manera también tendría la norma euclidiana más pequeña.

30 De nuevo en referencia a la figura 4B, puede configurarse una secuencia de medición alternativa para obtener todas las mediciones 470, 471 y 472, lo que es menos que adecuado para determinar indicaciones de todas las fuentes de luz más luz ambiental. El procesamiento puede ser equivalente entonces a resolver el sistema de ecuaciones infradeterminado $M_5x=r$, donde x representa indicaciones de las fuentes de luz, r representa las mediciones, y:

$$M_5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, M_5^+ = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & -1 \\ \frac{1}{2} & \frac{-1}{2} & \frac{1}{2} \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

35

De nuevo, M_5^+ es la pseudoinversa de Moore-Penrose. Por tanto, una posible solución es $x=M_5^+r$, esta solución particular dando un vector x que minimiza $\|M_5x - r\|$ y x tiene la norma euclidiana más pequeña.

5 La figura 5 ilustra un método para configurar las secuencias de conmutación y las secuencias de medición según realizaciones de la presente invención. En este método, se proporciona un efecto de iluminación deseado en la etapa 510. Esto puede usarse para limitar las secuencias de conmutación potenciales, por ejemplo considerando sólo secuencias de conmutación que darán como resultado el efecto de iluminación deseado. En la etapa 520, se configura una secuencia de conmutación, posiblemente sujeta a las limitaciones anteriores. En la etapa 530, la secuencia de conmutación se analiza para determinar las oportunidades de medición o combinaciones medibles de luz que se presentan según la secuencia de conmutación configurada. En la etapa 540, se propone una secuencia de medición que da como resultado la medición de al menos una parte de estas combinaciones medibles de luz.

15 Continuando con referencia a la figura 5, una vez propuestas las secuencias de conmutación y las secuencias de medición, puede realizarse una determinación 550 en cuanto a si éstas son suficientes para evaluar o determinar una o más indicaciones deseadas de salida de luz mediante una o más fuentes de luz seleccionadas. Por ejemplo, esto puede incluir determinar si están disponibles suficientes mediciones que puedan procesarse para determinar las indicaciones deseadas. Si las secuencias son suficientes, las secuencias de conmutación y medición se aceptan y el proceso finaliza. Si no, puede realizarse una determinación 560 en cuanto a si debe considerarse otra secuencia de medición. Si es así, entonces se propone la nueva secuencia de medición en la etapa 540 y el proceso continúa. Si no, puede realizarse una determinación 570 en cuanto a si debe considerarse otra secuencia de conmutación. Si es así, entonces se propone la nueva secuencia de conmutación en la etapa 530 y el proceso continúa. Si no, puede realizarse una determinación 580 opcional en cuanto a si el efecto de iluminación deseado debe ajustarse. Si es así, entonces se proporciona el nuevo efecto de iluminación deseado en la etapa 510 y el proceso continúa. Si no, se devuelve un error que indica que no pueden encontrarse suficientes secuencias de conmutación y medición.

25 Aunque varias de las realizaciones de la invención se han descrito e ilustrado en el presente documento, los expertos en la técnica concebirán fácilmente una variedad de otros medios y/o estructuras para realizar la función y/o obtener los resultados y/o una o más de las ventajas descritas en el presente documento, y cada una de tales variaciones y/o modificaciones se considera que está dentro del alcance de las realizaciones de la invención descritas en el presente documento. Más generalmente, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que todos los parámetros, dimensiones, materiales, y configuraciones descritos en el presente documento se entienden a modo de ejemplo y que los parámetros, dimensiones, materiales, y/o configuraciones reales dependerán de la aplicación o aplicaciones específica(s) para las que se usen las enseñanzas de la invención. Los expertos en la técnica reconocerán, o podrán establecer sin usar más que la experimentación rutinaria, muchos equivalentes de las realizaciones de la invención específicas descritas en el presente documento. Por tanto, debe entenderse que las realizaciones anteriores se presentan sólo a modo de ejemplo y que, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y equivalentes a las mismas, pueden ponerse en práctica realizaciones de la invención de modo diferente a lo que se ha descrito y reivindicado específicamente. Las realizaciones de la invención de la presente descripción van dirigidas a cada característica, sistema, artículo, material, kit, y/o método individual descrito en el presente documento. Además, cualquier combinación de dos o más de tales características, sistemas, artículos, materiales, kits, y/o métodos, si tales características, sistemas, artículos, materiales, kits, y/o métodos no son incompatibles entre sí, se incluye dentro del alcance de la invención de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para controlar y medir luz, comprendiendo el aparato:

