

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 264**

51 Int. Cl.:

**F21V 9/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2008 E 08838302 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2207998**

54 Título: **Luminaria basada en unos LED integrados para iluminación general**

30 Prioridad:

**09.10.2007 US 978612 P**

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

**14.01.2016**

73 Titular/es:

**PHILIPS LIGHTING NORTH AMERICA  
CORPORATION (100.0%)  
Three Burlington Woods Drive  
Burlington, MA 01803, US**

72 Inventor/es:

**MORGAN, FREDERICK M.;  
DOWLING, KEVIN J.;  
LYS, IHOR A.;  
ROBERGE, BRIAN;  
WILLIAMSON, RYAN C.;  
ROBERTS, RON;  
DATTA, MIKE y  
MOLLNOW, TOMAS**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 556 264 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**

Luminaria basada en unos LED integrados para iluminación general

5 Antecedentes

10 Las lámparas de haz sellado están extendidas y se usan en una variedad de aplicaciones de iluminación. Se emplean, por ejemplo, como faros de automóvil, luces de escenario, luces exteriores de arquitectura, luces de aterrizaje de aviones, y focos. Una lámpara de “haz sellado” es un tipo de lámpara que incluye un reflector y un filamento fabricados como un único conjunto, sobre el que se fija permanentemente una cubierta o lente frontal, normalmente de vidrio claro. Los tamaños populares de lámparas de sellado son los PAR56, PAR38 y PAR30, en donde “PAR” es un acrónimo de Parabolic Aluminum Reflector (Reflector Parabólico de Aluminio). El PAR ha llegado a aceptarse como una unidad de medida no del SI, igual a un octavo de una pulgada. Por ejemplo, una bombilla PAR38 es una bombilla que tiene un diámetro igual a 12,065 cm (4,75 pulgadas). La dispersión del haz de luz común para las lámparas de sellado son haces de dispersión, puntual, puntual estrecho, o puntual muy estrecho.

20 Los focos se encuentran en varias instalaciones de venta, residenciales y arquitectónicas diariamente. Por ejemplo, virtualmente todos los supermercados, almacenes, farmacias, grandes almacenes, joyerías, tiendas de descuento, concesionarios de vehículos a motor y especialmente tiendas de ropa usan la iluminación por focos. Las fuentes de luz convencional típicamente empleadas en aplicaciones de iluminación por focos, sin embargo, padecen de un cierto número de inconvenientes.

25 En particular, las fuentes de luz fluorescente, aunque frecuentemente eficientes y baratas, son demasiado difusas para ser efectivas para una iluminación por focos. En otras palabras, estas fuentes están pobremente adaptadas para aplicaciones que requieran iluminación directa. Además de la pobre distribución de la salida de luz, las temperaturas de color de estas fuentes no están bien adaptadas para muchas aplicaciones. Además, aunque las lámparas halógenas tienden a tener bajos costes directos, buena producción de color y buen control del haz, son típicamente bastante ineficientes para aplicaciones de focos, teniendo eficiencias en la producción de luz en el intervalo de solo 10-20 lúmenes/vatio. Otro tipo de lámpara típicamente usada para iluminación por focos es la lámpara de halogenuro metálico cerámico (“CMH”). Aunque las lámparas CMH pueden ofrecer un buen control del haz y eficiencia energética, tiene típicamente unos costes iniciales altos y pueden ser demasiado brillantes y no atenuables, haciendo aparecer frecuentemente a las áreas adyacentes como oscuras por comparación. Finalmente, la iluminación incandescente tradicional tiende a ser demasiado ineficiente para aplicaciones de iluminación por focos.

35 Dado el amplio uso de la iluminación por focos y otros tipos de iluminación en general, se pueden obtener unos grandes ahorros energéticos para beneficio tanto de usuarios de negocios como de consumidores, como del medio ambiente si la eficiencia energética de la iluminación se pudiera mejorar sin comprometer el rendimiento. A pesar de estos ahorros de energía potenciales y las preocupaciones medioambientales crecientes que han existido durante años en el mundo aún existe, sin embargo, una necesidad de una lámpara de haz sellado que tenga una eficiencia energética sustancialmente mejorada. En particular, existe una necesidad de un foco altamente eficiente, duradero y relativamente barato capaz de proporcionar una iluminación estéticamente agradable con una distribución del haz uniforme para ajustarse a las expectativas de la aplicación y el usuario final.

45 La llegada de las tecnologías de iluminación digital, es decir, iluminación basada en fuentes de luz de semiconductores, tales como los diodos emisores de luz (LED), ofrece una alternativa viable a las lámparas tradicionales fluorescentes, HID e incandescentes. Las ventajas y beneficios funcionales de los LED incluyen una alta conversión de energía y eficiencia óptica, robustez, bajos costes de mantenimiento y muchos otros. El pequeño tamaño de los LED, larga vida útil, bajo consumo de energía y durabilidad los convierte en una gran elección en una variedad de aplicaciones de iluminación.

50 El documento US2005/0073244 desvela un aparato de iluminación que comprende una fuente de luz basada en LED. La fuente de luz basada en LED comprende varios dispositivos LED para la generación de radiación que tenga diferentes espectros. Se acoplan una óptica y un disipador térmico a la fuente de luz basada en LED. Se proporciona una base para la unión mecánica y eléctrica con un casquillo. El circuito eléctrico comprende un convertidor de alimentación para proporcionar una corrección del factor de potencia y el voltaje de funcionamiento. La carcasa comprende un material eléctricamente no conductor y se acopla mecánicamente a la base, en la que se disponen la fuente de luz basada en LED, la óptica, y el disipador térmico. Este conocido aparato de iluminación padece de desviación en el color o temperatura de color de la luz generada durante transitorios térmicos. Estos transitorios térmicos pueden ser sustanciales, dando como resultado diferencias sustanciales en el color y temperatura del color de la luz generada. Esto no es deseable.

65 En consecuencia, sería deseable proporcionar una luminaria mejorada que emplee fuentes de luz LED, que acometa los inconvenientes de las tecnologías convencionales, mientras proporciona iluminación de calidad. Junto a las elevadas propiedades de conversión de color requeridas, las consideraciones de calidad de luz incluyen varios otros criterios observables y medibles tales como la distribución espacial útil y aplicable de la iluminación y una emisión

blanca de temperatura de color deseada sin “halos” u otras artificiosidades de textura y color. Es deseable también que esta luminaria mantenga los factores de forma comúnmente encontrados, de modo que se puedan emplear los equipos, casquillos y conexiones de alimentación existentes, reduciendo además de ese modo costes y reduciendo los desechos asociados con reequipamientos, y facilitando la adopción de la luminaria mejorada.

5

Sumario

La presente invención se refiere en general a luminarias basadas en LED eficientes energéticamente que tienen factores de forma estándar, de modo que se puedan usar con equipamientos de iluminación existentes. Más particularmente, varias realizaciones de la presente invención se dirigen a sistemas de iluminación de elevado rendimiento adecuados para la sustitución de fuentes de iluminación convencionales. Implementando varios conceptos inventivos desvelados en el presente documento, estos sistemas integran una fuente de alimentación eficiente y compacta y componentes de control para el accionamiento de los LED de alta intensidad junto con sistemas de gestión térmica y óptica dentro de la luminaria, proporcionada para adaptar una forma y función equivalente a las luminarias comunes de propósito general incandescentes, fluorescentes y halógenas. En algunas implementaciones, la presente invención contempla una luminaria basada en LED integrada capaz de producir dispersiones del haz útiles para iluminación por focos, tales como el foco PAR38, empleando fuentes de luz basadas en LED.

En resumen, la presente invención está dirigida a un aparato de iluminación, que emplee una fuente de luz basada en LED, una óptica acoplada a la fuente de luz basada en LED, un disipador térmico acoplado a la fuente de luz basada en LED, una base para la unión mecánica y eléctrica con un casquillo, y una carcasa realizada con un material eléctricamente no conductor y mecánicamente acoplado a la base, en el que la fuente de luz basada en LED, la óptica, y el disipador térmico se disponen dentro de la carcasa.

25

El aparato de iluminación puede emplear una fuente de luz basada en LED que comprenda una primera pastilla y una segunda pastilla acopladas a un sustrato. La primera pastilla se configura para producir un primer espectro de radiación y la segunda pastilla se configura para producir un segundo espectro de radiación. La fuente de luz basada en LED emplea además una óptica primaria que tiene un primer texturizado sobre al menos una parte de la misma y, opcionalmente, una óptica secundaria acoplada a la fuente de luz basada en LED y configurada para colimar la luz producida por la fuente de luz basada en LED, en la que la óptica secundaria tiene un segundo texturizado. En una implementación de ejemplo, la óptica primaria comprende una lente semiesférica elevada una distancia por encima del sustrato.

El aparato de iluminación se puede configurar con un factor de forma de reflector de aluminio parabólico (PAR) 38. El aparato emplea al menos un primer LED para la generación de una primera radiación que tenga un primer espectro, y al menos un segundo LED para la generación de una segunda radiación que tenga un segundo espectro diferente del primer espectro, en el que esencialmente la luz blanca generada por el aparato incluye una mezcla de la primera radiación y la segunda radiación. El aparato emplea además una fuente de alimentación conmutada para proporcionar corrección del factor de potencia, un voltaje de funcionamiento para el menos un primer LED y el al menos un segundo LED, una primera corriente para el al menos un primer LED, y una segunda corriente para el al menos un segundo LED. El aparato incluye una base para la unión mecánica y eléctrica con un casquillo, y una carcasa realizada con un material eléctricamente no conductor, mecánicamente acoplada a la base configurada con el factor de forma PAR38, en el que el al menos un primer LED, el al menos un segundo LED, y la fuente de alimentación conmutada se disponen dentro de la carcasa. La fuente de alimentación conmutada se configura para controlar la primera corriente y la segunda corriente de modo que la luz esencialmente blanca generada por el aparato tenga una temperatura de color en el intervalo de desde aproximadamente 2600 K a 3000 K, y un rendimiento de aproximadamente 700 lúmenes a 10 vatios.

De acuerdo con la invención, el aparato de iluminación emplea al menos un primer LED para la generación de una primera radiación que tenga un primer espectro, y al menos un segundo LED para la generación de una segunda radiación que tenga un segundo espectro diferente del primer espectro. El al menos un primer LED y el al menos un segundo LED se conectan eléctricamente en serie entre un primer nodo y un segundo nodo. Una corriente en serie circula entre el primer nodo y el segundo nodo cuando se aplica un voltaje de funcionamiento a través del primer nodo y el segundo nodo. Una fuente de alimentación conmutada proporciona la corrección del factor de potencia y el voltaje de funcionamiento. La fuente de alimentación conmutada controla al menos un trayecto de corriente controlable conectado en paralelo con uno de los al menos un primer LED y al menos un segundo LED de modo que al menos parcialmente desvíe la corriente en serie alrededor del uno del al menos un primer LED y el al menos un segundo LED, de modo que una primera corriente a través del al menos un primer LED y una segunda corriente a través del al menos un segundo LED sean diferentes.

Otro aspecto de la presente invención está dirigido a un aparato para el control de una temperatura de color de la luz blanca generada por una fuente de luz basada en LED durante una transición térmica. La fuente de luz basada en LED se monta en un sustrato térmicamente conductor, y el sustrato térmicamente conductor tiene un rebaje formado en él próximo a la fuente de luz basada en LED. El aparato incluye una tarjeta de circuito impreso que tiene una pestaña para la inserción dentro del rebaje formado en el sustrato térmicamente conductor. El aparato incluye

65

además un sensor de temperatura dispuesto sobre la pestaña de la tarjeta del circuito impreso, de modo que cuando la tarjeta de circuito impreso se inserta dentro del rebaje formado en el sustrato térmicamente conductor, el sensor de temperatura está esencialmente embebido en el sustrato térmicamente conductor próximo a la fuente de luz basada en LED. El aparato incluye también una pluralidad de componentes dispuestos sobre la tarjeta de circuito impreso y que constituyen una fuente de alimentación conmutada para proporcionar corrección del factor de potencia y un voltaje de funcionamiento a la fuente de luz basada en LED, comprendiendo la fuente de alimentación conmutada al menos un controlador por circuito integrado (CI).

Tal como se usa en el presente documento para las finalidades de la presente divulgación, el término "LED" se debería entender que incluye cualquier diodo electroluminiscente u otro tipo de sistema basado en portadores en inyección/unión que sea capaz de generar radiación en respuesta a una señal eléctrica. Por ello, el término LED incluye, pero sin limitarse a, varias estructuras basadas en semiconductor que emiten luz en respuesta a la corriente, polímeros emisores de luz, diodos emisores de luz orgánicos (OLED), tiras electroluminiscentes, y otros similares. En particular, el término LED se refiere a diodos emisores de luz de todo tipo (incluyendo diodos emisores de luz de semiconductores y orgánicos) que se pueden configurar para generar radiación en uno o más de entre el espectro infrarrojo, espectro ultravioleta, y varias partes del espectro visible (incluyendo generalmente longitudes de onda de radiaciones de aproximadamente 400 nanómetros a aproximadamente 700 nanómetros). Algunos ejemplos de LED incluyen, pero sin limitarse a, varios tipos de LED infrarrojo, LED ultravioleta, LED rojo, LED azul, LED verde, LED amarillo, LED ámbar, LED naranja, y LED blanco (explicados aún más a continuación). Se debería apreciar también que los LED se pueden configurar y/o controlar para generar radiación que tenga varios anchos de banda (por ejemplo, la anchura a media altura, o FWHM) para un espectro dado (por ejemplo, ancho de banda estrecho, ancho de banda ancho), y una variedad de longitudes de onda dominantes dentro de una categorización de color general dada.

El término "espectro" se debería entender que se refiere a cualquiera de una o más frecuencias de radiación (o longitudes de onda) producidas por una o más fuentes de luz. En consecuencia, el término "espectro" se refiere a frecuencias (o longitudes de onda) no solo en el intervalo visible, sino también frecuencias (o longitudes de onda) en el espectro infrarrojo, ultravioleta y otras áreas del espectro electromagnético global. También, un espectro dado puede tener un ancho de banda relativamente estrecho (por ejemplo, un FWHM que tenga esencialmente pocos componentes de frecuencia o longitud de onda) o un ancho de banda relativamente ancho (varios componentes de frecuencia o longitud de onda que tengan varias intensidades relativas). Se debería apreciar también que un espectro dado puede ser el resultado de una mezcla de dos o más otros espectros (por ejemplo, la mezcla de radiación respectivamente emitida desde múltiples fuentes de luz). Para los propósitos de esta divulgación, el término "color" se usa de modo intercambiable con el término "espectro". Sin embargo, el término "color" se usa generalmente para referirse principalmente a una propiedad de la radiación que es percibida por un observador (aunque este uso no se pretende que limite el alcance de este término). En consecuencia, los términos "diferentes colores" se refieren implícitamente a múltiples espectros que tengan diferentes componentes de longitud de onda y/o anchos de banda. Se debería apreciar también que el término "color" se puede usar en conexión tanto con luz blanca como no blanca.

El término "temperatura de color" se usa generalmente en el presente documento en conexión con la luz blanca, aunque este uso no se pretende que limite el alcance de este término. La temperatura de color se refiere esencialmente al contenido o tonalidad de color particular (por ejemplo, rojizo, azulado) de la luz blanca. La temperatura de color de una muestra de radiación dada se caracteriza convencionalmente de acuerdo con la temperatura en kelvin (K) de un radiador de cuerpo negro que radia esencialmente el mismo espectro que la muestra de radiación en cuestión. Las temperaturas de color del radiador de cuerpo negro caen generalmente dentro de un intervalo de desde aproximadamente 700 K (típicamente considerado el primer visible para el ojo humano) a por encima de 10.000 K; aunque la luz se percibe generalmente a temperaturas de color por encima de 1500-2000 K.

Temperaturas de color más bajas indican generalmente una luz blanca que tiene un componente en rojo más significativo, o una "sensación más cálida", mientras que temperaturas de color más altas indican generalmente luz blanca que tiene un componente de azul más significativo o una "sensación más fría". A modo de ejemplo, el fuego tiene una temperatura de color de aproximadamente 1.800 K, una bombilla incandescente convencional tiene aproximadamente 2848 K, la luz de día de la primera mañana tiene una temperatura de color de aproximadamente 3.000 K, y un cielo a mediodía nublado tiene una temperatura de color de aproximadamente 10.000 K. Una imagen en color vista bajo luz blanca que tenga una temperatura de color de aproximadamente 3.000 K tiene un tono relativamente rojizo, mientras que la misma imagen en color vista bajo luz blanca que tenga una temperatura de color de aproximadamente 10.000 K tiene un tono relativamente azulado.

El término "controlador" se usa en el presente documento en general para describir varios aparatos que se refieren al funcionamiento de una o más fuentes de luz. Un controlador se puede implementar de numerosas formas (por ejemplo, tal como con hardware dedicado) para realizar varias funciones explicadas en el presente documento. Un "procesador" es un ejemplo de un controlador que emplea uno o más microprocesadores que se pueden programar usando software (por ejemplo, microcódigo) para realizar varias funciones explicadas en el presente documento. Un controlador se puede implementar con o sin el empleo de un procesador, y puede implementarse como una

combinación de hardware dedicado para realizar algunas funciones y un procesador (por ejemplo, uno o más microprocesadores programados y circuitos asociados) para realizar otras funciones. Ejemplos de componentes del controlador que se pueden emplear en varias realizaciones de la presente divulgación incluyen, pero sin limitarse a, microprocesadores convencionales, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), y matrices de puertas programables en campo (FPGA).

En varias implementaciones, un procesador o controlador se puede asociar con uno o más medios de almacenamiento (genéricamente referidos en el presente documento como "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, el medio de almacenamiento se puede codificar con uno o más programas que, cuando se ejecutan en uno o más procesadores y/o controladores, realizan al menos algunas de las funciones explicadas en el presente documento. Varios medios de almacenamiento pueden fijarse dentro de un procesador o controlador o pueden ser transportables, tal como los uno o más programas almacenados en ellos pueden cargarse dentro de un procesador o controlador de modo que implementen varios aspectos de la presente divulgación explicados en el presente documento. Los términos "programa" o "programa informático" se usan en el presente documento en un sentido genérico para referirse a cualquier tipo de código informático (por ejemplo, software o microcódigo) que se pueda emplear para programar uno o más procesadores o controladores.

#### Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, caracteres de referencia iguales se refieren en general a las mismas partes a todo lo largo de las diferentes vistas. También, los dibujos no están necesariamente a escala, aplicándose en general en su lugar énfasis para los principios de ilustración.