5 a. un módulo (110) de controlador acoplado operativamente a dos o más fuentes (132, 134, 136) de luz, estando configurado el módulo de controlador para generar dos o más secuencias de conmutación, siendo cada secuencia de conmutación para controlar el funcionamiento de una de las fuentes de luz, estando configuradas las dos o más secuencias de conmutación para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado y dos o más combinaciones medibles de luz diferentes, comprendiendo al menos una combinación medible luz desde una o más de las fuentes de luz;

10 b. un módulo (145) de medición de luz acoplado operativamente al módulo de controlador y configurado para recibir señales indicativas de las secuencias de conmutación, estando configurado el módulo de medición de luz para definir una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación, estando configurado el módulo de medición de luz para proporcionar una o más mediciones de luz basándose en las secuencias de medición; y

15 c. un módulo (150) de procesamiento acoplado operativamente al módulo de medición de luz y al módulo de controlador, estando configurado el módulo de procesamiento para determinar una indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz basándose al menos en parte en la una o más mediciones de luz y las dos o más secuencias de conmutación.

20 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de controlador está configurado además para proporcionar cada una de las dos o más combinaciones medibles de luz diferentes durante al menos una cantidad de tiempo mínima predeterminada.

25 3. Aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de controlador está configurado además para ajustar las dos o más secuencias de conmutación, basándose en la indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz, para facilitar la generación del efecto de iluminación deseado.

30 4. Aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento está configurado además para determinar una indicación de luz ambiental.

35 5. Aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento está configurado para determinar la indicación de salida de luz resolviendo un sistema lineal de ecuaciones.

40 6. Aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de procesamiento está configurado además para determinar si la una o más mediciones de luz proporcionadas son suficientes para determinar una o más indicaciones deseadas de salida de luz.

45 7. Aparato según la reivindicación 6, en el que el módulo de procesamiento está configurado además para proporcionar una indicación al módulo de controlador y/o al módulo de medición relativa a si la una o más mediciones de luz proporcionadas son suficientes para determinar una o más indicaciones deseadas de salida de luz.

8. Método para controlar y medir luz que comprende luz generada por dos o más fuentes de luz, comprendiendo el método las etapas de:

50 a. proporcionar dos o más secuencias de conmutación, siendo cada secuencia de conmutación para controlar el funcionamiento de una de las fuentes de luz, estando configuradas las dos o más secuencias de conmutación para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado y dos o más combinaciones medibles de luz diferentes, comprendiendo al menos una combinación medible luz desde una o más de las fuentes de luz;

55 b. proporcionar una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación;

c. proporcionar una o más mediciones de luz basándose en las secuencias de medición; y

60 d. procesar la una o más mediciones de luz para determinar una indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz basándose al menos en parte en la una o más mediciones de luz y las dos o más secuencias de conmutación.

65 9. Método según la reivindicación 8, en el que cada una de las dos o más combinaciones medibles de luz diferentes se proporcionan durante al menos una cantidad de tiempo mínima predeterminada.

10. Método según la reivindicación 9, que comprende además las etapas de:

- a. determinar si cada una de las dos o más combinaciones medibles de luz diferentes se proporcionan durante al menos la cantidad de tiempo mínima predeterminada; y
- 5 b. ajustar las dos o más secuencias de conmutación si se determina que al menos una de las dos o más combinaciones medibles de luz diferentes se proporciona durante menos de la cantidad de tiempo mínima predeterminada.
- 10 11. Método según la reivindicación 8, que comprende además la etapa de ajustar las dos o más secuencias de conmutación, basándose en la indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz, para facilitar la generación del efecto de iluminación deseado.
- 15 12. Método según la reivindicación 8, en el que el procesamiento de la una o más mediciones de luz incluye determinar una indicación de luz ambiental.
13. Método según la reivindicación 8, en el que determinar una indicación de salida de luz comprende resolver un sistema lineal de ecuaciones.
- 20 14. Método según la reivindicación 8, que comprende además las etapas de:
- a. determinar si la una o más mediciones de luz proporcionadas son suficientes para determinar una o más indicaciones deseadas de salida de luz; y
- 25 b. ajustar las dos o más secuencias de conmutación si se determina que la una o más mediciones de luz proporcionadas son insuficientes para determinar una o más indicaciones deseadas de salida de luz.
- 30 15. Producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador que tiene grabado en el mismo sentencias e instrucciones para su ejecución por un procesador para llevar a cabo un método para controlar y medir luz que comprende luz generada por dos o más fuentes de luz, comprendiendo el método las etapas de:
- 35 a. proporcionar dos o más secuencias de conmutación, siendo cada secuencia de conmutación para controlar el funcionamiento de una de las fuentes de luz, estando configuradas las dos o más secuencias de conmutación para dar como resultado la generación de un efecto de iluminación deseado y dos o más combinaciones medibles de luz diferentes, comprendiendo al menos una combinación medible luz desde una o más de las fuentes de luz;
- 40 b. proporcionar una o más secuencias de medición basándose en las secuencias de conmutación;
- c. proporcionar una o más mediciones de luz basándose en las secuencias de medición; y
- d. procesar la una o más mediciones de luz para determinar una indicación de salida de luz por al menos una de las dos o más fuentes de luz basándose al menos en parte en la una o más mediciones de luz y las dos o más secuencias de conmutación.