Las FIGS. 1A y 1B ilustran vistas en perspectiva frontal y posterior, respectivamente, de una luminaria basada en LED de acuerdo con una implementación de la presente invención;

la FIG. 2 ilustra una vista en despiece de una luminaria basada en LED de las FIGS. 1A-1B;

la FIG. 3 ilustra una vista en sección transversal de la luminaria basada en LED de las FIGS. 1A-1B, que ilustra esquemáticamente la fuente de alimentación apilada de acuerdo con una implementación de la presente invención;

la FIG. 4 es una vista ampliada que ilustra la colocación relativa del módulo LED y el conector térmico mostrados en la FIG. 3;

la FIG. 5 es una vista en planta superior que ilustra esquemáticamente una disposición de pastilla LED de un módulo LED de acuerdo con una implementación de la presente invención;

las FIGS. 6A y 6B son vistas laterales que ilustran los módulos LED que incluyen texturizados, de acuerdo con varias implementaciones de la presente invención;

la FIG. 6C es una vista lateral que ilustra una realización de las lentes 203 de las FIGS. 6A-6B, en la que la lente tiene una forma semiesférica alzada;

las FIGS. 7A-7B ilustran una vista en perspectiva y una vista en sección transversal, respectivamente, de la óptica del reflector mostrado en las FIGS. 2-3;

la FIG. 8 ilustra una aplicación de iluminación por focos de una luminaria basada en LED de acuerdo con una implementación de la presente invención;

las FIGS. 9A-9C ilustran una vista desde la parte superior, una vista lateral, y una vista en sección transversal, respectivamente, y una carcasa en la que se pueden disponer varios componentes de una luminaria basada en LED de acuerdo con una implementación de la presente invención;

la FIG. 9D ilustra una carcasa alternativa a la mostrada en las FIGS. 9A-9C;

las FIGS. 10A y 10C ilustran una vista en despiece y una vista en sección transversal montada, respectivamente, de una luminaria basada en LED de acuerdo con otra implementación de la presente invención;

la FIG. 10B ilustra una vista desde la parte superior de la lente de cubierta de la luminaria basada en LED de la FIG. 10A;

la FIG. 11 es una vista desde la parte superior que ilustra la colocación relativa del módulo LED y el disipador térmico de la FIG. 10A;

las FIGS. 12A-12B ilustran una vista lateral y una vista desde la parte superior, respectivamente del módulo LED y una tarjeta de circuito con forma de anillo de la FIG. 10A;

5 las FIGS. 13A y 13B ilustran configuraciones alternativas de un módulo LED y una tarjeta de circuito flexible, de acuerdo con varias implementaciones de la presente invención;

la FIG. 14 ilustra una vista ampliada de varios componentes de la luminaria de la FIG. 10A;

10 la FIG. 15 es un diagrama de bloques generalizado que ilustra varios componentes eléctricos de una fuente de alimentación para múltiples cargas conectadas en serie, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

15 la FIG. 16 es un diagrama de circuito que ilustra una etapa de corrección del factor de potencia de la fuente de alimentación mostrada en la FIG. 15, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

la FIG. 17 es un diagrama del circuito que ilustra la etapa de corrección del factor de potencia de la fuente de alimentación mostrada en la FIG. 15, junto con un controlador asociado, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

20 la FIG. 18 es un diagrama de circuito que ilustra una etapa de control de carga de la fuente de alimentación mostrada en la FIG. 15, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

25 la FIG. 19 es un diagrama del circuito que ilustra la etapa de control de carga de la fuente de alimentación mostrada en la FIG. 15, junto con un controlador asociado, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

la FIG. 20 ilustra un diagrama de flujo que muestra un método de compensación de temperatura implementado por el controlador de la FIG. 19 para el control de la etapa de control de carga, de acuerdo con una implementación de la presente invención;

30 la FIG. 21 ilustra dos trazados de temperatura de color de la luz generada respecto al tiempo en base al método de compensación de temperatura de la FIG. 20, de acuerdo con una implementación de la presente invención; y

35 la FIG. 22 ilustra una configuración de ejemplo de la tarjeta de circuito impreso sobre la que se dispone la fuente de alimentación de la FIG. 15, y un acoplamiento de la tarjeta de circuito impreso a un sustrato que transporta las cargas LED, de acuerdo con una implementación de la invención.

#### Descripción detallada

40 Se describen a continuación varias implementaciones de la presente invención y conceptos inventivos relacionados, que incluyen ciertas implementaciones que se refieren a luminarias PAR38. Se debería apreciar, sin embargo, que la presente invención no está limitada a ninguna forma particular de implementación, y que las diversas realizaciones explicadas explícitamente en el presente documento son principalmente para finalidades de ilustración. Por ejemplo, los diversos conceptos explicados en el presente documento se pueden implementar adecuadamente en una variedad de luminarias que tengan diferentes factores de forma y producción de luz.

45 Como se ha mencionado anteriormente, algunos aspectos de la invención explicados en el presente documento se refieren a sistemas de iluminación de elevado rendimiento adecuados para la sustitución de fuentes de luz convencionales. Estos sistemas integran una fuente de alimentación eficiente compacta y componentes de control para el accionamiento de los LED de alta intensidad junto con sistemas de gestión térmica y óptica dentro de una luminaria, proporcionados para una adaptación de forma y función equivalente a luminarias comunes de propósito general incandescentes, fluorescentes y halógenas. Los presentes solicitantes han reconocido y apreciado que ningún componente o sistema de una luminaria basada en LED de alto rendimiento puede diseñarse aisladamente y que el rendimiento del sistema es un resultado de aspectos técnicos interrelacionados. De ese modo, el impacto de las elecciones de diseño en un área del sistema puede tener consecuencias indeseables en otras áreas. Por ejemplo, el intento de generar más rendimiento de una fuente LED puede llegar a costa de una mayor densidad de potencia, exacerbando la carga térmica y, a su vez, la eficiencia global del sistema. La manipulación de las limitaciones de pastilla y en empaquetado puede tener efectos contraproducentes que necesitan acometerse a través de una consideración cuidadosa de la óptica. En consecuencia, el enfoque desvelado en detalle a continuación usa optimizar la eficiencia de la fuente LED y la geometría con una variedad de consideraciones sobre el diseño del sistema, incluyendo una gestión térmica eficiente y gestión de la energía.

60 Las FIGS. 1A y 1B ilustran un ejemplo no limitativo de una luminaria 100 basada en LED de acuerdo con una implementación de la presente invención. La luminaria 100 incluye una base roscada 110, un recinto base 120, un disipador térmico 130, una lente de cobertura 140, y una óptica reflectora 160, descritas con detalle adicional a continuación. La base roscada 110 se configura para atornillarse dentro de casquillos de iluminación estándar para suministro de alimentación en corriente alterna a la luminaria 100, y por lo tanto puede ser una base roscada de

- estilo Edison o cualquier otra base roscada adecuada. El recinto base 120 puede estar hecho de metal o material plástico resistente al impacto, tal como, por ejemplo, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) mediante cualquier proceso convencional tal como moldeado por inyección. En varias implementaciones de la presente invención, el recinto base 120 tiene características de disipación térmica, tal como aletas 121 (mostradas en la figura 2, descrita a continuación), que son útiles para la conducción del calor y/o para facilitar el flujo de aire de refrigeración a través de la luminaria. El recinto base se conecta al disipador térmico 130 mediante cualquier medio de fijación convencional, por ejemplo, tornillos 125.
- El disipador térmico 130 está formado con un material conductor del calor, por ejemplo aluminio, y se configura para facilitar la disipación térmica mientras continúa siendo relativamente ligero. Por ejemplo, en una implementación, el disipador térmico 130 tiene un diseño en forma de jaula, e incluye una pluralidad de aletas de disipación del calor 135 separadas, que proporcionan un área superficial sustancial para disipación térmica. El disipador térmico 130 puede tratarse para facilitar la disipación del calor, por ejemplo mediante chorreado de arena.
- La lente de cobertura 140 puede realizarse a partir de cualquier material transparente conocido, tal como vidrio, acrílico, o policarbonato. La lente de cobertura 140 se asienta sobre apoyos en el disipador térmico 130 y se fija a continuación con cualquier fijación o conectores convenientes, tales como tornillos. En una implementación, tal como se ilustra en las FIGS. 1A-1B, la luminaria 100 basada en LED tiene un factor de forma de una lámpara PAR38, de modo que su diámetro más ancho mide 12,065 cm (4,75 pulgadas). Son posibles también otros factores de forma.
- Con referencia ahora a las FIGS. 2 y 3, una vista en despiece y una vista en sección transversal respectivamente, de la luminaria 100 revelan las características contenidas dentro del recinto base 120 y el disipador térmico 130. En varias implementaciones de la presente invención, el recinto base 120 aloja una fuente de alimentación y el módulo de control electrónico 414 (también denominado en el presente documento simplemente como "fuente de alimentación"), que incluye una o más tarjetas de circuito impreso 175 que tienen componentes de circuito de gestión de alimentación y controlador 180 dispuestos en el mismo (por ejemplo, fuente de alimentación, controlador/procesador, y/o componentes de memoria, etc.) para el accionamiento y control de los diodos emisores de luz (LED) proporcionados en un módulo LED 150, descrito con mayor detalle a continuación.
- La fuente de alimentación 414 puede tener diversas configuraciones para optimizar su rendimiento en tanto tiene en cuenta las limitaciones de espacio del recinto base. Por ejemplo, en una implementación como la mostrada en las FIGS. 2 y 3, la fuente de alimentación incluye múltiples tarjetas de circuito impreso apiladas una sobre la otra y fijadas con el recinto base en los intervalos deseados. Las tarjetas de circuito se conectan eléctricamente mediante cables que se trazan entre ellas. En otras implementaciones de la presente invención, se ajusta una tarjeta de circuito continua (por ejemplo flexible) dentro del espacio proporcionado dentro del recinto base, por ejemplo, mediante enrollado o devanado. En otra implementación más, se fija un único circuito impreso perpendicularmente al calor, tal como se describe con respecto a las FIGS. 10A y 10C, a continuación. Son posibles también otras configuraciones.
- Pueden hallarse algunos ejemplos generales de unidades y métodos de iluminación basadas en LED para su control, adecuadas para su uso en conjunto con luminarias de acuerdo con la presente divulgación, por ejemplo, en las Patentes de Estados Unidos n.º 6.016.038, y 6.211.626. También, se pueden encontrar algunos ejemplos generales de procesamiento de energía digital e integración de la gestión de energía y datos dentro de un dispositivo LED, adecuados para su uso en conjunto con las luminarias de acuerdo con la presente divulgación, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos n.º 7.233.115, Patente de Estados Unidos n.º 7.256.554, y la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º de Serie 12/113.320. Algunos ejemplos específicos de fuentes de alimentación y electrónica de control de acuerdo con las realizaciones de la presente invención se explican en detalle a continuación en conexión con las FIGS. 15-22.
- Las conexiones eléctricas entre la fuente de alimentación 414 y el módulo LED 150 pueden proporcionarse de cualquier forma adecuada, tal como a través de orificios en la base del disipador térmico 130. Son posibles también otras formas de interconexión.
- En varias implementaciones de la presente invención, y tal como se ilustra en la FIG. 3, se dispone un conector térmico 190 entre el módulo LED 150 y el disipador térmico 130, para proporcionar conductividad térmica entre ellos para facilitar la disipación térmica. El conector térmico 190 está hecho de un material térmicamente conductor, tal como cobre, y se fija a la parte posterior del módulo LED mediante una soldadura por inducción o cualquier otro método adecuado. Esta configuración minimiza el número de interfaces térmicas entre el módulo LED 150 y el disipador térmico 130 y, a su vez, reduce la resistencia térmica vista por el módulo LED. El conector térmico 190 puede tomar la forma de un enchufe, o bayoneta, tal como se muestra en la FIG. 3, que se inserta en una cavidad, o rebaje, en el disipador térmico, o puede tomar cualquier otra forma adecuada. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, el conector térmico 190 puede formarse como una delgada capa sobre el disipador térmico, o como una o más tiras metálicas, tal como cobre, formada sobre una parte de la superficie del disipador térmico 130. El módulo LED puede soldarse entonces a la(s) tira(s) metálica(s), por ejemplo usando soldadura por inducción.

- La FIG. 4 es una vista ampliada del conector térmico 190, el módulo LED 150, y una parte del disipador térmico 130, cuyos bordes exteriores se muestran mediante líneas discontinuas para indicar que solo se muestra una parte del disipador térmico. Tal como se ilustra, en una realización no limitativa el conector térmico 190 no está enrasado con el disipador térmico 130, sino que en su lugar se extiende por encima de la superficie del disipador térmico 130 en una cantidad  $Z_1$ . De ese modo, el módulo LED 150 se sitúa por encima del disipador térmico en la distancia  $Z_1$ . Al posicionar así el módulo LED 150 por encima de la superficie del disipador térmico, puede optimizarse la posición del módulo LED 150 con relación a la óptica del reflector 160 (mostrada en la FIG. 3). De ese modo, la distancia  $Z_1$  puede tomar cualquier valor adecuado, por ejemplo ser de 0,5 mm, 1 mm o cualquier otro valor adecuado.
- El módulo LED 150 puede tomar cualquier forma adecuada, dado que los diversos aspectos de la invención no están limitados al uso con cualquier tipo particular de fuente de luz LED. Las FIGS. 5 y 6A-6C ilustran ejemplos de características que pueden incluir el módulo LED 150. Sin embargo, se debería apreciar que estas características son solo opcionales, y que son posibles otras formas del módulo LED 150.
- Como se muestra en la FIG. 5, de acuerdo con una realización, el módulo LED 150 incluye un substrato 206 (por ejemplo, una tarjeta de circuito impreso), sobre el que se disponen múltiples pastillas LED 202 y 204. Las propiedades de la pastilla LED individuales se seleccionan para proporcionar el tipo particular de producción de luz deseada para la luminaria 100 basada en LED. Por ejemplo, en varias realizaciones, un primer tipo de pastilla LED 202 puede incluir una o más uniones LED para la generación de una primera radiación que tenga un primer espectro, y un segundo tipo de pastilla LED 204 puede incluir una o más uniones LED para la generación de una segunda radiación que tenga un segundo espectro diferente al primer aspecto. Aunque se da para la luminaria un ejemplo general de dos tipos diferentes de LED, se debería apreciar que se pueden emplear juntos una variedad de tipos diferentes de LED en varios números/combinaciones para proporcionar una luz resultante que se base en una mezcla de los espectros de las fuentes diferentes respectivas.
- En una implementación de ejemplo de la presente invención, las propiedades de emisión de luz de la pastilla LED se seleccionan respectivamente para proporcionar luz blanca de una temperatura de color deseada. Por ejemplo, una implementación de un módulo LED configurado para generar luz esencialmente blanca puede incluir un cierto número de pastillas que emitan respectivamente diferentes espectros de electroluminiscencia que, en combinación, se mezclen para formar luz esencialmente blanca. En otra implementación, se puede asociar un LED de luz blanca con un material de fósforo que convierte la electroluminiscencia que tiene un primer espectro en un segundo espectro diferente. En un ejemplo de esta implementación, la electroluminiscencia que tiene una longitud de onda relativamente corta y un espectro de ancho de banda estrecho "se bombea" sobre el material de fósforo, que a su vez radia una radiación de longitud de onda más larga que tiene en alguna forma un espectro más amplio.
- Con referencia a la FIG. 5, la disposición de la pastilla (o paquete) LED en el módulo LED 150 se selecciona para proporcionar el tipo de luz combinada deseada para la luminaria 100 basada en LED. En ciertas realizaciones, la luminaria 100 basada en LED emite una luz blanca de una temperatura de color predeterminada o intervalo de temperaturas de color. En varias implementaciones, la disposición incluye una combinación de LED de emisión directa (por ejemplo una radiación esencialmente monocromática o de ancho de banda estrecho) y LED de conversión por fósforo (por ejemplo, una radiación en banda relativamente más ancha). Por ejemplo, en una implementación, una pluralidad de primeros LED 202 que emiten una primera radiación 503 se combina con una pluralidad de segundos LED 204 que emiten una segunda radiación 505. Los primeros LED 202 pueden ser pastillas LED de emisión directa, mientras que los segundos LED 204 puede ser pastillas LED de conversión por fósforo.
- En una implementación, la disposición mostrada en la FIG. 5 se usa para producir luz blanca. Los primeros LED 202 son pastillas LED de emisión directa, y los segundos LED 204 son pastillas LED de conversión por fósforo. La temperatura de color correlacionada (CCT) resultante de la luz blanca depende de la cantidad de material de fósforo que se aplique a los LED de emisión azul (es decir, los segundos LED 204 en este ejemplo no limitativo), así como la cantidad de luz que procede de los LED de emisión directa roja (es decir los primeros LED 202 en este ejemplo no limitativo). Para conseguir el punto de color deseado, ambos parámetros se controlan juntos, por ejemplo, variando la cantidad de emisión roja del módulo de la fuente mediante el ajuste de los LED de conversión por fósforo y de emisión directa de modo independiente.
- En una implementación para proporcionar luz blanca que tenga una temperatura de color correlacionada (CCT) de aproximadamente 2800 kelvin, se proporcionan una mezcla de veinte segundos LED 204, cada uno de los cuales es una pastilla LED de conversión por fósforo en este ejemplo, y seis primeros LED 202, cada uno de los cuales es una pastilla LED de emisión directa en este ejemplo, sin embargo, son posibles otros números y combinaciones de pastillas. Los segundos LED 204 incluyen LED azules acoplados con un material de fósforo adecuado para la generación de luz blanca, disponibles en Cree, Inc. of Durham, NC. Los primeros LED 202 incluyen LED rojos, disponibles también en Cree, Inc. of Durham, NC. En ciertas implementaciones de la presente invención, la relación de pastillas LED de emisión directa (por ejemplo los primeros LED 202) a pastillas LED de conversión por fósforo (por ejemplo los segundos LED 204) se selecciona para proporcionar un índice de reproducción cromática (CRI) elevado, con un intervalo de aproximadamente 85-90, o más alto, y un CCT de aproximadamente 2800 kelvin. En la implementación de la FIG. 5, esta relación es 3/10 con 6 LED de emisión directa y 20 LED de conversión por fósforo.

En general, el número de LED en el módulo LED se selecciona para proporcionar eficiencias de controlador favorables y eficacia luminosa. En varias implementaciones, se usa un número mayor de LED más pequeños. El tamaño de los chips LED se optimiza dentro de las limitaciones del factor de forma de la luminaria (particularmente a la vista del diámetro de la abertura posterior del reflector 160), para proporcionar una producción de luz favorable, propiedades térmicas, y densidad de corriente, equilibrada contra costes de empaquetado, costes de sustrato y óptica, costes de la adhesión de la pastilla, pérdidas de producción, etc. En algunas implementaciones, se usan chips LED estándar comercialmente disponibles que tienen un diámetro de 700 micras. En otras implementaciones, la presente invención contempla el uso de chips LED personalizados para disminuir aún más los costes del módulo LED en tanto se mantienen los niveles deseados de rendimiento global. En particular, se consiguen múltiples beneficios mediante el incremento del número o densidad de LED, tal como beneficios ópticos, eléctricos, térmicos, de empaquetado, coste y eficiencia energética. En primer lugar, una constelación más densa de pastillas produce una producción de luz más uniforme, mejorando de ese modo la mezcla de color, problemas de reflejos y luminancia. En segundo lugar un número mayor de LED cuando se conectan en serie, permite el uso de corrientes eléctricas más bajas, lo que puede proporcionarse mediante controladores de coste más bajo. En tercer lugar la densidad de potencia de un número mayor de chips más pequeños es más baja y las calidades térmicas globales mejoran. Dado que los requisitos de potencia se reducen mediante el uso de pastillas/empaquetados más pequeños, los costes de empaquetado también caen. Finalmente, los beneficios eléctricos, térmicos y ópticos combinados conducen a eficiencias mayores del sistema global, integrado.