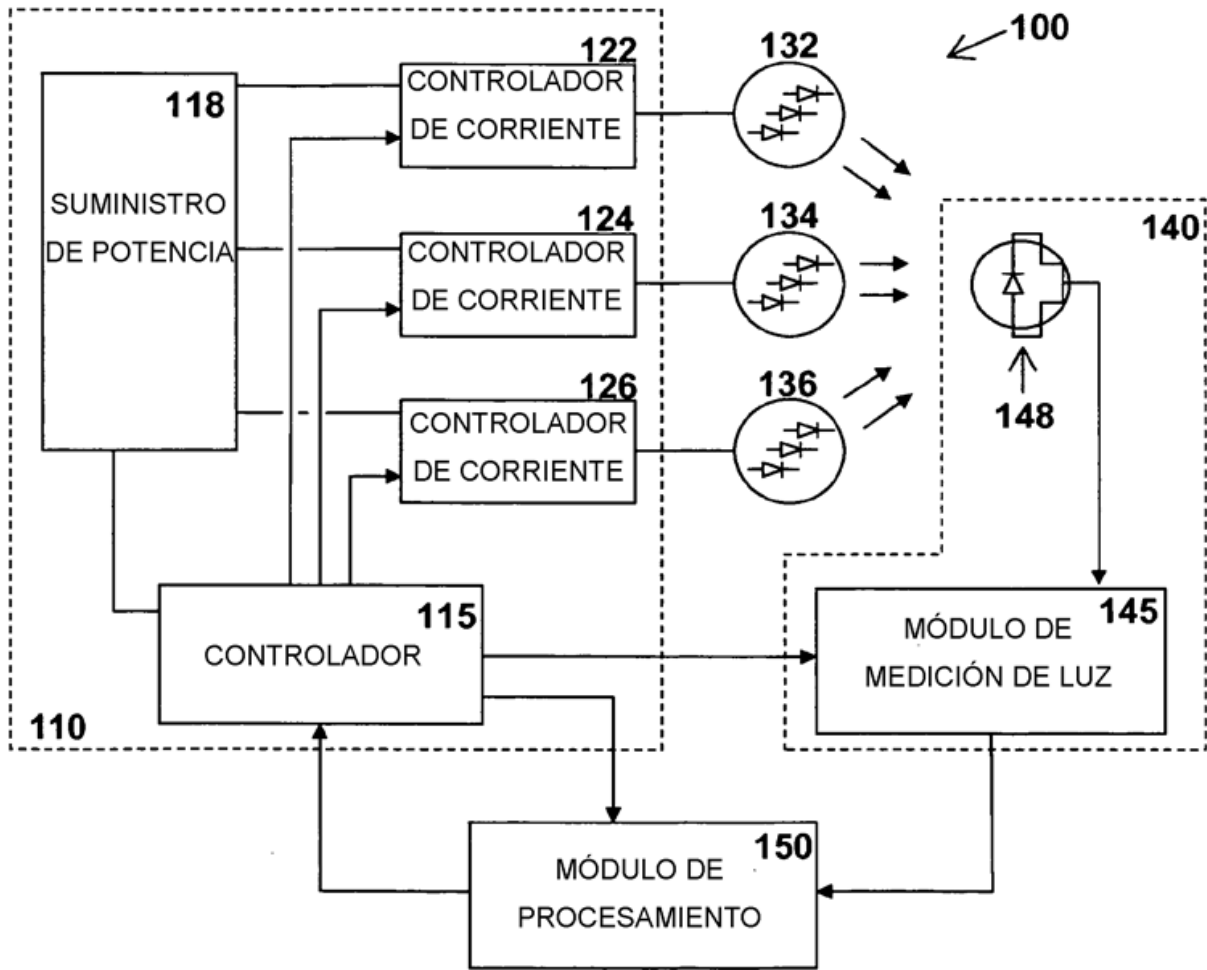


FIG. 1

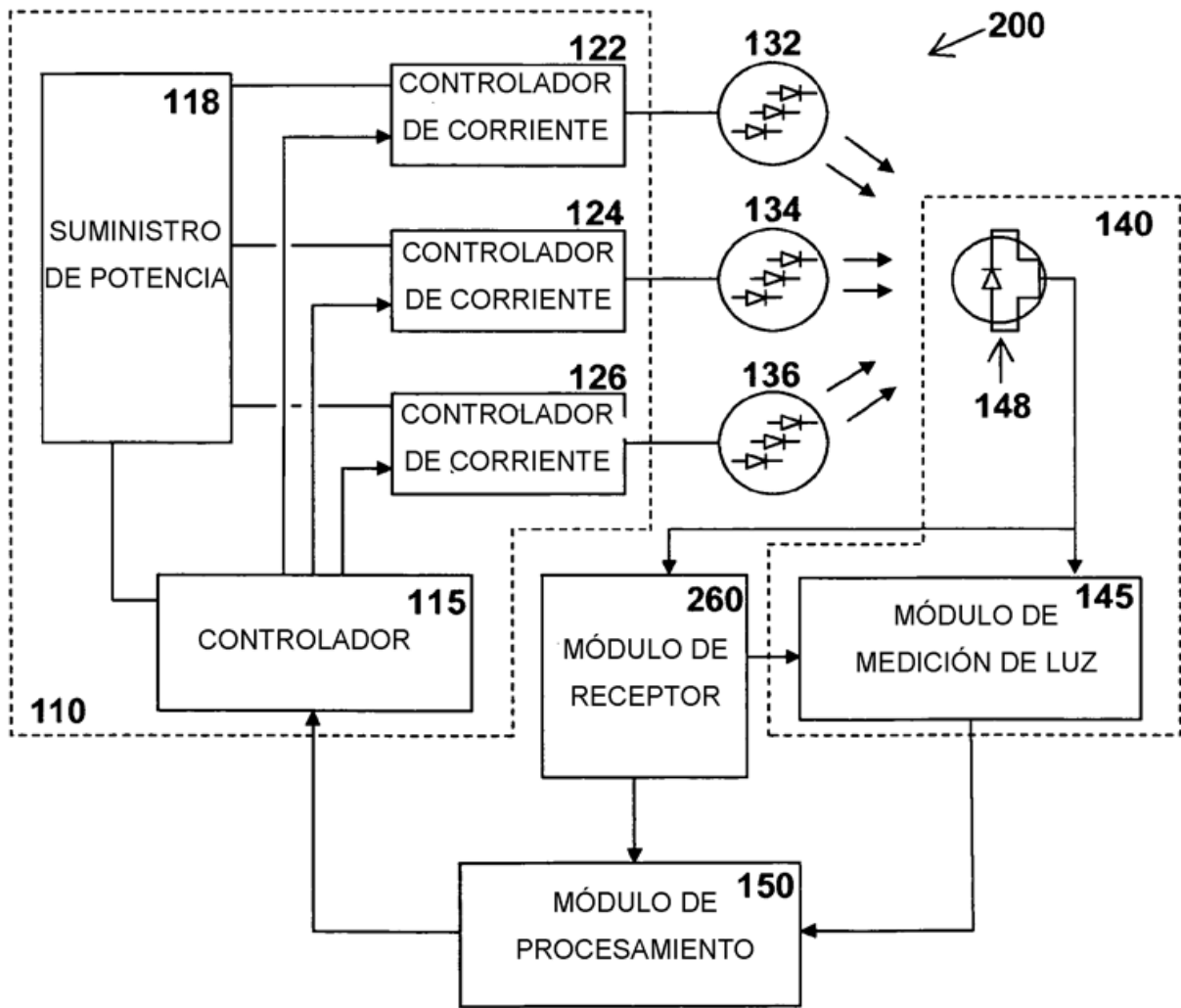


FIG. 2

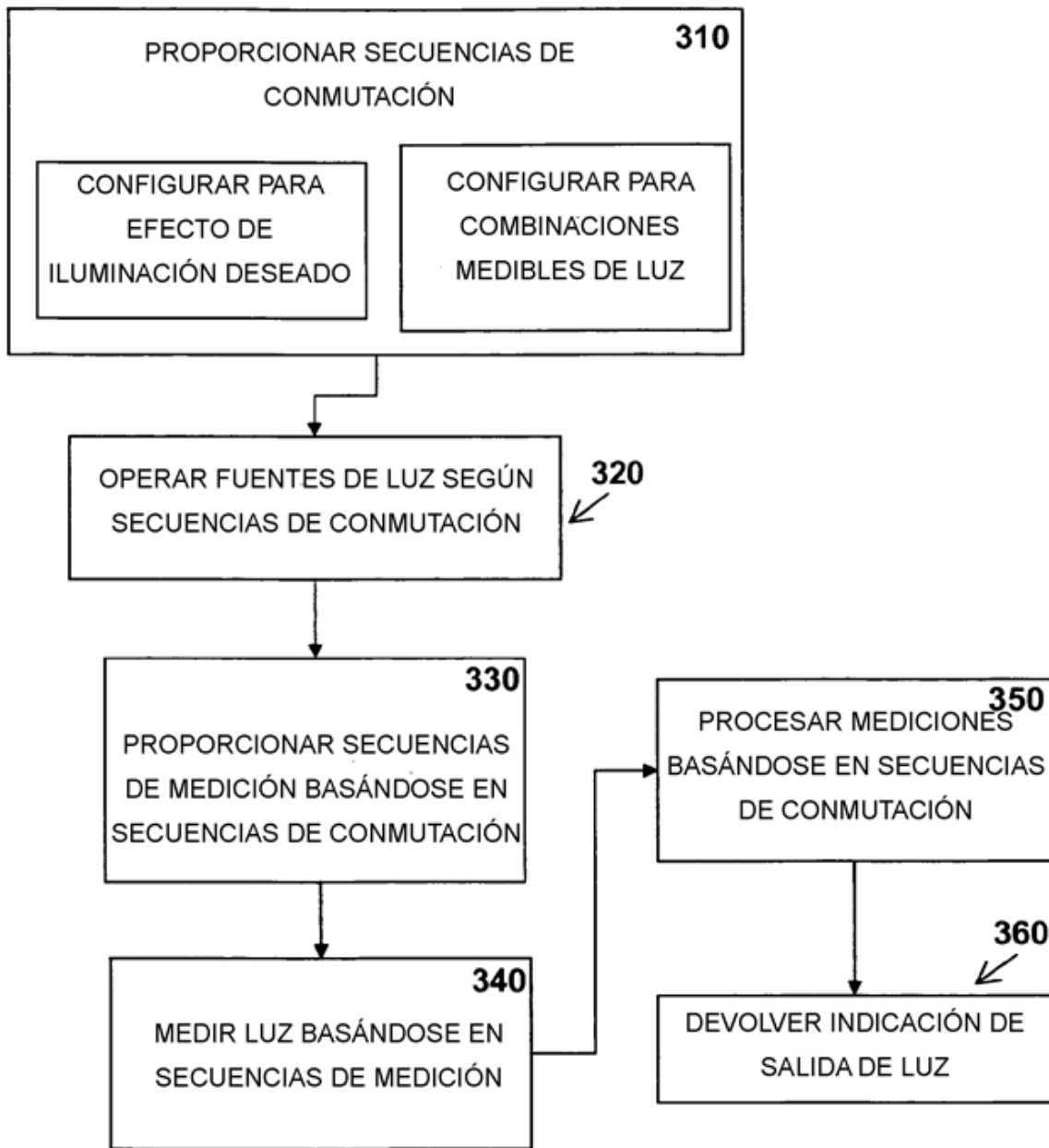


FIG. 3