En general, la disposición de varios tipos de pastillas se selecciona para proporcionar una buena mezcla de color y una uniformidad mejorada del color y/o temperatura de color, de modo que se consiga un aspecto visual uniforme de la producción de luz de la luminaria 100. En la implementación de la FIG. 5, los primeros LED 202 (por ejemplo, la pastilla LED de emisión directa) se disponen de alguna forma hacia los bordes del módulo LED 150, pero en una forma distribuida aleatoriamente. Esta configuración proporciona una distribución de color muy uniforme en localizaciones tanto cerca como alejadas de la luminaria 100.

En varias implementaciones, las corrientes eléctricas a través de los diversos tipos de pastillas controladas individualmente se seleccionan para, en parte, conseguir el flujo luminoso y eficacia deseados de la luminaria 100 basada en LED. Por ejemplo, para conseguir una producción de luz blanca desde la luminaria 100 que tiene un CCT de aproximadamente 2800 kelvin y un flujo luminoso de aproximadamente 600 lúmenes, la corriente a través de los segundos LED 204, que se conectan en serie, es de aproximadamente 0,142 amperios, y la corriente a través de los primeros LED 202, también conectados en serie, es de aproximadamente 0,125 amperios. La producción y eficiencia de esta implementación PAR38 es aproximadamente el triple en la producción y el doble de la eficiencia de algunas lámparas PAR38 existentes, representando una mejora significativa sobre los enfoques convencionales.

Como se muestra en las FIGS. 6A y 6B, en varias implementaciones el módulo LED 150 incluye además una óptica primaria. La óptica primaria en las FIGS. 6A y 6B es una lente 203 montada sobre el sustrato 206 que puede soportar una o más pastillas LED. La lente 203 puede ser una lente de silicona que cubra la pastilla LED. De acuerdo con algunas realizaciones, la óptica primaria de un módulo LED 150 puede incluir texturizado para facilitar la mezcla de la luz producida por el módulo LED 150.

Por ejemplo, con referencia a la FIG. 6A, la lente 203 puede incluir texturizado sobre una superficie interior en la forma de resaltes 205. Puede tener cualquier número adecuado de resaltes 205, y los resaltes pueden tener cualquier forma y tamaño adecuados. Además, los resaltes 205 pueden tener relativamente entre sí cualquier separación adecuada, y pueden formarse sobre sustancialmente toda la superficie interior de la lente 203, o cubrir solo una zona de la superficie interior de la lente 203.

Alternativamente, como se muestra en la FIG. 6B, un módulo LED 150 puede incluir una lente 203 que tenga texturizado sobre una superficie exterior, tal como se muestra por los resaltes 207. De modo similar a los resaltes 205 descritos en conexión con la FIG. 6A, los resaltes 207 pueden tener cualquier forma, tamaño y separación adecuados, y se puede incluir cualquier número de resaltes 207. Además, se debería apreciar que los resaltes 205 mostrados en la FIG. 6A, y los resaltes 207 mostrados en la FIG. 6B, pueden cubrir solo una zona de la lente 203, y no necesariamente toda la lente 203. Además, se debería apreciar que los resaltes 205 y 207 se pueden usar en combinación, de modo que la lente 203 puede incluir texturizado sobre tanto la superficie interior como la exterior. Más aún, se debería apreciar que los resaltes 205 y 207 son solo un ejemplo no limitativo de texturizado de una óptica primaria, y que se pueden emplear otras formas de texturizado, tales como dentados, crestas, canales, enrejillados o cualquier otro tipo adecuado de texturizado. Además, se debería apreciar que la lente 203 puede no incluir ningún texturizado en absoluto en algunas realizaciones.

Además, la lente 203 puede tomar diferentes formas. Por ejemplo, de acuerdo con una realización, la lente 203 es sustancialmente semiesférica. Sin embargo, en varias implementaciones, la lente 203 se moldea para tener una forma que no sea perfectamente semiesférica. Por el contrario, el centro de la semiesfera está elevado en alguna distancia. La FIG. 6C ilustra un ejemplo. Tal como se muestra, la lente 203A no es perfectamente semiesférica. Por el contrario incluye una zona semiesférica alzada una cantidad  $H_1$  por encima del sustrato 206. De ese modo, el centro de la semiesfera, mostrado como  $P_{centro}$ , está elevado por encima del sustrato 206 en una cantidad  $H_1$ , y puede ser sustancialmente coplanar con la superficie superior de los primeros LED 202 y/o los segundos LED 204.

De ese modo, el perfil de la cúpula impide que la luz se redirija hacia la pastilla y se pierda, y permite que la óptica secundaria, tal como la lente de cobertura 140, capture más luz emitida desde la óptica primaria. En varias implementaciones, el área cubierta por la óptica primaria se extiende más allá del área de la pastilla LED en una extensión que reduce o elimina las pérdidas de luz debidas a los elevados ángulos asociados con las paredes de la óptica primaria. En una implementación, el diámetro de la matriz de pastillas LED del módulo LED 150 es de aproximadamente 7 mm, el diámetro de la óptica primaria (por ejemplo, la lente 203) es de aproximadamente 11 mm.

Tal como se ilustra en las FIGS. 1B, 2 y 3, la luminaria 100 basada en LED incluye también una óptica reflectora 160, que se aloja dentro del disipador térmico 130 para la conformación del haz de la luz emitida por el módulo LED 150. En varias implementaciones, la óptica reflectora 160 está hecha de un material plástico que se recubre con un material reflector, tal como aluminio. El módulo LED 150 se sitúa de modo que la luz emitida por la óptica primaria (por ejemplo, la lente 203) se transmite a través de una abertura posterior (por ejemplo, una abertura de salida) del reflector óptico 160. La lente de cobertura 140 se sitúa por encima de la óptica reflectora 160 para proporcionar un haz de luz uniforme. En varias implementaciones, se puede añadir un difusor holográfico adicional (no mostrado) — por ejemplo, un difusor de 5°— a la óptica secundaria para homogenizar aún más la producción de luz. Sin embargo, se debería apreciar que en algunas implementaciones no se puede incluir ningún difusor sobre la abertura de salida formada por la óptica reflectora. Preferiblemente, la distribución angular de la salida de luz de las fuentes de luz LED de espectro diferente respectivo (por ejemplo, los “canales” de LED azul y rojo en una implementación de ejemplo) es de próxima a idéntica. En una implementación, el uso de una superficie reflectora en el 90% de la óptica reflectora 160, la eficiencia del sistema óptico de aproximadamente 83% con un ángulo del haz de aproximadamente 25 grados FWHM.

La óptica reflectora 160 puede tomar cualquier forma adecuada. Como se muestra en la FIG. 7A la óptica reflectora 160 puede incluir una superficie exterior 161 que sea una superficie tallada. Sin embargo, se debería apreciar que la superficie exterior 161 puede ser continua en algunas realizaciones, dado que los diversos aspectos de la invención no están limitados en este sentido. Debido a que el módulo LED se dispone dentro de la óptica reflectora 160, la forma de la superficie exterior 161 puede no impactar en la funcionalidad de la óptica reflectora.

La óptica reflectora 160 incluye también una superficie interior 163, que se muestra con detalle adicional en la FIG. 7B, que ilustra la óptica reflectora 160 a lo largo de la línea A-A de la FIG. 7A. Como se muestra en la FIG. 7B, la superficie interior 163 de la óptica reflectora 160 puede incluir el texturizado. Por ejemplo, la superficie interior 163 puede incluir uno o más resaltes 167, que pueden tomar cualquier forma y tamaño adecuados. Dicho texturizado puede facilitar la mezcla de la luz producida por la fuente de luz LED, tal como el módulo LED 150. Así, se debería apreciar que el texturizado ilustrado en la FIG. 7B es opcional, y que en esas situaciones en las que se incluye el texturizado sobre la superficie interior 163 de la óptica reflectora 160, el texturizado puede tomar cualquier forma y patrón adecuado. Por ejemplo, la superficie interior 163 de la óptica reflectora 160 puede incluir texturizado en la forma de cubos, crestas, facetas, enrejillados, superficies alzadas en patrones geométricos, o cualquier otro tipo adecuado de texturizado.

Se debería apreciar que las características ilustradas en las FIGS. 6A-6C, 7A y 7B se pueden usar en solitario o en combinación. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, una luminaria puede incluir un módulo LED con texturizado y una óptica reflectora con texturizado. De acuerdo con otras realizaciones, solo uno o la otra pueden estar texturizados. De acuerdo con algunas realizaciones, ni el módulo LED ni la óptica reflectora están texturizados.

Se describirán ahora varias características funcionales de la luminaria 100. Por ejemplo, de acuerdo con un aspecto, una luminaria que implementa uno o más aspectos descritos en el presente documento pueden funcionar con una temperatura de color de aproximadamente 2700-2800 K. El sistema de iluminación puede demostrar además un CRI mayor que o igual a 90, o en algunas realizaciones dentro del intervalo de 85 a 90. Más aún, el sistema de iluminación puede producir 70 lúmenes por vatio, y proporcionar 700 lúmenes a 10 vatios. Además, el ángulo del haz proporcionado por la luminaria 100, u otros sistemas de iluminación tal como se describen en el presente documento, puede ser suficiente para proporcionar una iluminación interior o exterior. La FIG. 8 ilustra un ejemplo.

Con referencia a la FIG. 8, tal como se ha descrito anteriormente, la iluminación por focos es una aplicación particularmente útil para la luminaria 100 basada en LED que tiene el factor de forma PAR38. Como se muestra en la FIG. 8, la distribución espacial de un haz de luz 302 es tal que se consigue un ángulo del haz 304 de aproximadamente 25 grados. Además, en esta implementación particular, la producción de luz de la luminaria 100 es suficientemente uniforme y, para una altura de techo y ángulo de iluminación dados, el tamaño del foco se dimensiona apropiadamente para proporcionar una excelente iluminación de las mercancías y otros artículos comúnmente presentados.

En resumen, la luminaria 100 es una lámpara basada en LED altamente eficiente, duradera, amigable con el medio ambiente, que es compatible con los equipos de iluminación estándar, proporciona una distribución de luz uniforme y tiene unas propiedades de disipación térmica y conversión de color excelentes. Por ejemplo, se ha conseguido una producción de aproximadamente 600 lúmenes a aproximadamente 55 lúmenes por vatio en situación estable con una implementación de la presente invención, y se ha conseguido una producción de 700 lúmenes a

aproximadamente 70 lúmenes por vatio en otra implementación, proporcionando de ese modo mejoras sustanciales sobre las fuentes convencionales.

5 Mientras las FIGS. 1A-7B han ilustrado ejemplos no limitativos de una o más características de una luminaria de ejemplo, se debería apreciar que son posibles otras configuraciones y factores de forma. Por ejemplo, de acuerdo con un aspecto, una luminaria puede incluir una cubierta, o carcasa, dentro de la que se pueden disponer uno o más componentes de la luminaria. La cubierta puede formarse de plástico, o cualquier otro material eléctricamente no conductor, tal como policarbonato o ABS. De acuerdo con algunas realizaciones, la cubierta puede formarse de vidrio, que puede proporcionar disipación térmica. La cubierta puede impedir el acceso externo a componentes eléctricamente activos de la luminaria, reduciendo de ese modo el riesgo de sacudidas eléctricas o incendio. De acuerdo con algunos aspectos, la cubierta engloba sustancialmente todos los componentes de la luminaria, y pueden incluir uno o más orificios para facilitar la disipación de calor.

15 Las FIGS. 9A-9C ilustran un ejemplo no limitativo de una cubierta no conductora de acuerdo con una realización. La figura 9A ilustra una vista desde la parte superior de una cubierta 400 que incluye una pluralidad de orificios 402. En el ejemplo no limitativo de la FIG. 9A, cada uno de la pluralidad de orificios 402 es menor de o igual a 2 mm de diámetro. Se debería apreciar que son posibles también otros tamaños. Además, el patrón de orificios 402 ilustrado en la FIG. 9A es meramente un ejemplo, dado que se puede incluir cualquier número y disposición de orificios 402. El número y disposición de los orificios 402 se puede seleccionar para optimizar la disipación térmica desde el interior de la cubierta al exterior, impidiendo de ese modo que se sobrecaliente la luminaria.

25 La FIG. 9B ilustra una vista lateral de la cubierta 400 de la FIG. 9A. Desde esta vista, se debería apreciar que cada uno de los orificios 402 está orientado a lo largo de la dirección de la línea Y-Y, en otras palabras a lo largo de la longitud de la cubierta 400. De ese modo, el eje de simetría de un orificio (por ejemplo, la línea Y-Y puede ser el eje de simetría de un orificio) puede situarse para no interceptar con componentes eléctricos activos de la luminaria. La orientación de los orificios 402 en esta dirección puede impedir el acceso a los componentes electrónicos activos, reduciendo el riesgo de descargas eléctricas o incendio. Sin embargo, son posibles otras orientaciones para los orificios 402.

30 La FIG. 9C ilustra una sección transversal de la cubierta 400 tomada a lo largo de la sección B-B tal como se muestra en la FIG. 9B. Desde esta vista, se puede apreciar que la cubierta 400 puede conformarse para incluir una cavidad 404, que puede ser adecuada para mantener una fuente de alimentación, circuito de control u otros elementos de la luminaria, tal como se describe con mayor detalle a continuación.

35 La FIG. 9D ilustra una cubierta alternativa 400A a la mostrada en las FIGS. 9A-9C. La cubierta 400A está hecha de vidrio y no tiene los orificios 402. Por el contrario, la cubierta en sí puede proporcionar suficiente disipación térmica. Sin embargo, la forma de la cubierta 400A puede ser similar a, o sustancialmente la misma que, la forma de la cubierta 400. Además, de acuerdo con algunas realizaciones, la cubierta 400A puede conectarse a una lente de cobertura de vidrio 140B mediante cualquier método adecuado. También, en una realización, la cubierta de vidrio 400A puede estar conformada con aletas para incrementar el área superficial de la cubierta, y facilitar así la disipación térmica.

45 La FIG. 10A ilustra una vista en despiece de una luminaria 100A de acuerdo con otra realización. La luminaria 100A incluye la cubierta 400 explicada anteriormente en conexión con las FIGS. 9A, 9B y 9C, que en este ejemplo no limitativo está hecha de policarbonato o ABS. Una base roscada 110, que puede ser una base roscada de estilo Edison, se puede conectar a la cubierta 400 para permitir que la luminaria 100A se enrosque dentro de un casquillo de iluminación convencional. La luminaria 100A incluye además la fuente de alimentación y electrónica de control 414 dispuestas dentro de la cavidad 404 de la cubierta 400 cuando se monta la luminaria 100A. Como se describirá con detalle adicional a continuación, se puede incluir también un sensor de temperatura 416, tal como un termistor para supervisar una temperatura de la luminaria 100A. Como con la luminaria 100, la luminaria 100A incluye además el módulo LED 150, que se puede montar en el disipador térmico 130 mediante soldadura por inducción del módulo LED 150 al conector térmico 190 que se implanta dentro de él, o conectarse en otra forma al disipador térmico 130.

55 La conexión eléctrica entre la fuente de alimentación y electrónica de control 414 y el módulo LED 150 se puede proporcionar de cualquier forma adecuada. De acuerdo con la implementación no limitativa de la FIG. 10A, se proporciona una tarjeta de circuito con forma de anillo 424, que se dispone alrededor del módulo LED 150 y se conecta eléctricamente a la fuente de alimentación 414 mediante uno o más cables, o tiras metálicas, tal como se muestra con mayor detalle en las FIGS. 12A y 12B. Son posibles también otras formas de proporcionar conexión eléctrica al módulo LED 150.

60 La luminaria 100A incluye también la óptica reflectora 160. La óptica reflectora 160 se puede montar sobre el disipador térmico 130, de modo que el módulo LED 150 se dispone dentro de la óptica reflectora 160, para que la luz emitida desde el módulo LED 150 sea reflejada, colimada, y/o enfocada por la óptica reflectora 160. Finalmente, se puede incluir una lente de cobertura 140A, y se puede fijar a la cubierta 400 mediante cualquier medio adecuado, tal como por ejemplo, encaje por presión dentro de la cubierta 400, ser fijada por tornillos, asegurarse mediante encolado, o sujetarse por cualquier otro medio adecuado.

65

Tal como se muestra en la FIG. 10B, que es una vista desde la parte superior de la lente de cobertura 140A, la lente de cobertura puede tener una zona central 430 que puede ser sustancialmente transparente a la luz emitida por el módulo LED 150, o que puede ser un difusor en algunas realizaciones. La zona central 430 puede corresponder sustancialmente en tamaño a la óptica reflectora 160. Además, la lente de cobertura 140A puede incluir una zona exterior 432. La óptica reflectora 160 puede confinar la luz que sale del módulo LED 150 para que salga a través de la zona central 430 de la lente de cobertura 140A. Por lo tanto, la luz desde el módulo LED 150 no pasa a través de la zona exterior 432 de la lente de cobertura 140A. Sin embargo, la zona exterior 432 de la lente de cobertura 140A puede incluir uno o más orificios 434 para facilitar la disipación del calor de la luminaria. Los orificios 434 pueden tomar cualquier número, forma y patrón adecuados. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, cada uno de los orificios 434 es igual a o menor que aproximadamente 2 mm de diámetro.

La FIG. 10C ilustra una sección transversal de la luminaria 100A cuando está montada. Por simplicidad, no se enumeran todos los componentes de la luminaria 100A en la FIG. 10C. Sin embargo, se puede ver que la cubierta 400 se fija a la lente de cobertura 140A y a la base roscada 110 de modo que los componentes restantes de la luminaria estén contenidos en ella. También, se debería apreciar que la electrónica de alimentación y control 414 se monta sobre una tarjeta de circuito que está orientada perpendicularmente a la zona base del disipador térmico 130.

Se ilustran y describen con mayor detalle ahora varias características de la luminaria 100A. Por ejemplo, la FIG. 11 ilustra la colocación relativa del módulo LED 150 y el disipador térmico 130. Como se muestra en esta vista desde la parte superior, el disipador térmico 130 incluye una pluralidad de aletas que facilitar la disipación térmica. El módulo LED 150 se dispone en el centro del disipador térmico 130, y puede montarse sobre el conector térmico 190, que no es visible en la FIG. 11. Pueden incluirse tiras de soldadura 436 para facilitar la soldadura del módulo LED 150 al circuito impreso con forma de anillo 424 y/o al conector térmico 190.

Las FIGS. 12A y 12B ilustran la colocación relativa del circuito impreso con forma de anillo 424 y del módulo LED 150. Como se muestra en la FIG. 12A, que es una vista lateral de los dos componentes ilustrados, el circuito impreso con forma de anillo 424 se puede poner en contacto con el módulo LED 150 moviéndole en la dirección de las flechas en la figura. Como se ha mencionado con respecto a la FIG. 11, el módulo LED 150 puede incluir una o más tiras de soldadura 436 que pueden facilitar la unión del circuito impreso con forma de anillo 424 al módulo LED 150.