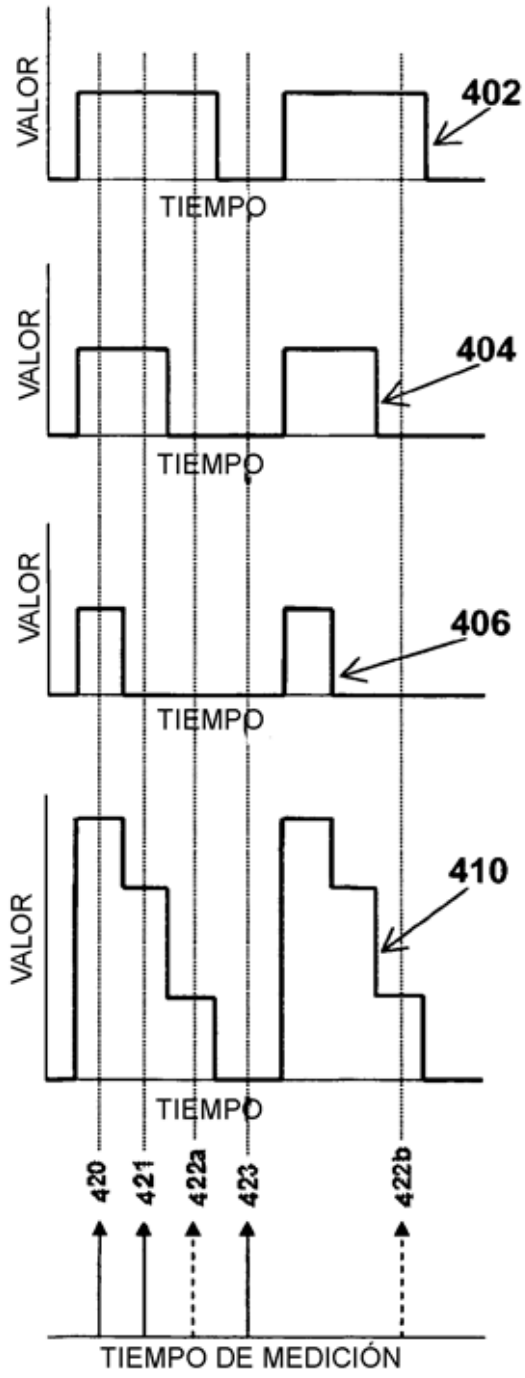


FIG. 4A

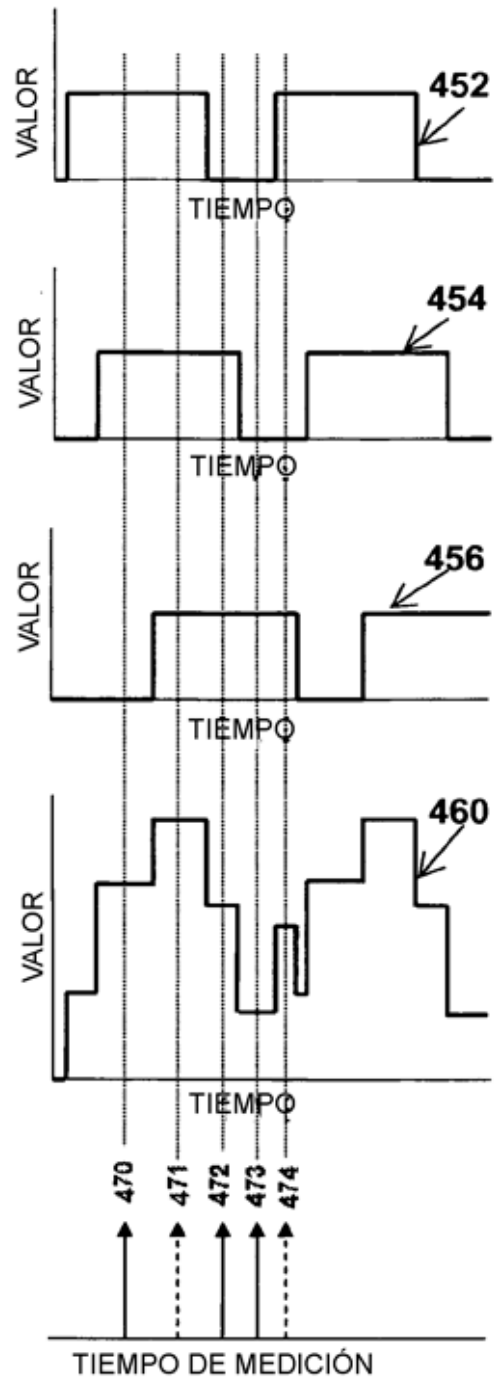