Como se muestra en la FIG. 12B, que es una vista desde la parte superior de la FIG. 12A, el circuito impreso con forma de anillo 424 se puede colocar alrededor del módulo LED 150. El circuito impreso con forma de anillo puede incluir orificios 438 y 440 que pueden alojar cables eléctricos desde una fuente de alimentación y electrónica de control 414, mostrada en la FIG. 10A, que proporcionan interconexión eléctrica entre el módulo LED 150 y la fuente de alimentación y electrónica de control 414. Se debería apreciar que puede usarse cualquier número de orificios y colocación relativa de los orificios, y que el circuito impreso con forma de anillo 424 puede incluir una o más tiras metálicas según sea apropiado para proporcionar la funcionalidad eléctrica apropiada.

Se debería apreciar que la configuración ilustrada en las FIGS. 12A y 12B es un ejemplo no limitativo. Por ello, se pueden usar otras formas de circuitos y módulos LED. Por ejemplo, tal como se muestra en la FIG. 13A, una implementación alternativa al uso de un circuito impreso con forma de anillo puede implicar la colocación de un circuito y las conexiones eléctricas sobre un lado del módulo LED. Tal como se muestra, un módulo LED 442 puede conectarse a un circuito flexible 444, que tiene uno o más puntos de contacto eléctricos 446. Los puntos de contacto eléctrico 446 se disponen sobre un único lado del módulo LED 442, lo que puede simplificar la formación de las interconexiones eléctricas entre el módulo LED 442 y una fuente de alimentación. El módulo LED puede conectarse al circuito flexible 444 mediante una unión por fusión o mediante cualquier otra manera adecuada.

La FIG. 13B ilustra una implementación alternativa en la que se monta un circuito flexible 448 sobre un sub-montaje cerámico 450. Un LED 452 se puede unir por fusión entonces al circuito flexible 448 o directamente al sub-montaje cerámico, y puede unirse por cable al circuito flexible 448 mediante una o más uniones de cable 454 para formar una interconexión eléctrica. Entonces, el sub-montaje cerámico 450 puede soldarse por inducción a un disipador térmico, tal como el disipador térmico 130, o a un conector térmico, tal como el conector térmico 190. Son posibles también otras configuraciones.

De acuerdo con la invención, se proporciona un sensor de temperatura en la luminaria 100A, para permitir la medición de la temperatura de funcionamiento de la luminaria y para facilitar el control de la luminaria. El sensor de temperatura 416 se muestra en la FIG. 10A y puede montarse dentro de una abertura, o rebaje, en el disipador térmico 130, puede montarse próximo al disipador térmico 130, puede disponerse dentro un rebaje del conector térmico 190, puede estar dentro del módulo LED 150, o puede montarse en cualquier otra posición adecuada para permitir la determinación de la temperatura de la luminaria 100A. El sensor de temperatura 416 puede conectarse a la fuente de alimentación y electrónica de control 414 para proporcionar conexión eléctrica al sensor de temperatura.

Las FIGS. 10A y 14 ilustran un ejemplo no limitativo de la colocación de un sensor de temperatura en la luminaria 100A. Como se muestra en la FIG. 10A, el sensor de temperatura 416 puede colocarse próximo a o sobre una pestaña 456 del circuito impreso 175 que contiene varios componentes 180 de la fuente de alimentación y

electrónica de control 414, por ejemplo, próximo a un componente eléctrico 458. La FIG. 14 ilustra una vista de una ampliación del disipador térmico 130, sensor de temperatura 416, fuente de alimentación y electrónica de control 414, conector térmico 190, módulo LED 150, y circuito impreso con forma de anillo 424 cuando se montan.

5 Como se muestra en la FIG. 14, el sensor de temperatura 416 puede montarse sobre el circuito impreso de la fuente de alimentación y electrónica de control 414, y a continuación puede insertarse en un rebaje en el disipador térmico 130. El sensor de temperatura puede asegurarse dentro del rebaje del disipador térmico 130 mediante epoxi, o cualquier otro método adecuado. Por ello, de acuerdo con una realización, una tarjeta de circuito impreso que contiene la electrónica de alimentación y control incluye una pestaña que se inserta en un rebaje del disipador  
10 térmico 130. El sensor de temperatura 416 puede disponerse sobre la pestaña del circuito impreso insertada dentro del disipador térmico. Debería apreciarse, sin embargo, que son posibles otras configuraciones. Por ejemplo, el sensor de temperatura 416 no necesita estar sobre la misma tarjeta de circuito impreso que contiene la fuente de alimentación y electrónica de control 414, sino que por el contrario puede estar separado. Además, se debería apreciar que el sensor de temperatura 416 puede ser cualquier tipo adecuado de sensor de temperatura, tal como  
15 un termistor o cualquier otro tipo de sensor de temperatura.

La FIG. 15 es un diagrama de bloques generalizado que ilustra varios componentes eléctricos de la luminaria 100 explicados anteriormente en conexión con varias figuras, que comprende múltiples cargas LED conectadas en serie para proporcionar luz coloreada y/o blanca que tenga una variedad de colores y/o temperaturas de color correlacionadas. Se debería apreciar que algunos de los componentes eléctricos ilustrados en la FIG. 15 son  
20 opcionales, y que no todos los componentes precisan estar presentes obligatoriamente en varias realizaciones inventivas de los métodos y aparatos de acuerdo con la presente divulgación.

Como se muestra en la FIG. 15, la luminaria 100 que incluye múltiples fuentes de luz LED incluye una fuente de alimentación y electrónica de control 414 que recibe un voltaje de entrada en CA 514 y proporciona un voltaje de funcionamiento 516 para las fuentes de luz LED. En la FIG. 15, se muestran dos tipos diferentes de fuentes de luz LED que constituyen múltiples cargas conectadas en serie, concretamente, uno o más primeros LED 202 para la generación de una primera radiación 503 que tiene un primer espectro, y uno o más segundos LED 204 para la generación de una segunda radiación 505 que tiene un segundo espectro diferente del primer espectro (por  
30 simplicidad de la FIG. 15, los uno o más primeros LED se muestran en un bloque etiquetado L1 y los uno o más segundos LED se muestran en un bloque etiquetado L2).

En una implementación de ejemplo no limitativo, los primeros LED 202 pueden incluir uno o más LED para la generación de un primer espectro de radiación que incluye esencialmente luz roja monocromática, y los segundos LED pueden incluir uno o más LED blancos (por ejemplo, un LED azul de radie sobre un fósforo) para la generación de un segundo espectro de radiación que incluye luz blanca de banda relativamente ancha. La luz generada por la luminaria es el resultado de una mezcla de la primera radiación 503 y la segunda radiación 505 cuando ambas están presentes. En un ejemplo específico, se emplean un número relativamente más pequeño de LED rojos (por ejemplo seis) con un número relativamente más grande de LED blancos (por ejemplo, veinte) en la luminaria para proporcionar una temperatura de color correlacionada particular de luz blanca (por ejemplo, aproximadamente 2800 a 3000 kelvin) y un índice de reproducción cromática relativamente alto (por ejemplo, CRI de aproximadamente 85-90).  
40

En la FIG. 15, los primeros LED 202 y los segundos LED 204 se conectan eléctricamente en serie entre un primer nodo 516A y un segundo nodo 516B. Cuando la fuente de alimentación 414 proporciona un voltaje de funcionamiento 516, una corriente en serie 550 ( $I_L$ ) circula entre el primer nodo y el segundo nodo.  
45

Como se muestra en el diagrama de bloques de la FIG. 15, la fuente de alimentación 414 puede ser una fuente de alimentación conmutada multietapa para proporcionar tanto corrección del factor de potencia como el voltaje de funcionamiento 516. Más específicamente, la fuente de alimentación 414 puede incluir una etapa de corrección del factor de potencia 502 para la recepción del voltaje de entrada en CA 514 a través de un puente rectificador 506 y proporcionar la corrección del factor de potencia y el voltaje de funcionamiento 516. Debido a la elevada corrección del factor de potencia proporcionada por la etapa de corrección del factor de potencia 502, la luminaria/aparato 100 aparece como un elemento esencialmente resistivo al voltaje de entrada 514 aplicado.  
50

La fuente de alimentación 414 puede incluir también una etapa de control de carga 504 para controlar un flujo de la corriente en serie 550 entre los nodos 516A y 516B. En particular, tal como se ilustra en la FIG. 15, la etapa de control de carga 504 incluye un trayecto de corriente controlable 518 (que incluye un conmutador 560), conectado a un nodo 520 entre los primeros LED 202 y los segundos LED 204 y conectados en paralelo con los segundos LED 204 de modo que al menos parcialmente desvíe la corriente en serie 550 alrededor de los segundos LED 204. En un aspecto, el trayecto de corriente 518 puede controlarse de modo que una primera corriente 552 ( $I_1$ ) a través de los primeros LED y una segunda corriente 554 ( $I_2$ ) a través de los segundos LED sean diferentes. Dicho control de las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  a través de los primeros LED y los segundos LED facilita la fijación y ajuste de un color o temperatura de color de la luz generada por la luminaria. En un aspecto de una implementación de ejemplo explicada en detalle a continuación, una parte de la segunda corriente que se deriva desde los segundos LED puede ser "reciclada" y añadida a la primera corriente.  
55  
60  
65

Aunque la FIG. 15 ilustra específicamente el trayecto de corriente controlable 518 de la etapa de control de carga 504 en paralelo con los segundos LED, se debería apreciar sin embargo que se pueden emplear uno o más trayectos de corriente controlables en la etapa de control de carga 504, paralelos a cualquiera o ambos de los primeros LED 202 y los segundos LED 204, para la desviación de al menos una parte de la corriente en serie 550  
 5 alrededor de cualquiera o de ambos de los primeros LED y los segundos LED. Como también se muestra en la FIG. 15, la etapa de control de carga 504 puede recibir desde la etapa de corrección del factor de potencia 502 un voltaje 517 diferente al voltaje de funcionamiento 516 para facilitar el control del conmutador 560 en un trayecto de corriente controlable 518 así como otros componentes de la etapa de control de carga 504, tal como se explica aún más a continuación.

En otro aspecto de la realización mostrada en la FIG. 15, el aparato/luminaria 100 puede incluir además uno o más sensores de temperatura 416 (TS) dispuestos próximos a y en comunicación térmica con los primeros LED 202 y los segundos LED 204. Además, la fuente de alimentación 414 puede incluir un controlador 510, asociado con al menos la etapa de control de carga 504, para la recepción de una señal de temperatura 526 proporcionada por los sensores de temperatura 416. Como también se muestra en la FIG. 15, el controlador 510 puede recibir una o más señales externas 524 en lugar de o además de las señales de temperatura 526. En un aspecto, el controlador 510 proporciona una señal de control 522 a la etapa de control de carga 504 para el control del trayecto de corriente controlable 518 (es decir, el control del conmutador 560), en base al menos en parte a la señal de temperatura 526 y/o la señal externa 524. En esta forma, el control sobre uno o ambos de la primera corriente 552 (a través de los primeros LED 202) y la segunda corriente 554 (a través de los segundos LED 204) puede ser una función de los cambios de temperatura a lo largo del tiempo en la proximidad de las fuentes LED (a través de la señal de temperatura 526), y/o cualquier número de parámetros externos (a través de la señal externa 524). Como se explica con mayor detalle a continuación en conexión con la FIG. 19, la capacidad para variar una o ambas de la primera y segunda corrientes en función de la temperatura del LED mitiga significativamente variaciones indeseables en el color o temperatura de color de la luz proporcionada por la luminaria durante las transiciones térmicas (por ejemplo, el calentamiento de los LED a lo largo de un período de tiempo hasta un estado térmico estable a continuación del encendido de la luminaria).

En otro aspecto más de la realización mostrada en la FIG. 15, la fuente de alimentación 414 puede incluir un segundo controlador 508 conectado a la etapa de corrección del factor de potencia 502. El controlador 508 proporciona una señal de control 532 a la etapa de corrección del factor de potencia 502 de modo que controle el voltaje de funcionamiento 516 y/o una alimentación proporcionada por la etapa de corrección del factor de potencia en base a cualquiera de una variedad de parámetros. Con este fin, el controlador 508 puede recibir como entradas una primera señal 528 que represente al menos un voltaje o corriente asociados con la etapa de corrección del factor de potencia 502, una segunda señal 534 que represente una frecuencia del voltaje de entrada en CA 514, o una señal externa 530. En particular, la temporización interna el controlador 508 puede ser "accionada en línea" a través de la segunda señal 534 (proporcionando características de temporización precisas a través del uso de una referencia del voltaje en línea de 50 Hz o 60 Hz en CA).

Debería apreciarse que mientras que se muestran tanto un controlador 508 asociado con la etapa de corrección del factor de potencia 502 como un controlador 510 asociado con la etapa de control de carga 504 en la fuente de alimentación 414 de la FIG. 15, uno o ambos de los controladores 508 y 510 constituyen características opcionales que no necesitan estar presentes en diversas implementaciones del aparato/luminaria 100 de acuerdo con la presente divulgación. Además, en algunas realizaciones inventivas, se puede emplear un único controlador para proporcionar una o más señales de control tanto a la etapa de corrección del factor de potencia 502 como a la etapa de control de carga 504 de modo que implementen las diversas funcionalidades explicadas en el presente documento en conexión con estas etapas respectivas.

La FIG. 16 es un diagrama de circuito que ilustra detalles de la etapa de corrección del factor de potencia 502 de la fuente de alimentación 414 mostrada en la FIG. 15, de acuerdo con una realización de la presente invención. La arquitectura general del circuito mostrado en la FIG. 16 se basa en el circuito integrado del controlador de corrección del factor de potencia 602 (U1), y varios circuitos basados en esta arquitectura general tal como se explica en detalle en la solicitud no provisional de Estados Unidos N° de serie 12/113.320, presentada el 1 de mayo de 2008, titulada "High Power Factor LED-based Lighting Apparatus and Methods".

Más específicamente, la etapa de corrección del factor de potencia 502 emplea un controlador de corrección del factor de potencia 602 ejemplificado por el controlador L6562 de ST Microelectronics. En algunas aplicaciones convencionales, el controlador L6562 y el controlador L6561 de ST Microelectronics relacionado utilizan una técnica de "modo de transición" (TM) (es decir operación alrededor de un límite entre los modos continuo y discontinuo) comúnmente empleada para la corrección del factor de potencia en aplicaciones de potencia relativamente baja. Los detalles sobre el L6561 y la técnica del modo de transición se explican en la nota de aplicación de ST Microelectronics AN966, "L6561 Enhanced Transition Mode Power Factor Corrector", por Claudio Adragna, marzo de 2003, disponible en <http://www.st.com>. Las diferencias entre los controladores L6561 y L6562 se explican en la nota de aplicación de ST Microelectronics AN1757, "Switching from the L6561 to the L6562", por Luca Salati, abril de 2004, también disponible en <http://www.st.com>. Para las finalidades de la presente divulgación, estos dos controladores se explican en general teniendo similar funcionalidad.

Además de facilitar la corrección del factor de potencia, los controladores L6561 y L6562 de ST Microelectronics se pueden emplear alternativamente en una configuración “no estándar” como un controlador en una implementación de convertidor CC-CC de retroceso. Detalles sobre esta aplicación y aplicaciones alternativas relacionadas de los controladores L6561/L6562 se explican en la nota de aplicación de ST Microelectronics AN1060, “Flyback Converters with the L6561 PFC Controller”, por C. Adragna y G. Garravari, enero de 2003, nota de aplicación de ST Microelectronics AN1059, “Design Equations of High-Power-Factor Flyback Converters based on the L6561”, por Claudio Adragna, septiembre de 2003, y la nota de aplicación de ST Microelectronics AN1007, “L6561-based Switcher Replaces Mag Amps in Silver Boxes”, por Claudio Adragna, octubre de 2003, cada una de las cuales está disponible en <http://www.st.com> y se incorpora en el presente documento por referencia.

Específicamente, las notas de aplicación AN1059 y AN1060 explican una configuración de ejemplo de un convertidor de retroceso basado en el L6561 (configuración de retroceso de elevado factor de potencia) que funciona en el modo de transición y aprovecha la capacidad del controlador L6561 para realizar la corrección del factor de potencia, proporcionando de ese modo un convertidor CC-CC de etapa de conmutación única de factor de potencia alto para requisitos de potencia de carga relativamente bajos (por ejemplo, hasta aproximadamente 30 vatios). La configuración de convertidor de retroceso requiere un bucle de control de realimentación de regulación de voltaje, que recibe como una entrada una muestra del voltaje de salida en CC proporcionado por el convertidor y proporciona como realimentación una señal de error que se aplica a la entrada INV del controlador L6561.

La nota de aplicación de ST Microelectronics AN1792, titulada “Design of Fixed-Off-Time-Controlled PFC Pre-regulators with the L6562”, por Claudio Adragna, noviembre de 2003, disponible en <http://www.st.com> desvela otro enfoque para el control de un regulador previo de corrección del factor de potencia como una alternativa al método del modo de transición y al método del modo de conducción continua de frecuencia fija. Específicamente, puede emplearse el método de control de “tiempo de no conducción fijo” (FOT) con el controlador L6562, por ejemplo, en el que solo se modula al tiempo de conducción de una señal de ancho de pulso modulada, y se mantiene constante el tiempo de no conducción (conduciendo a una modulación en la frecuencia de conmutación). Como el enfoque del modo de transición, el método de control de tiempo de no conducción fijo (FOT) contemplado convencionalmente usando el controlador L6562 requiere de modo similar un bucle de control de realimentación/regulación de voltaje.

Como se puede ver en la FIG. 16, a diferencia de las aplicaciones convencionales para el controlador L6561 y L6562 explicadas anteriormente, la etapa de corrección del factor de potencia 502 no requiere ningún bucle de control de realimentación para regular el voltaje de funcionamiento 516, simplificando de ese modo el diseño del circuito en comparación con las implementaciones convencionales. En particular, los presentes solicitantes han reconocido y apreciado que para implementaciones que impliquen unos requisitos de potencia de carga esencialmente fija/estable, un bucle de control de realimentación de regulación de voltaje no es necesario para conseguir una operación efectiva. Específicamente, las cargas que implican los diodos de emisión de luz (LED) por sí mismos son esencialmente dispositivos de regulación de voltaje, porque un LED único, o múltiples LED interconectados en varias configuraciones en serie, paralelo, o serie/paralelo imponen un voltaje particular a través de la carga. Por ello, la etapa de corrección del factor de potencia 502 puede configurarse fiablemente para proporcionar un voltaje de funcionamiento estable 516 apropiadamente y alimentación a la carga LED sin requerir un bucle de control de realimentación.

En el diagrama del circuito de la FIG. 16, la etapa de corrección del factor de potencia 502 se basa en una configuración de convertidor CC-CC de tipo reductor, en la que el controlador de corrección del factor de potencia 602 controla el conmutador 604 (implementado por el transistor Q1) que a su vez dicta un ciclo de almacenamiento y liberación de energía para un inductor (proporcionado por uno de los devanados del transformador T1). Más específicamente, durante los intervalos en los que el conmutador de transistor 604 está “en conducción” o cerrado (es decir, aplicando voltaje a través del devanado del transformador que sirve como un inductor), circula una corriente a través del inductor en base al voltaje aplicado y el inductor almacena energía en su campo magnético. Cuando el conmutador se conmuta a “desconexión” o abierto (es decir, se retira el voltaje del inductor), la energía almacenada en el inductor se transfiere a través del diodo D9 a un condensador de filtro C7, a través del que se proporciona el voltaje de funcionamiento 516 (es decir el condensador proporciona esencialmente una energía continua entre los ciclos de almacenamiento de energía del inductor).

La etapa de corrección del factor de potencia 502 se puede configurar para una variedad de diferentes voltajes de entrada 514, voltajes de operación 516, y corriente en serie de la carga 550 ( $I_L$ ) en base a la selección apropiada de diversos componentes del circuito. En particular, la red de resistencias divisoras 606 formada por R10 y R11 determina sustancialmente la corriente en serie 550 a través de la carga, dado que el tipo y número de LED conectados en serie que constituyen la carga determina esencialmente el voltaje de funcionamiento objetivo. En el ejemplo de circuito particular mostrado en la FIG. 16, el circuito se configura para aceptar un voltaje de entrada de 120 voltios RMS, y proporcionar un voltaje de funcionamiento del orden de 80 voltios con una corriente en serie 550 del orden de 150 miliamperios. En un aspecto del circuito mostrado en la FIG. 16, el controlador de corrección del factor de potencia 602 se configura para emplear la técnica de control de tiempo de no conducción fijo (FOT) para controlar el conmutador 604 (Q1). La técnica de control FOT permite el uso de un transformador relativamente más pequeño T1 para la configuración de reductor. Esto permite que el transformador funcione a una frecuencia más constante, lo que a su vez proporciona una potencia más alta a la carga para un tamaño de núcleo dado.

En algunas implementaciones de ejemplo, el voltaje de entrada en CA 514 se puede derivar desde una salida de un atenuador de CA (que a su vez recibe como una entrada un voltaje de línea de CA). En varios aspectos, el voltaje 514 proporcionado por el atenuador de CA puede ser un voltaje controlado en amplitud o un voltaje de CA controlado en el ciclo de trabajo (fase), por ejemplo. En una implementación de ejemplo, mediante la variación de un valor RMS del voltaje de CA 514 aplicado a la fuente de alimentación 414 a través del atenuador de CA, el voltaje de funcionamiento 516 (y a su vez la corriente en serie 550) pueden variarse de modo similar; por ello, se puede emplear el atenuador de CA para variar el brillo global de la luz generada por la luminaria.

La FIG. 17 es un diagrama de circuito que ilustra la etapa de corrección del factor de potencia 502 de la fuente de alimentación 414 mostrada en la FIG. 15, junto con un controlador asociado 508, de acuerdo con otra realización de la presente invención. La etapa de corrección del factor de potencia 502 mostrada en la FIG. 17 es sustancialmente similar a la mostrada en la FIG. 16 en muchos aspectos relevantes, aunque algunos valores de componentes particulares puedan ser diferentes para ilustrar la posibilidad de diferentes parámetros de operación (por ejemplo, voltaje de entrada, voltaje de funcionamiento, corriente). Como se ha explicado anteriormente en conexión con la FIG. 15, se puede emplear un controlador opcional 508 en asociación con la etapa de corrección del factor de potencia 502 para proporcionar una señal de control 532, aplicada a la red de resistencias divisoras 606, de modo que se controle el voltaje de funcionamiento 516 y/o la corriente en serie 550, y por ello la potencia, proporcionada por la etapa de corrección del factor de potencia. El controlador 508 puede generar la señal de control 532 en base a uno cualquiera de una variedad de parámetros proporcionados como entradas al controlador 508. Como se explica aún más a continuación en conexión con la FIG. 19, en una implementación de ejemplo la señal de control 532 proporcionada por el controlador 508 puede ser una señal de control de modulación por ancho de impulso (PWM), cuyo ciclo de trabajo afecta a los voltajes establecidos por la red de resistencias divisoras 606; por ello, mediante la variación del tipo de trabajo de una señal de control PWM 532, el voltaje de funcionamiento 516 y/o la corriente en serie 550 proporcionada por la etapa de corrección del factor de potencia 502 pueden variarse por el controlador 508.

Con respecto a los parámetros en respuesta a los que el controlador 508 puede variar la señal de control 532, tal como se muestra en la FIG. 17, el controlador 508 puede recibir una o más entradas 528 que representen al menos un voltaje o corriente asociados con la etapa de corrección del factor de potencia 502 (por ejemplo, el terminal 6 del CI U3 se conecta para recibir la señal que controla el conmutador Q1, y los terminales 2 y 3 del U3 se conectan a un voltaje asociado con la red de resistencias divisoras 606). De esta manera, el controlador 508 puede servir como una función de control de realimentación y proporcionar la señal de control 532 en respuesta a uno cualquiera de un cierto número de parámetros del circuito supervisado asociados con la etapa de corrección del factor de potencia 502.

El controlador 508 puede recibir también una señal 534 que represente una frecuencia del voltaje de entrada de CA 514 (aplicado al terminal 7 del CI U3 a través de la red de resistencias divisoras formada por R15, R18 y R19). En particular, los tiempos internos del controlador 508 pueden ser "accionados en línea" a través de la señal 534, permitiendo características de temporización precisas a través del uso de una referencia de voltaje de línea de 50 Hz o 60 Hz en CA. En una aplicación de ejemplo, el controlador 508 puede mantener un conteo de ciclos (por ejemplo supervisando los cruces por cero) del voltaje de entrada de CA 514 a través de la señal 534 como una medida del "tiempo en operación" de las fuentes de luz LED que constituyen la carga. A su vez, el controlador 508 puede ajustar los parámetros de operación de la etapa de corrección del factor de potencia a través de la señal de control 532 en base al tiempo de operación para compensar los efectos de envejecimiento asociados con los LED (por ejemplo, incremento del voltaje de funcionamiento 516 y/o la corriente en serie 550 para compensar la eficiencia más baja/flujo reducido por envejecimiento de los LED). Alternativamente o además de ajustar los parámetros de operación de la etapa de corrección del factor de potencia para compensar los efectos de envejecimiento, el controlador 508 puede usar la información asociada con el "tiempo en operación" de las fuentes de luz LED para proporcionar alguna indicación del "tiempo de vida útil restante de la lámpara". Por ejemplo, el controlador 508 puede proporcionar una señal de control 532 que module la potencia proporcionada a la carga LED para afectar visiblemente a la luz generada (por ejemplo, parpadear intencionalmente o modular el brillo de la luz) de modo que proporcione información relativa a alguna condición (por ejemplo, edad de la lámpara) a través de una luz intencionalmente modulada.

Además, el controlador 508 puede recibir una o más señales externas 530 (por ejemplo, aplicadas al terminal 5 del CI U3 en el ejemplo de la FIG. 17) de modo que el control de la etapa de corrección del factor de potencia 502 pueda basarse en cualquiera de una amplia variedad de condiciones externas (por ejemplo, condiciones de temperatura, condiciones de iluminación ambiente, otras condiciones medioambientales, situaciones de sobretensión o de fallo en la carga, situaciones de emergencia, movimiento, etc.). En respuesta a una o más de dichas señales externas, el controlador puede proporcionar una señal de control 532 que ajuste uno o más parámetros de operación de la etapa de corrección del factor de potencia, y/o puede modular la potencia proporcionada a la carga LED de modo que proporcione información en relación a alguna situación representada por la(s) señal(es) externa(s) a través de la luz intencionalmente modulada.

La FIG. 18 es un diagrama de circuito que ilustra detalles de la etapa de control de carga 504 de la fuente de alimentación 414 mostrada en la FIG. 15, de acuerdo con una realización de la presente invención. De modo similar

a la etapa de corrección del factor de potencia 502, la arquitectura del circuito general para la etapa de control de carga 504 mostrada en la FIG. 18 se basa en el controlador de circuito integrado L6562 de ST Microelectronics, mostrado como el CI U4, que utiliza una técnica de control de tiempo de no conducción fijo (FOT) y que se implementa en una configuración de convertidor en sobretensión. En particular, el CI controlador 562 constituido por U4 controla el conmutador 560 (implementado por el transistor Q6) para a su vez controla el trayecto de corriente 518, en el que también se dispone el inductor L3 como el dispositivo de almacenamiento/liberación de energía en la configuración de convertidor reductor.

Tal como se ha explicado anteriormente en conexión con la FIG. 15, en la FIG. 18 los primeros LED 202 y los segundos LED 204 se conectan en serie entre los nodos 516A y 516B, a través de los que se proporciona el voltaje de funcionamiento 516. El trayecto de corriente controlable 518 se conecta al nodo 520 entre los primeros LED 202 conectados en serie y los segundos LED 204. Aunque solo se muestra un único LED con finalidades de ilustración en la FIG. 18 para cada una de las cargas LED conectadas en serie, como se ha explicado anteriormente se apreciará que cada una de las cargas LED 202 y 204 puede incluir múltiples fuentes de luz LED, conectadas en cualquiera de una variedad de disposiciones en serie, paralelo, o serie/paralelo, y puede tener números diferentes de un tipo dado de LED. En una implementación de ejemplo explicada en el presente documento, los primeros LED 202 pueden incluir del orden de seis LED rojos conectados en serie y los segundos LED 204 pueden incluir del orden de 20 LED blancos conectados en serie. Dado un voltaje de funcionamiento en continua para un LED rojo del orden de 3,3 voltios, y un voltaje de funcionamiento en continua para un LED blanco del orden de 3 V, un voltaje de funcionamiento aproximado 516 aplicado a través de los nodos 516A y 516B en este ejemplo sería del orden de 80 voltios (es decir,  $[3,3 \text{ voltios} \times 6] + [3 \text{ voltios} \times 20]$ ).

A través del control del conmutador 560 y a su vez del trayecto de corriente 518, la etapa de control de carga 504 de la FIG. 18 controla una circulación de la corriente en serie 550 entre los nodos 516A y 516B. En particular, a través de la operación del conmutador 560, la corriente en serie 550 puede ser al menos parcialmente desviada a través de los segundos LED 204, de modo que la primera corriente 552 ( $I_1$ ) a través de los primeros LED y la segunda corriente 554 ( $I_2$ ) a través de los segundos LED sean diferentes; específicamente, cuando el conmutador 560 está "conectado" o conduciendo, el inductor L3 se conecta a un potencial de tierra a través de la resistencia R38, proporcionando de ese modo un trayecto de corriente alternativo entre los nodos 516A y 516B y permitiendo que al menos parte de la corriente en serie 550 se desvíe alrededor de los segundos LED 204. En el circuito de la FIG. 18, un ciclo de trabajo del conmutador 560 tal como se controla por el CI controlador 562, y por ello la diferencia entre la primera corriente 552 y la segunda corriente 554, se fijan por la red de resistencias divisoras 652 constituida por R41 y R16. En el ejemplo particular ilustrado en la FIG. 18, con R41 en 10 k $\Omega$  y R16 en 20 k $\Omega$ , y en base al voltaje de funcionamiento 516 de aproximadamente 80 voltios y una corriente en serie 550 de aproximadamente 150 miliamperios, la primera corriente 552 es del orden de 180 miliamperios y la segunda corriente 554 es del orden de 120 miliamperios. Lo anterior ilustra que la parte de la corriente serie que se desvía de los segundos LED no se pierde, si no que se recicla, porque se desvía al elemento de almacenamiento (inductor L3) y se vuelca (en la siguiente mitad del ciclo) de vuelta al primer LED, con pérdidas mínimas (por ejemplo se deducen 30 miliamperios de la segunda corriente y se añaden a la primera corriente).

La primera corriente 552 y la segunda corriente 554 determinan en general las cantidades respectivas (flujo luminoso) de la primera radiación 503 y la segunda radiación 505 generadas por los primeros LED y los segundos LED. En consecuencia, mediante la selección apropiada de los valores de las resistencias R41 y R16 en la FIG. 18, y en base al tipo y número de LED empleados para cada uno de los primeros LED 202 y los segundos LED 204, se puede fijar un color o temperatura de color de la luz generada (en base a una mezcla de la primera radiación y la segunda radiación).

A pesar de lo anterior, los presentes solicitantes han reconocido y apreciado que la relación de corriente a flujo para los diferentes tipos de LED varía de modo diferente en función de la temperatura. Este fenómeno puede ser problemático para algunas aplicaciones que implican múltiples tipos diferentes de LED en las que se esperan transiciones térmicas. Por ejemplo, un sistema inicialmente a alguna temperatura ambiente que es conectado para su operación se "calienta" a lo largo de algún período de transición térmica durante el que la corriente se inicia y continúa circulando a través de los LED. En base a una implementación ilustrativa que implica tanto LED rojos como LED blancos para las cargas conectadas en serie respectivas, cuando el sistema continúa calentándose hasta algún estado estable térmico, el flujo desde los LED rojos cambia a una velocidad diferente que el flujo desde los LED blancos en función de la temperatura, provocando un desplazamiento notable en la temperatura de color de la luz generada durante el período de transición térmica; más específicamente, a valores respectivos constantes para la primera y segunda corrientes, cuando el sistema se calienta el flujo de los LED rojos disminuye a una velocidad más rápida que el flujo de los LED blancos. A modo de ejemplo, a lo largo de aproximadamente veinte minutos de período de transición térmica a continuación del encendido inicial, la temperatura de color de la luz generada puede desplazarse (por ejemplo, incrementarse) en hasta 100 kelvin, debido a la disminución en el flujo desde los LED rojos en comparación con los LED blancos. Para algunas aplicaciones este efecto es indeseable, especialmente con temperaturas de color nominales más bajas en las que el ojo humano es más sensible a los desplazamientos de color.

A la vista de lo anterior, otra realización de la presente invención se dirige a un aparato para la compensación de los desplazamientos en color y/o temperatura de color que surgen de las transiciones térmicas en un aparato de iluminación que incluye múltiples fuentes de luz LED conectadas en serie de diferentes tipos.

5 Con este fin, la FIG. 19 es un diagrama de circuito que ilustra la etapa de control de carga 504 de la fuente de alimentación mostrada en la FIG. 15, junto con un controlador asociado 510, de acuerdo con otra realización de la presente invención. En un aspecto de esta realización, el controlador 510 controla la etapa de control de carga 504 en respuesta a una señal de temperatura 526 recibida desde un sensor de temperatura 416 dispuesto próximo a y en comunicación térmica con los primeros LED 202 y los segundos LED 204 de modo que proporcionen la  
 10 funcionalidad de compensación térmica indicada anteriormente. Se debería apreciar, sin embargo, que esta funcionalidad de compensación térmica constituye meramente un ejemplo de cómo puede implementarse el controlador 510 para controlar diversos aspectos de la etapa de control de carga 504, y que parámetros o condiciones distintos que la temperatura próxima a las fuentes de luz LED pueden introducirse a y utilizarse por el controlador 510 para afectar al control de la etapa de control de carga 504 (por ejemplo, con referencia a la explicación anterior en conexión con la señal externa 524 mostrada en la FIG. 15). Estos otros parámetros o condiciones no forman parte de la presente invención.

Como se muestra en la FIG. 19, en una implementación de ejemplo el controlador 510 incluye un circuito integrado microcontrolador U3 que recibe la alimentación de operación desde un circuito integrado regulador de voltaje U2.  
 20 Con respecto a la compensación de las transiciones térmicas, el microcontrolador U3 también recibe como una entrada la señal de temperatura 526 producida por el sensor de temperatura 416 (U5), y proporciona como una salida una señal de control 522 que se aplica a la red de resistencias/filtros 652 de la etapa de control de carga 504. En una implementación de ejemplo, el sensor de temperatura 416 puede ser un circuito integrado con termistor activo lineal de baja potencia, cuyos ejemplos incluyen la familia MCP9700/9700A y MCP9701/9701A de circuitos integrados disponibles en Microchip Technology, Inc.  
 25

En una implementación de ejemplo el controlador 510 puede proporcionar la señal de control 522 a la etapa de control de carga 504 en la forma de una señal de control de modulación por ancho de pulso (PWM), cuyo ciclo de trabajo afecta a los voltajes establecidos por la red de resistencias/filtro 652 de la etapa de control de carga 504. Por  
 30 ello, al variar el ciclo de trabajo de una señal de control PWM 522, el controlador 510 puede a su vez variar una diferencia entre la primera corriente 552 a través de los primeros LED 202 y la segunda corriente 554 a través de los segundos LED 204 y alterar de ese modo los flujos respectivos generados por los diferentes tipos de LED. Al controlar el ciclo de trabajo de la señal de control PWM 522 en respuesta a la señal de temperatura 526, el controlador 510 puede proporcionar de modo efectivo compensación de los desplazamientos en el color o temperatura de color de la luz generada durante transiciones térmicas (por ejemplo, debidas a diferentes relaciones de corriente a flujo dependientes de la temperatura para diferentes tipos de LED).  
 35

La FIG. 20 ilustra un diagrama de flujo que muestra un método 700 implementado por el controlador 510 para el ajuste de un ciclo de trabajo de la señal de control PWM 522 en respuesta a las variaciones de temperatura representadas por la señal de temperatura 526, de acuerdo con una realización de la presente invención. En un aspecto del método 700, según se indica en el bloque 704, se define a priori una relación (por ejemplo, ecuación) que relaciona el ciclo de trabajo de la señal de control PWM 522 con las variaciones de temperatura representadas por las señales de temperatura 526. Una vez se define dicha relación, tal como se ilustra en la FIG. 20, el controlador 510 adquiere (bloque 702) un valor de temperatura desde el sensor de temperatura 416, tal como se representa por las señales de temperatura 526, y calcula (bloque 706) el ciclo de trabajo en función de la temperatura medida en base a la relación/ecuación predefinida (bloque 704). El controlador 510 ajusta entonces el ciclo de trabajo de la señal de control PWM 522 al valor nuevamente calculado (bloque 708), y el método vuelve al bloque 702 para reiteración.  
 40  
 45

Con respecto a la relación en el bloque 704 que especifica el ciclo de trabajo en función de la temperatura para la señal de control PWM 522, esta relación se puede determinar empíricamente durante un procedimiento de calibración, uno de cuyos ejemplos se explica en detalle a continuación. Dicha relación se puede modelizar como una relación lineal, lineal por tramos, o no lineal, dependiendo al menos en parte del grado de compensación deseado para una aplicación dada. En un modelo de ejemplo, la relación se dicta mediante una ecuación lineal (en la que varios parámetros de la ecuación se determinan empíricamente), dada por:  
 50  
 55

$$\text{Ciclo de trabajo PWM} = [\text{Ciclo de trabajo a temperatura ambiente}] - \frac{(\text{Lectura de temperatura} - (\text{Temperatura ambiente})) * [\text{Pendiente}]}{\quad} \quad (\text{Ec. 1})$$

En la Ec. 1 el “Ciclo de trabajo PWM” se refiere al ciclo de trabajo de la señal de control 522 calculada en el bloque 706 de la FIG. 20, el “Ciclo de trabajo a temperatura ambiente” es el ciclo de trabajo en la señal de control 522 a la que la primera y segunda corrientes proporcionan una temperatura de color objetivo deseada para la luz generada cuando los LED 202 y 204 están a temperatura ambiente, la “Lectura de temperatura” es la temperatura representada por la señal de temperatura 526 (tal como se adquiere en el bloque 702 de la FIG. 20), la “Temperatura ambiente” es la temperatura ambiental (por ejemplo, previa al encendido), y la “Pendiente” es el cambio en el ciclo de trabajo por cambio en temperatura.  
 60  
 65

En una implementación de ejemplo, todos los valores representados en la Ec. (1) se convierten a un valor binario entre 0 y 255 (de modo que puedan procesarse por el microcontrolador U3 del controlador 510 como una palabra de datos de 8 bits). Con respecto a los valores del ciclo de trabajo, un valor binario de 255 representa al 100% (es decir, un valor binario de 128 representa aproximadamente un ciclo de trabajo del 50%). Con respecto a los parámetros de "Lectura de temperatura" y "Temperatura ambiente", en un ejemplo la temperatura en grados Celsius se convierte de acuerdo con:  $suelo[(Temperatura [^{\circ}C]*0,01+0,414)/5]*255$ .