FIG. 4B

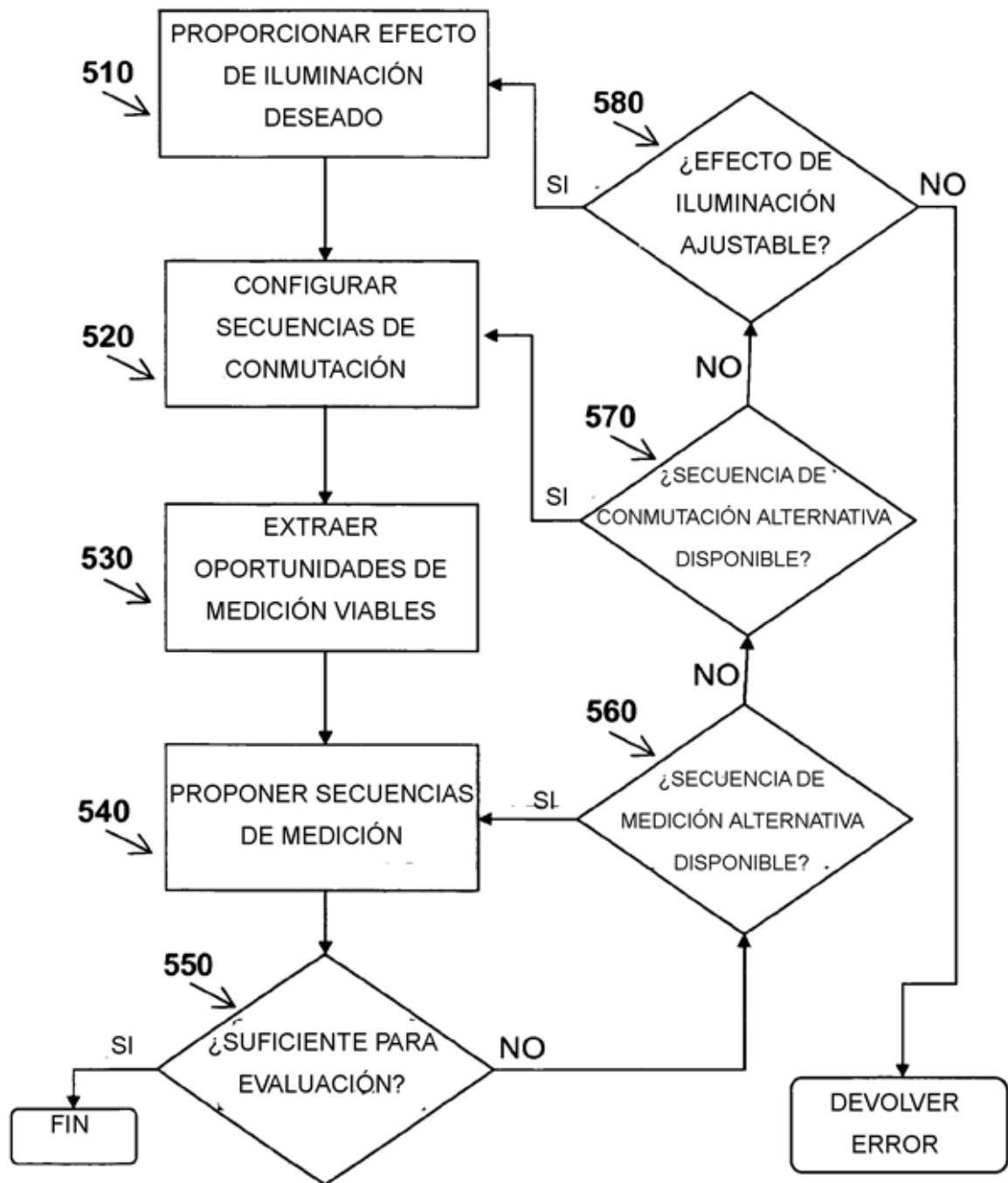


FIG. 5