En un procedimiento de calibración de ejemplo para facilitar la determinación de diversos parámetros de la Ec. (1), un aspecto del procedimiento implica la variación del ciclo del trabajo de la señal de control PWM 522 a través de algún intervalo de ejemplo y la medición de la primera corriente 552 y la segunda corriente 554. La Tabla 1 a continuación proporciona un ejemplo de dichas mediciones.

Tabla 1

Ciclo de trabajo (%)	Primera corriente (mA)	Segunda corriente (mA)
12,5	177	122
25	168	124
50	155	128
62,5	150	130
75	145	130

Otro aspecto del procedimiento de calibración implica la medición de la temperatura de color de la luz generada en función de varias primera y segunda corrientes aplicadas a los primeros y segundos LED respectivos. Este proceso implica una secuencia de ensayos fotométricos "instantáneos", en los que se conectan dos fuentes de corriente conocidas separadas, respectivamente a los primeros LED y a los segundos LED durante un período de tiempo relativamente corto y se mide la temperatura de color de la luz generada a unos pocos segundos de que se apliquen las corrientes. Las corrientes se desconectan entonces inmediatamente durante un largo tiempo suficiente de modo que los LED se mantengan en un estado térmico estable ambiente antes de aplicar otro par de corrientes. En una implementación de ejemplo en la que los LED rojos se emplean como los primeros LED y se emplean LED blancos como los segundos LED, se puede suponer que el flujo rojo varía más que el flujo blanco, y por ello se puede elegir un valor nominal para la segunda corriente mientras se varía la primera corriente. La Tabla 2 a continuación proporciona un ejemplo de dicho proceso de medición.

Tabla 2

Segunda corriente (blanco) (mA)	Primera corriente (rojo) (mA)	Temperatura de color correlacionada (K)
130	150	2994
130	160	2853
130	170	2175
130	180	2777

En base al proceso de medición ejemplificado en la Tabla 2, se puede seleccionar una temperatura de color de operación objetivo nominal para la luz generada. En base a esta temperatura de color objetivo, se hacen coincidir las correspondientes primeras y segundas corrientes requeridas (de la Tabla 2) con las corrientes primera y segunda similares en la Tabla 1 para determinar el "Ciclo de trabajo a temperatura ambiente" para la Ec. (1). Por ejemplo, si la temperatura de color objetivo es 3000 kelvin, a partir de la Tabla 2 esto corresponde a una primera corriente de 150 mA y una segunda corriente de 130 mA a temperatura ambiente, que por la Tabla 1 a su vez corresponden a un ciclo de trabajo para la señal de control PWM 522 del 62,5%. De ese modo, el "Ciclo de trabajo a temperatura ambiente" en este ejemplo para la Ec. (1) tendría un valor binario de 62,5% (255) = 159.

Un aspecto final del procedimiento de calibración para facilitar la determinación de los diversos parámetros en la Ec. (1) implica una determinación del término "Pendiente". De nuevo, el término "Pendiente" representa al cambio en el ciclo de trabajo por cambio en la temperatura requerido para mantener un color y/o temperatura de color suficientemente estable de la luz generada durante una transición térmica tal como un periodo de calentamiento a continuación del encendido. En un ejemplo, una determinación de un término de pendiente apropiado puede incluir la elección de un valor de semilla inicial para el término "Pendiente", integrando el método 700 a través un periodo de transición térmica estimado (por ejemplo, veinte a treinta minutos), haciendo mediciones periódicas (por ejemplo, cada treinta segundos) de la temperatura de color de la luz generada, y trazando estas mediciones de temperatura de color respecto al tiempo. Este proceso se puede repetir usando un valor diferente para el término de "Pendiente" hasta que se halle un valor apropiado que dé como resultado el trazado más plano de la temperatura de color respecto al tiempo.

La FIG. 21 proporciona dos de dichos trazados de ejemplo en base a un valor binario del “Ciclo de trabajo a temperatura ambiente” de 159 (que representa una temperatura color objetivo de 3000 kelvin), y un valor binario de “Temperatura ambiente” de 38 (que representa una temperatura ambiente de 25 grados Celsius). Se genera un primer trazado 800 usando un término de “Pendiente” que tiene un valor binario de 4 y se genera un segundo trazado 802 usando un término de “Pendiente” que tienen un valor binario de 6. A partir de la FIG. 21, se puede observar fácilmente que, en este ejemplo, un término de “Pendiente” que tenga un valor binario de 6 da como resultado un trazado de temperatura de color respecto al tiempo significativamente más plano durante el período de transición térmica. Por ello, mediante el empleo de la ecuación:

$$\text{Ciclo de trabajo PWM} = [159] - [(\text{Lectura de temperatura}) - 38] * [6]$$

en el bloque 704 del método 700 mostrado en la FIG. 20, para este ejemplo particular el controlador 510 que implementa el método 700 compensa de modo efectivo las transiciones térmicas y proporciona una temperatura de color estable de aproximadamente 3000 kelvin a todo lo largo del periodo de transición térmica (por ejemplo, “calentamiento”).

Debería apreciarse que la descripción general del procedimiento de calibración precedente se puede aplicar a otros tipos de fuentes LED y/u otros intervalos de temperatura de color de interés para implementar de modo efectivo la funcionalidad de compensación de temperatura del controlador 510 mostrado en la FIG. 19. En particular, se debería apreciar que en algunos casos, usando exactamente el mismo hardware, dos luminarias idénticas pueden configurarse para proporcionar colores y/o temperaturas de color significativamente diferentes de luz blanca simplemente seleccionando un valor diferente para el término “Ciclo de trabajo a temperatura ambiente” en la Ec. (1) anterior. Además, el término “Ciclo de trabajo a temperatura ambiente” en la Ec. (1) puede en algunas implementaciones ser una función predeterminada del tiempo (por ejemplo, para compensar el envejecimiento gradual de los LED y la depreciación del flujo a lo largo del tiempo). Además, tal como se ha indicado anteriormente, la relación particular empleada en el bloque 704 del método 700 mostrado en la FIG. 20 se puede utilizar como una relación lineal como en la Ec. (1) anterior, o alternativamente como una relación lineal por tramos o no lineal, dependiendo al menos en parte del grado de compensación deseado para una aplicación dada.

La FIG. 22 ilustra una configuración de ejemplo de una tarjeta de circuito impreso 175 sobre la que se disponen una pluralidad de componentes 180 que constituyen la fuente de alimentación 414, junto con el sensor de temperatura 416, de acuerdo con la invención. La FIG. 22 también muestra un sustrato 420 (por ejemplo, el dissipador térmico mostrado en figuras anteriores) que lleva los primeros LED 202 y los segundos LED 204. La disposición mostrada en la FIG. 22 facilita una conexión térmica entre el sensor de temperatura 416 y los LED, y por lo tanto un seguimiento eficiente de la temperatura del LED (por ejemplo, con la finalidad de proporcionar una estabilidad en el color y/o temperatura de color durante una transición térmica). En particular, los primeros LED 202 y los segundos LED 204 se montan en un sustrato térmicamente conductor 420, que tiene un rebaje 457 formado en él, próximo a los LED 202 y 204. La tarjeta de circuito impreso 175 tiene una pestaña 456 para la inserción dentro del rebaje 457; con este fin, aunque la vista particular de la FIG. 22 ilustra una pestaña principalmente rectangular y rebajes rectangulares, se debería apreciar que la pestaña 456 puede tener cualquiera de una variedad de formas y dimensiones, siendo el rebaje 457 complementariamente formado de modo que aloje la pestaña. El sensor de temperatura 416 se dispone sobre la pestaña de la tarjeta de circuito impreso, de modo que cuando la tarjeta de circuito impreso 175 se inserta dentro del rebaje 457, el sensor de temperatura está esencialmente embebido en el sustrato térmicamente conductor próximo a los LED. Como se ha explicado anteriormente en conexión con las FIGS. 15-19, la fuente de alimentación 414 puede incluir múltiples etapas en base a múltiples controladores del modo de transición, y una pluralidad de componentes de circuito que constituyen la fuente de alimentación 414 se pueden disponer apropiadamente sobre la tarjeta de circuito impreso 175.

Aunque se han descrito e ilustrado en el presente documento varias realizaciones inventivas, los expertos en la materia fácilmente concebirán una variedad de otros medios y/o estructuras para la realización de la función y/u obtención de los resultados y/o una o más de las ventajas descritas en el presente documento, y cada una de dichas variaciones y/o modificaciones se considera que están dentro del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas. Más generalmente, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que todos los parámetros, dimensiones, materiales y configuraciones descritos en el presente documento están indicados para ser ejemplares y que los parámetros, dimensiones, materiales y/o configuraciones reales dependerán de la aplicación o aplicaciones específicas para las que se usan las enseñanzas inventivas. Los expertos en la materia reconocerán, o serán capaces de determinar usando nada más que experimentación rutinaria, muchos equivalentes a las realizaciones inventivas específicas descritas en el presente documento.

Todas las definiciones, tal como se definen y usan en el presente documento se debería entender que se controlan a través de definiciones de diccionario, definiciones en los documentos citados y/o significados ordinarios de los términos definidos.

Los artículos indefinidos “un” y “una”, tal como se usan en el presente documento, en la especificación y en las reivindicaciones, a menos que se indique claramente lo contrario, se deberían entender cómo indicando “al menos uno”.

La frase "y/o", tal como se usa en el presente documento en la especificación y en las reivindicaciones, se debería entender que significa "cualquiera o ambos" de los elementos así unidos, es decir, elementos que se presentan conjuntamente en algunos casos y se presentan disjuntamente en otros casos. Múltiples elementos listados con "y/o" se deberían interpretar en la misma manera, es decir, "uno o más" de los elementos así unidos. Otros elementos pueden presentarse opcionalmente diferentes a los elementos específicamente identificados por la cláusula "y/o", tanto relacionados o no relacionados con aquellos elementos específicamente identificados. Así, como un ejemplo no limitativo, una referencia a "A y/o B", cuando se usa en conjunto con un lenguaje abierto tal como "que comprende" puede referirse, en una realización, a A solamente (incluyendo opcionalmente elementos distintos de B"; en otra realización, a B solamente (incluyendo opcionalmente elementos distintos de A); y en otra realización más, tanto a A como a B (incluyendo opcionalmente otros elementos); etc.

Como se usa en el presente documento en la especificación y en la reivindicaciones, "o" se debería entender que tiene el mismo significado que "y/o" tal como se ha definido anteriormente. Por ejemplo, cuando se separan elementos en una lista, "o" o "y/o" se deben interpretar como inclusivos, es decir, la inclusión de al menos uno, pero también incluyendo más de uno, de un cierto número o lista de elementos, y, opcionalmente, elementos adicionales no listados. Solo términos que claramente indiquen lo contrario, tales como "solo uno de" o "exactamente uno de", o, cuando se usa en la reivindicaciones, "que consiste en", se referirán a la inclusión de exactamente un elemento de un cierto número o lista de elementos. En general, el término "o" tal como se usa en el presente documento solo se debe interpretar como indicativo de alternativas exclusivas (es decir "uno o el otro pero no ambos") cuando se precede por términos de exclusividad, tales como "cualquiera", "uno de", "solo uno de", o "exactamente uno de". "Consistiendo esencialmente en", cuando se usa en las reivindicaciones, debe tener su significado ordinario tal como se usa en el campo de las leyes de patentes.

Tal como se usa en el presente documento en la especificación y en las reivindicaciones, la frase "al menos uno", en referencia a una lista de uno o más elementos, se debería entender que significa al menos un elemento seleccionado de entre uno cualquiera o más de los elementos en la lista de elementos, pero no incluyendo necesariamente al menos uno de todos y cada uno de los elementos específicamente listados dentro de la lista de elementos y sin excluir ninguna combinación de elementos en la lista de elementos. Esta definición también permite que puedan estar opcionalmente presentes elementos distintos a los elementos específicamente identificados dentro de la lista de elementos a la que se refiere la frase "al menos uno", tanto relacionados como no relacionados con aquellos elementos específicamente identificados. Por ello, como un ejemplo no limitativo, "al menos uno de A y B" (o, de modo equivalente, "al menos uno de A o B", o, de modo equivalente "al menos uno de A y/o B") puede referirse, en una realización, a al menos uno, incluyendo opcionalmente más de uno, A, con B no presente (e incluyendo opcionalmente elementos distintos de B); en otra realización, a al menos uno, incluyendo opcionalmente más de uno, B, con A no presente (e incluyendo opcionalmente elementos distintos de A); en otra realización más, a al menos uno, incluyendo opcionalmente más de uno, A, y al menos uno, incluyendo opcionalmente más de uno, B (e incluyendo opcionalmente otros elementos); etc.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de iluminación (100), que comprende:
  - 5 una fuente de luz basada en LED (150) que comprende al menos un primer LED para la generación de una primera radiación que tiene un primer espectro y al menos un segundo LED para la generación de una segunda radiación que tiene un segundo espectro diferente del primer espectro;  
una óptica acoplada a la fuente de luz basada en LED (160);  
un disipador térmico (130) acoplado a la fuente de luz basada en LED;
  - 10 una base (110) para la unión mecánica y eléctrica con un casquillo;  
un circuito eléctrico que comprende un convertidor de alimentación para proporcionar corrección del factor de potencia y el voltaje de funcionamiento; y  
una carcasa (400) que comprende un material eléctricamente no conductor y acoplada mecánicamente a la base, en la que la fuente de luz basada en LED, la óptica, y el disipador térmico se disponen dentro de la carcasa;
  - 15 caracterizado por que  
se dispone un sensor de temperatura próximo a la fuente de luz basada en LED para la generación de una señal de temperatura;  
el convertidor de potencia es una fuente de alimentación conmutada que recibe la temperatura de modo que controle la primera corriente a través del al menos un primer LED y/o la segunda corriente a través del al menos un segundo LED, de modo que la primera y la segunda corrientes pueden ser diferentes.
2. Aparato de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que  
el al menos un primer LED y el al menos un segundo LED se conectan eléctricamente en serie entre un primer nodo y un segundo nodo y circula una corriente en serie entre el primer nodo y el segundo nodo cuando se aplica un  
25 voltaje de funcionamiento a través del primer nodo y el segundo nodo;  
se conecta al menos un trayecto de corriente controlable en paralelo con uno del al menos un primer LED;  
la fuente de alimentación conmutada controla al menos uno del al menos un trayecto de corriente controlable conectado en paralelo con uno del al menos un primer LED de modo que  
derive al menos parcialmente la corriente en serie alrededor de uno del al menos un primer LED en respuesta a la  
30 señal de temperatura.
3. Aparato de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, que genera esencialmente luz blanca de una mezcla de la primera radiación del primer LED y la segunda radiación del segundo LED, en el que  
la fuente de alimentación conmutada se configura para controlar la primera corriente y la segunda corriente de modo  
35 que la luz esencialmente blanca generada por el aparato tenga una temperatura de color en el intervalo de desde aproximadamente 2600 K a 3000 K, y una producción de al menos aproximadamente 700 lúmenes a 10 vatios.
4. Aparato de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos uno de un primer número del al menos un primer LED, un segundo número del al menos un segundo LED, la primera corriente, y la segunda corriente se seleccionan de modo que la luz esencialmente blanca generada por el aparato proporcione un índice de reproducción cromática (CRI) de al menos 90.
- 40 5. Aparato de iluminación según la reivindicación 1, en el que la carcasa define uno o más orificios configurados para facilitar la disipación térmica.
- 45 6. Aparato de iluminación según la reivindicación 5, en el que la pluralidad de orificios tienen cada uno un eje de simetría orientado de modo que no intersecte con componentes eléctricos del aparato.
- 50 7. Aparato de iluminación según la reivindicación 5, en el que el al menos uno de la pluralidad de orificios es menor de o igual a aproximadamente 2 mm de tamaño.
8. Aparato de iluminación según la reivindicación 1, en el que la carcasa está hecha de vidrio.
9. Aparato de iluminación según la reivindicación 1, que comprende además una lente de cobertura acoplada a la carcasa, en el que la lente de cobertura y la carcasa en combinación rodean sustancialmente la fuente de luz basada en LED, la óptica secundaria, y el disipador térmico.
- 55 10. Aparato de iluminación según la reivindicación 9, en el que la óptica secundaria tiene una abertura de salida, y en el que el aparato comprende además un difusor dispuesto a través de la abertura de salida.
- 60 11. Aparato de iluminación según la reivindicación 1, que comprende además una óptica de colimación dispuesta para recibir la primera radiación y la segunda radiación.
- 65 12. Aparato de iluminación según la reivindicación 11, en el que el al menos uno de una disposición del al menos un primer LED y el al menos un segundo LED, y la óptica de colimación se configuran para proporcionar un ángulo del

haz de ancho a media altura de aproximadamente 25 grados para la luz esencialmente blanca generada por el aparato.

5 13. Un aparato de iluminación configurado en un factor de forma de Reflector de Aluminio Parabólico (PAR) 38, comprendiendo el aparato:

un aparato de iluminación de acuerdo con la reivindicación 1; y  
la carcasa (400) que se configura en el factor de forma PAR38.

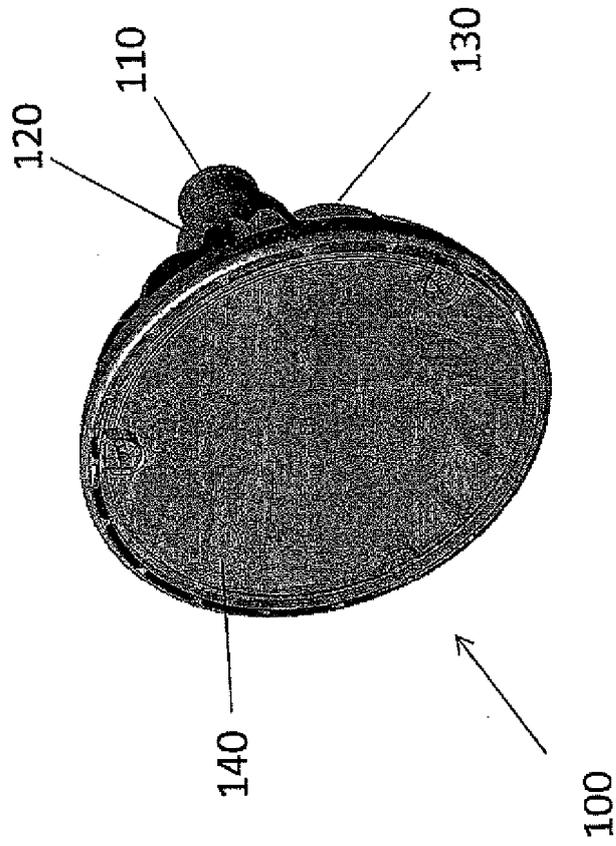
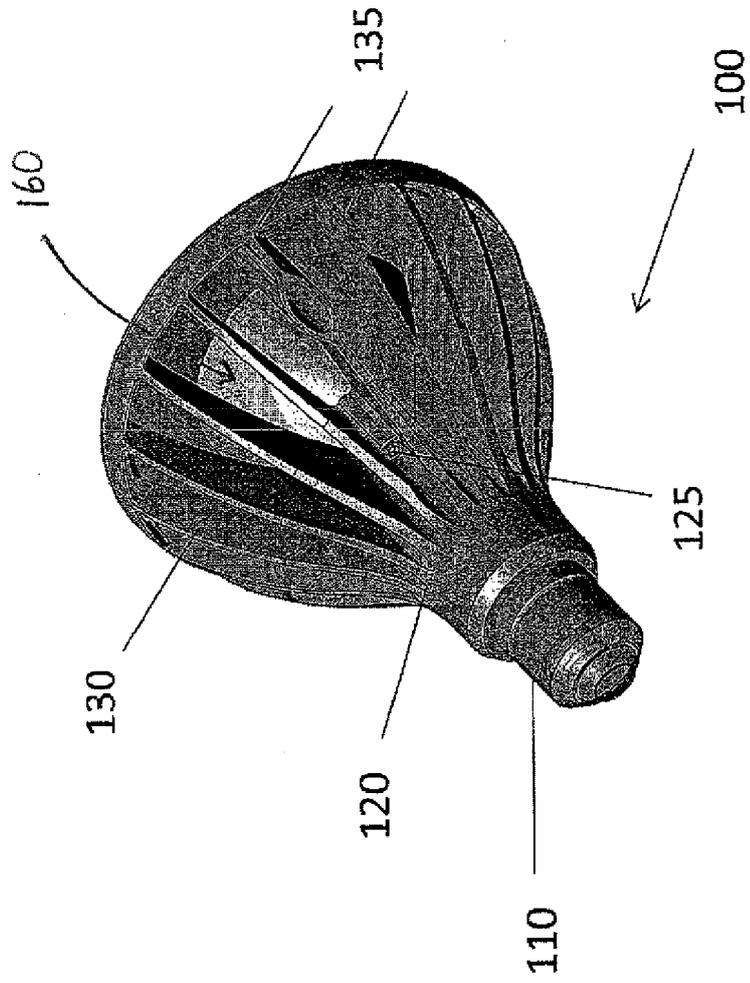
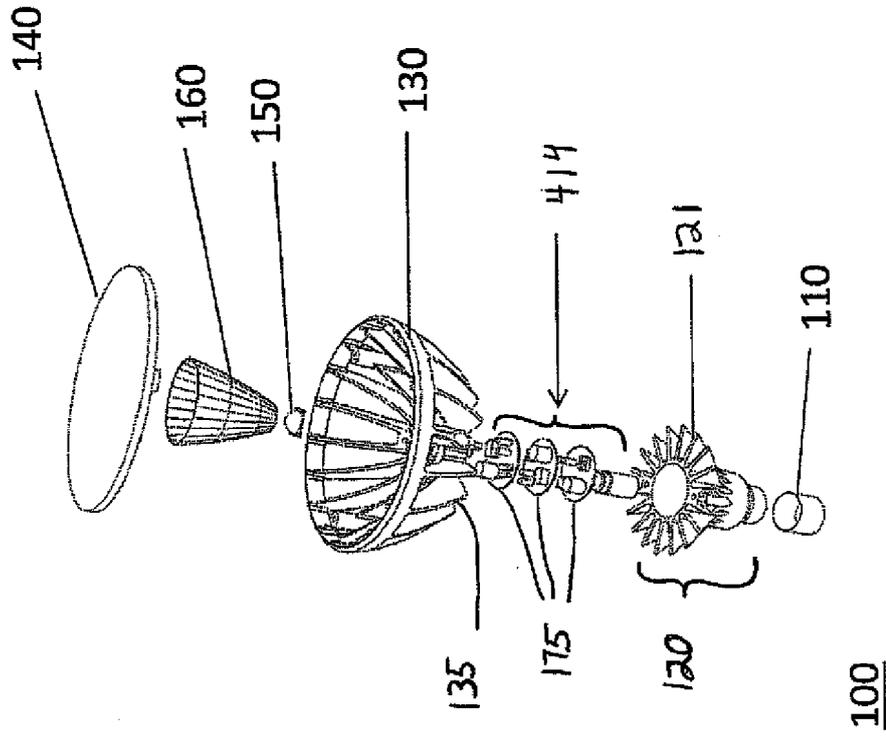


FIG. 1A



**FIG. 1B**



**FIG. 2**

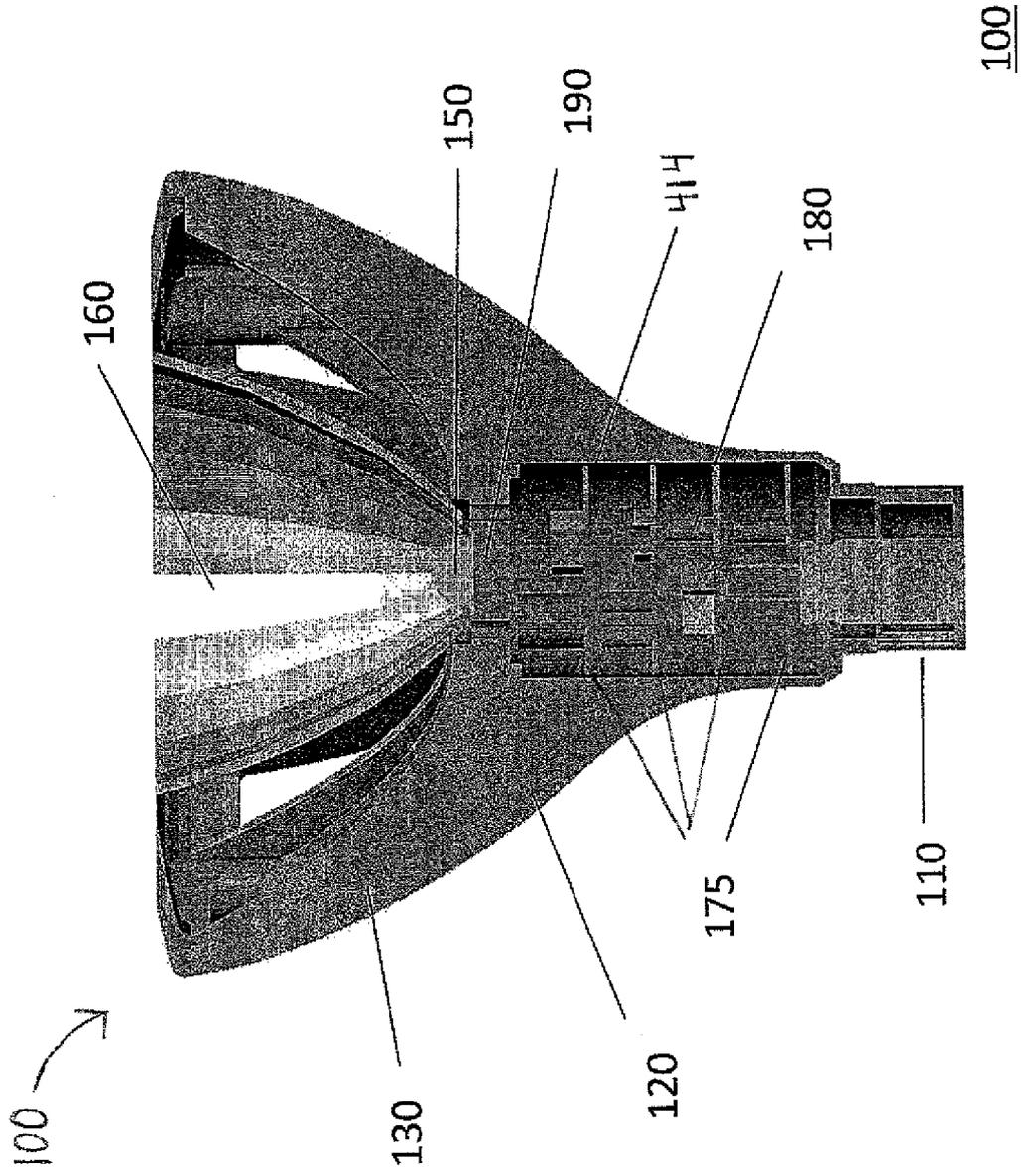


FIG. 3

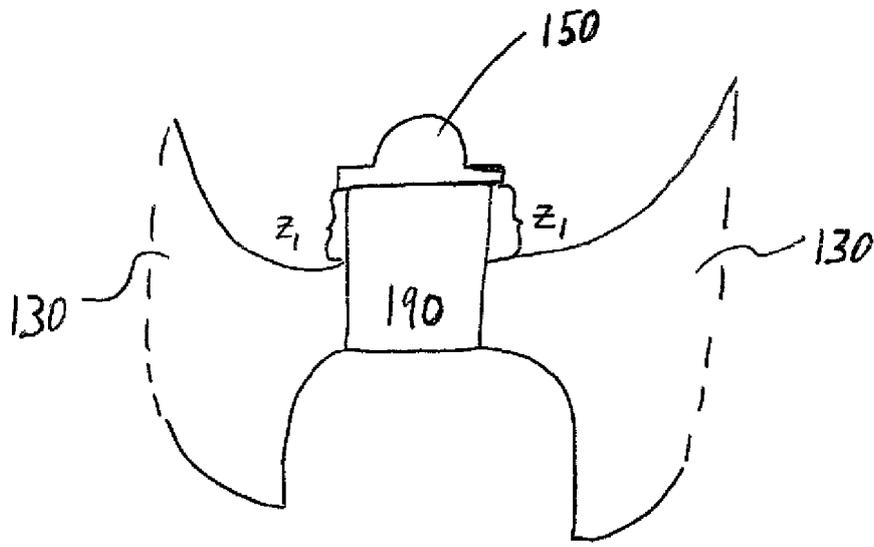
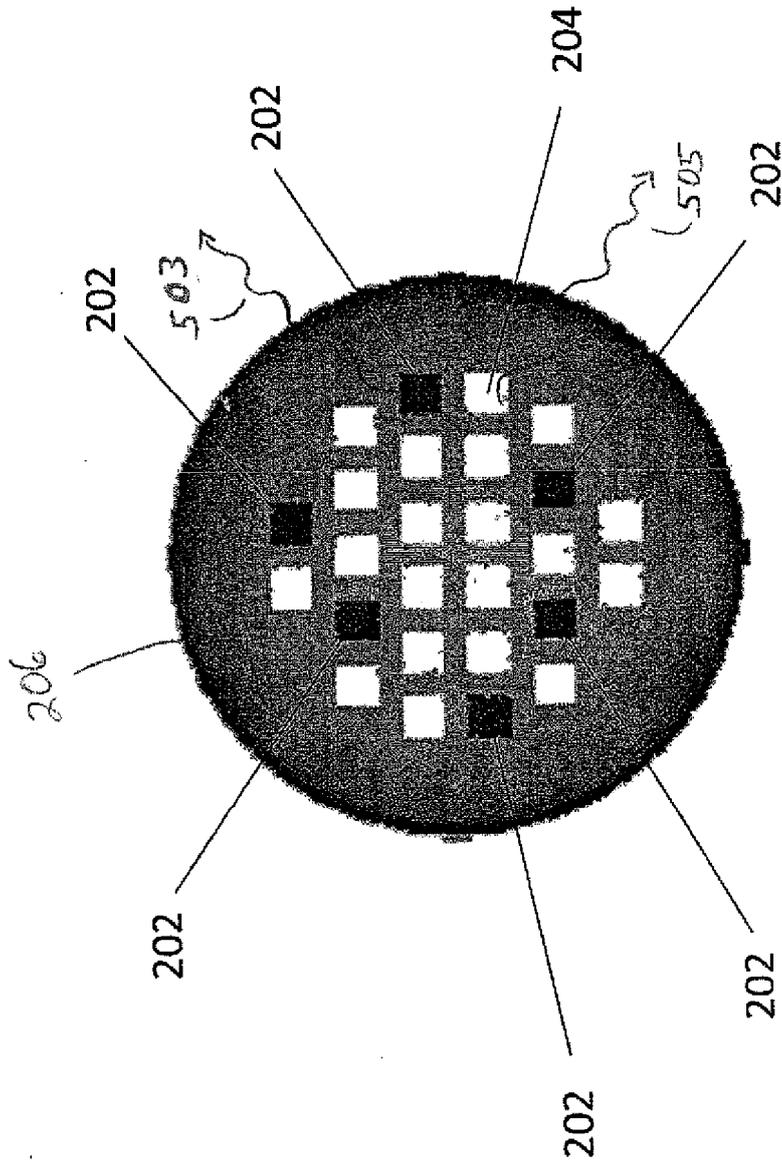


FIG. 4



200 FIG. 5

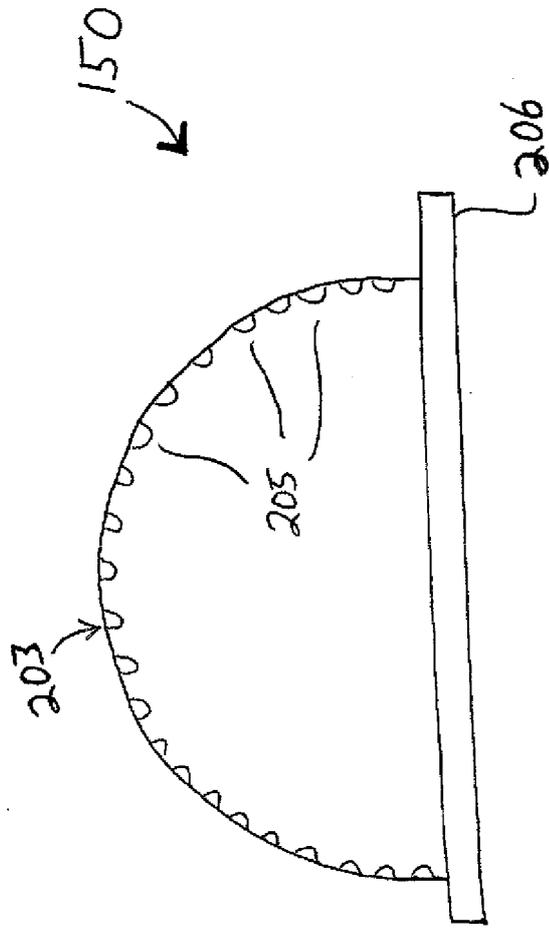


FIG. 6A

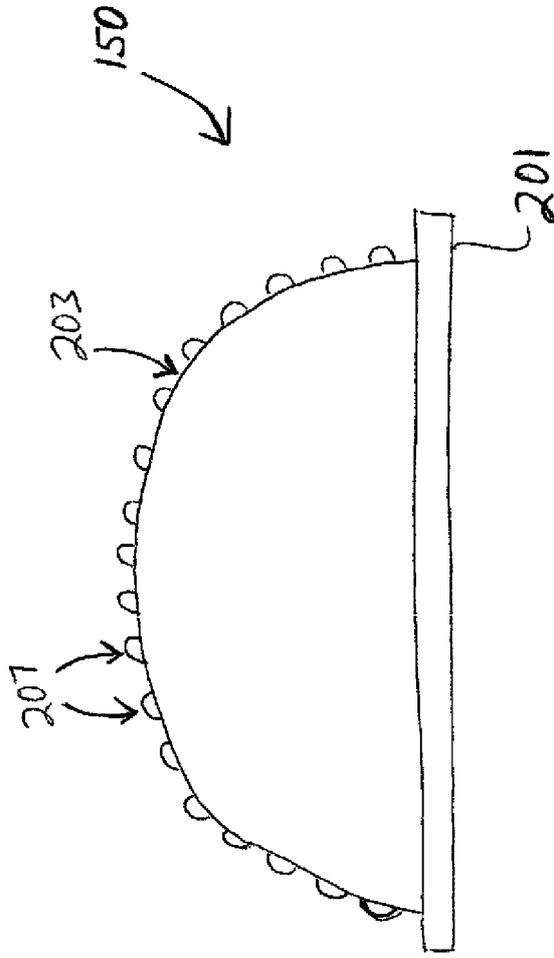


FIG. 6B

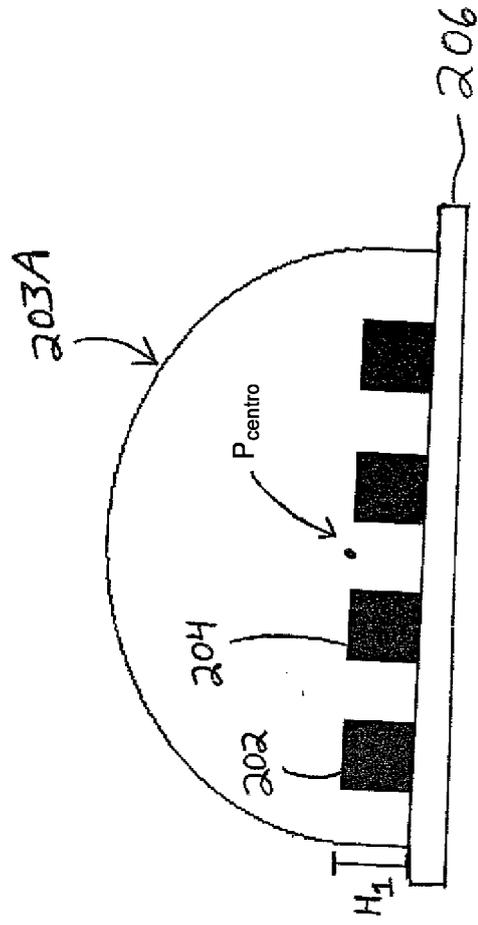


FIG. 6C

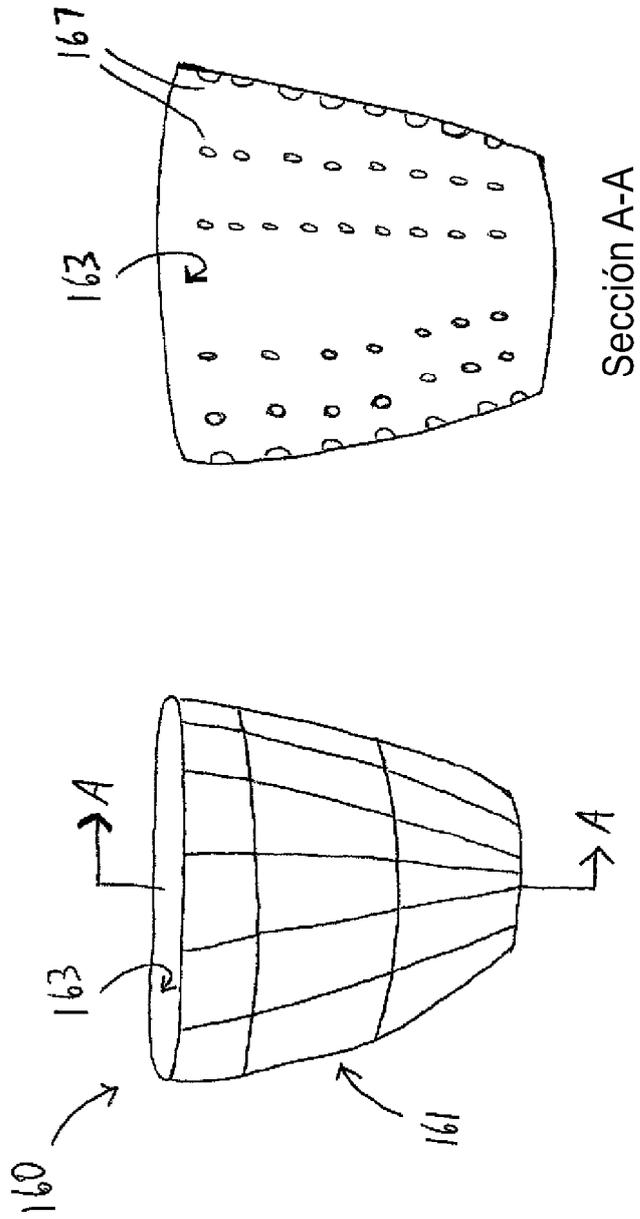


FIG. 7B

FIG. 7A

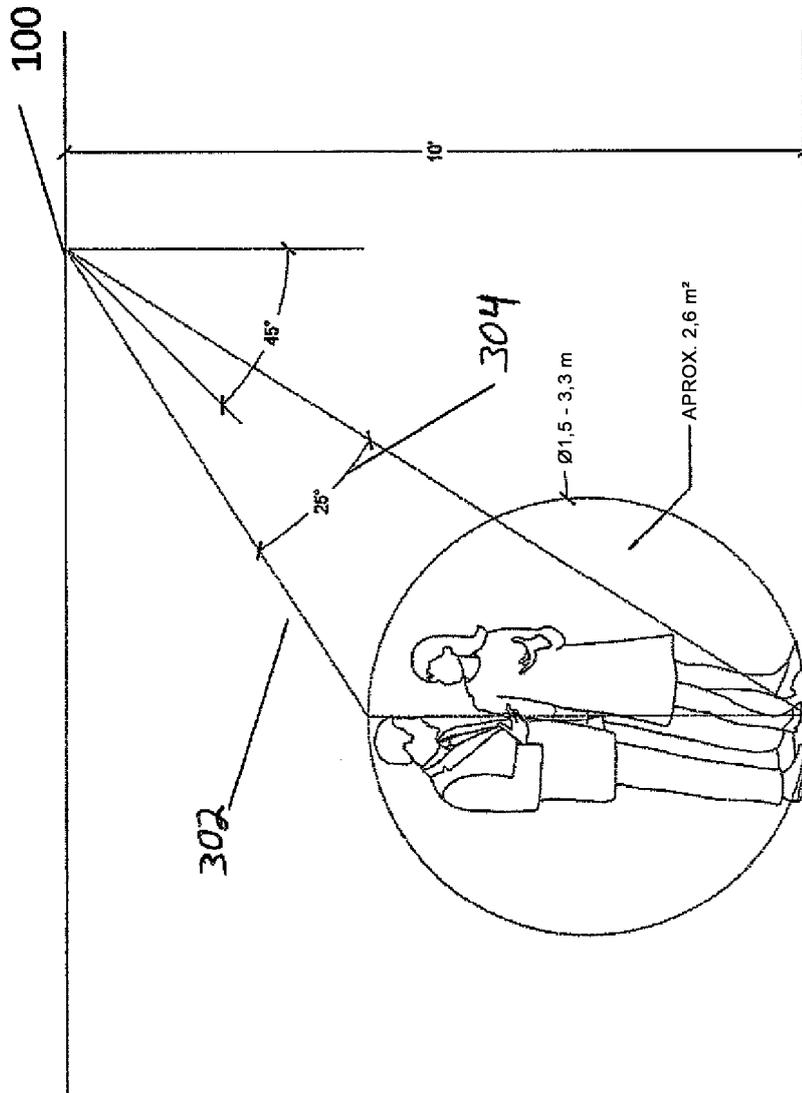


FIG. 8

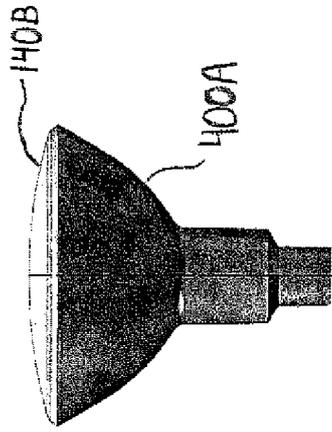
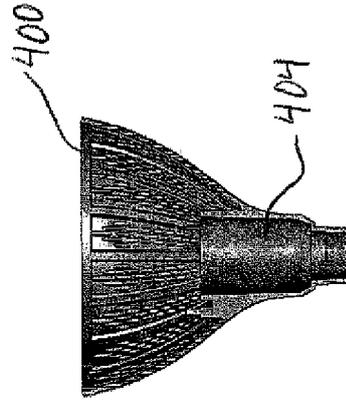


FIG. 9D



Sección B-B

FIG. 9C

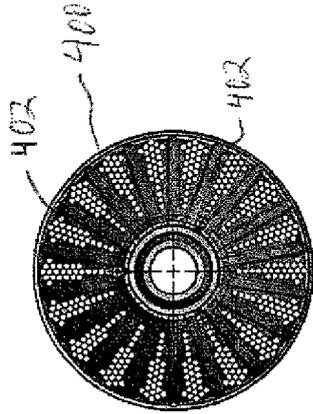


FIG. 9A

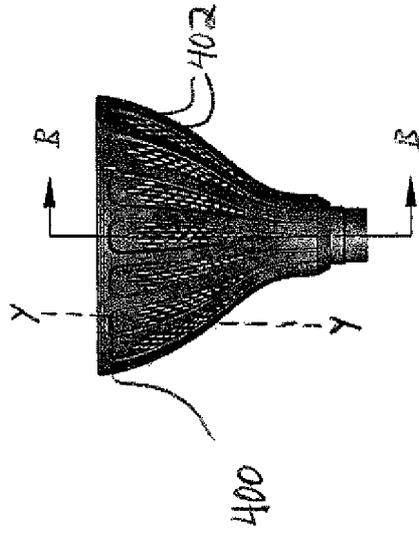


FIG. 9B

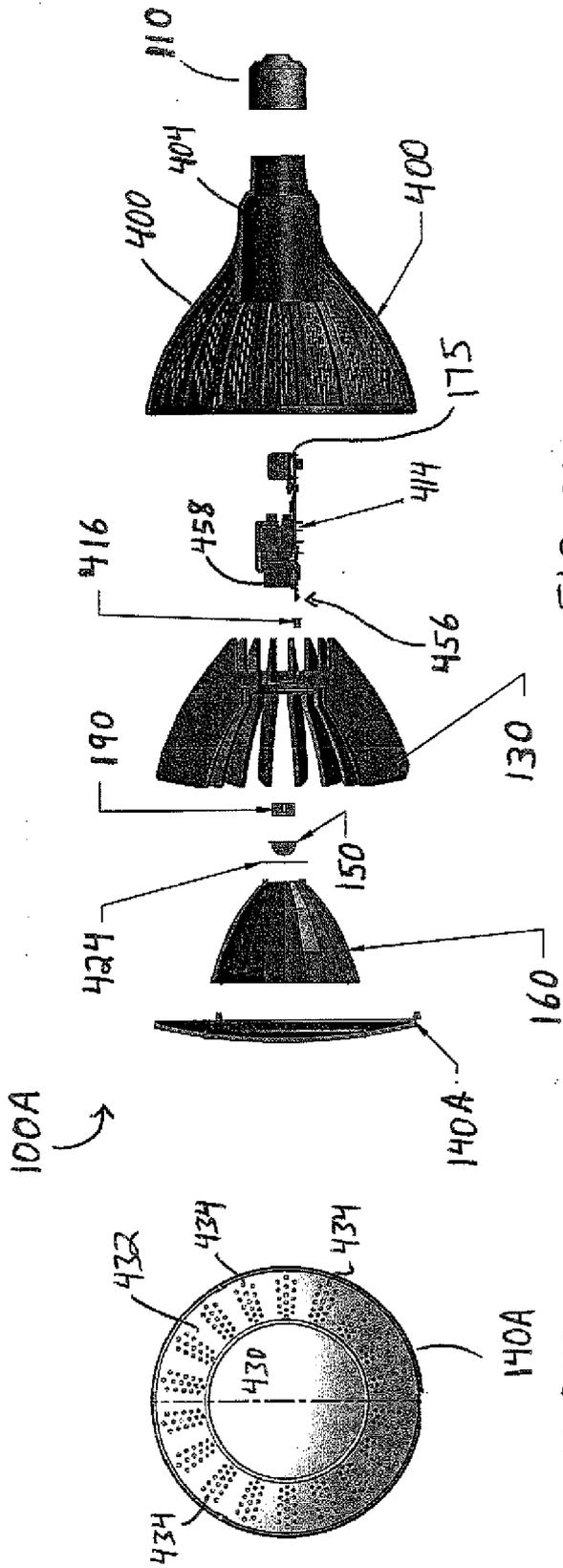


FIG. 10A

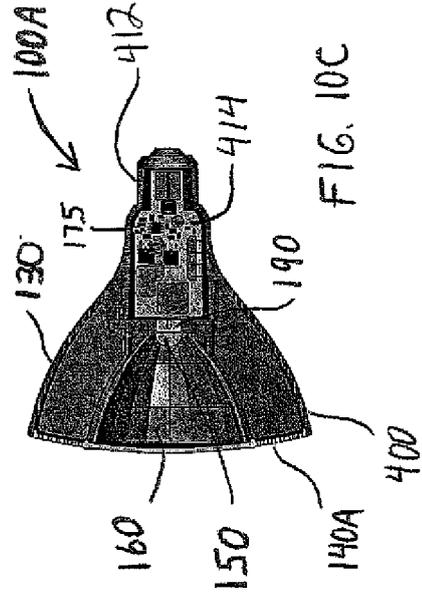


FIG. 10C

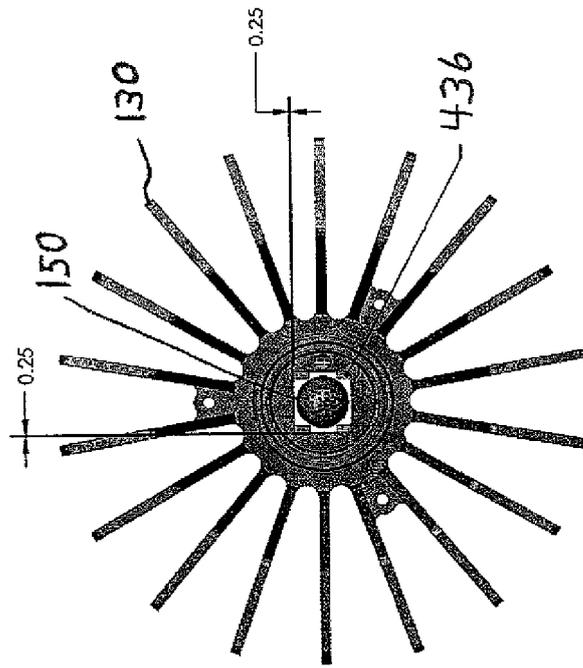


FIG. 11

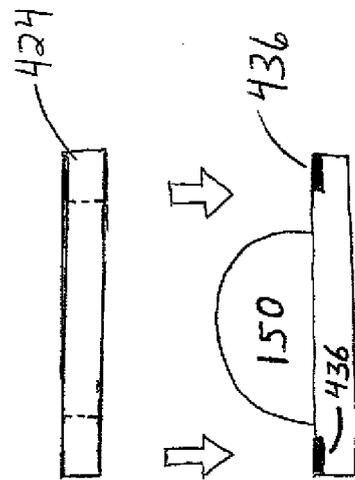


FIG. 12A

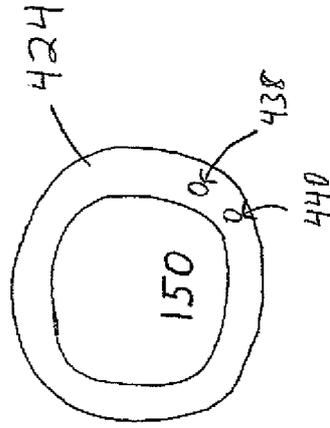


FIG. 12B

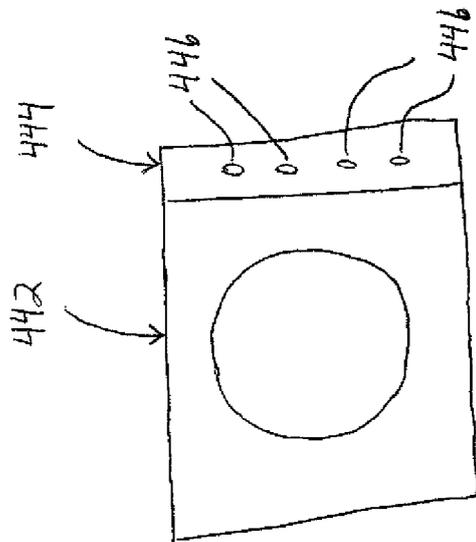


FIG. 13A

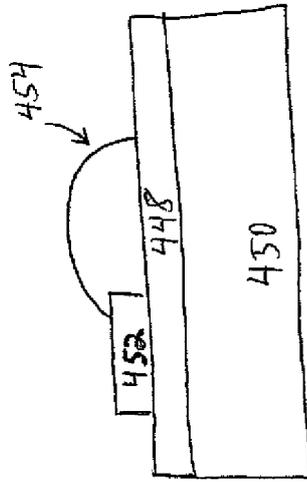


FIG. 13B

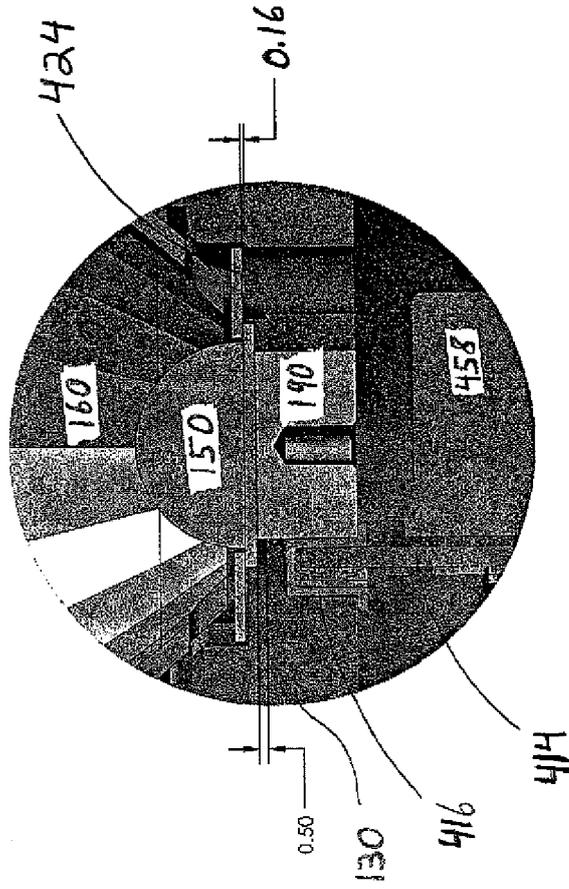


FIG. 14



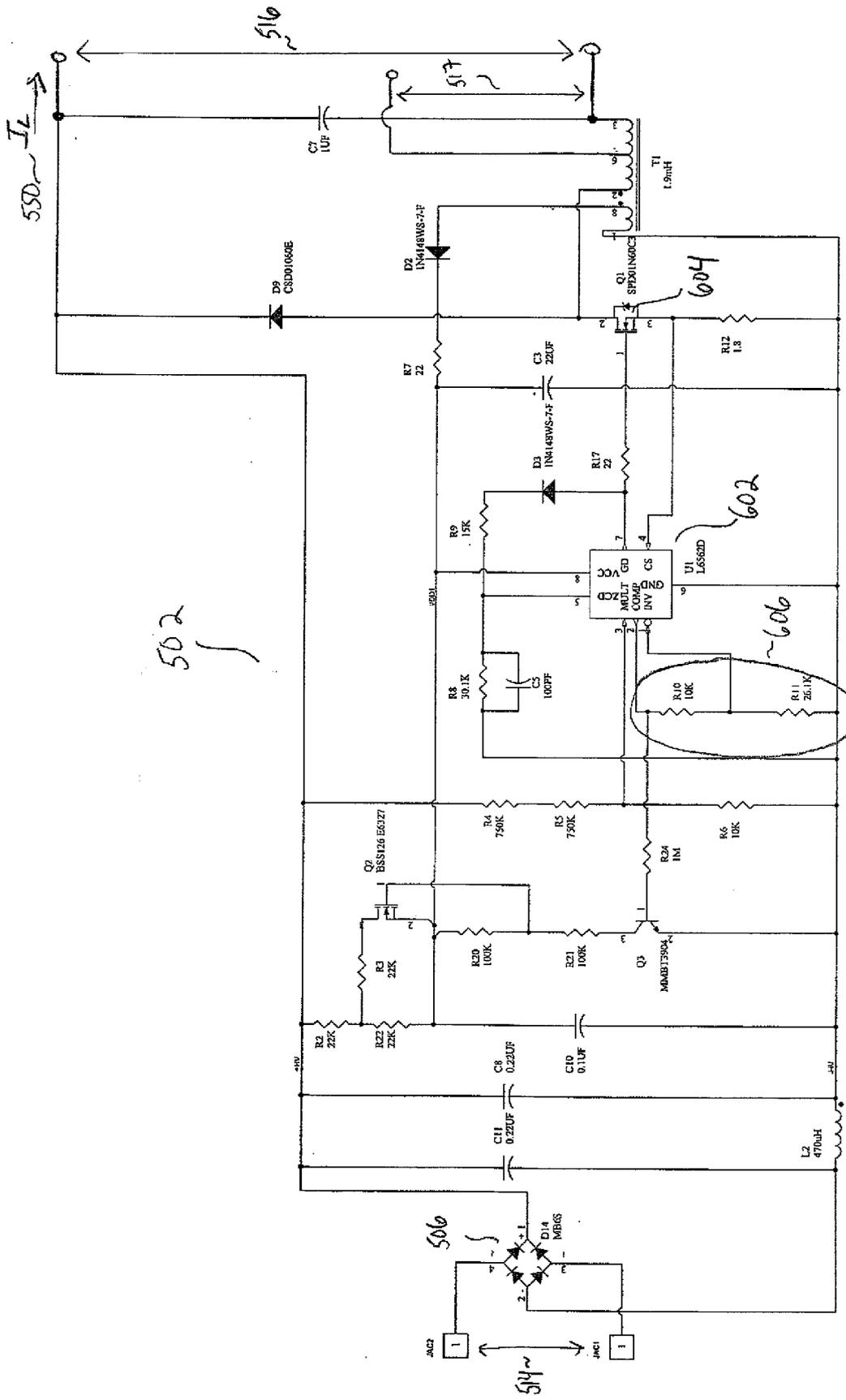
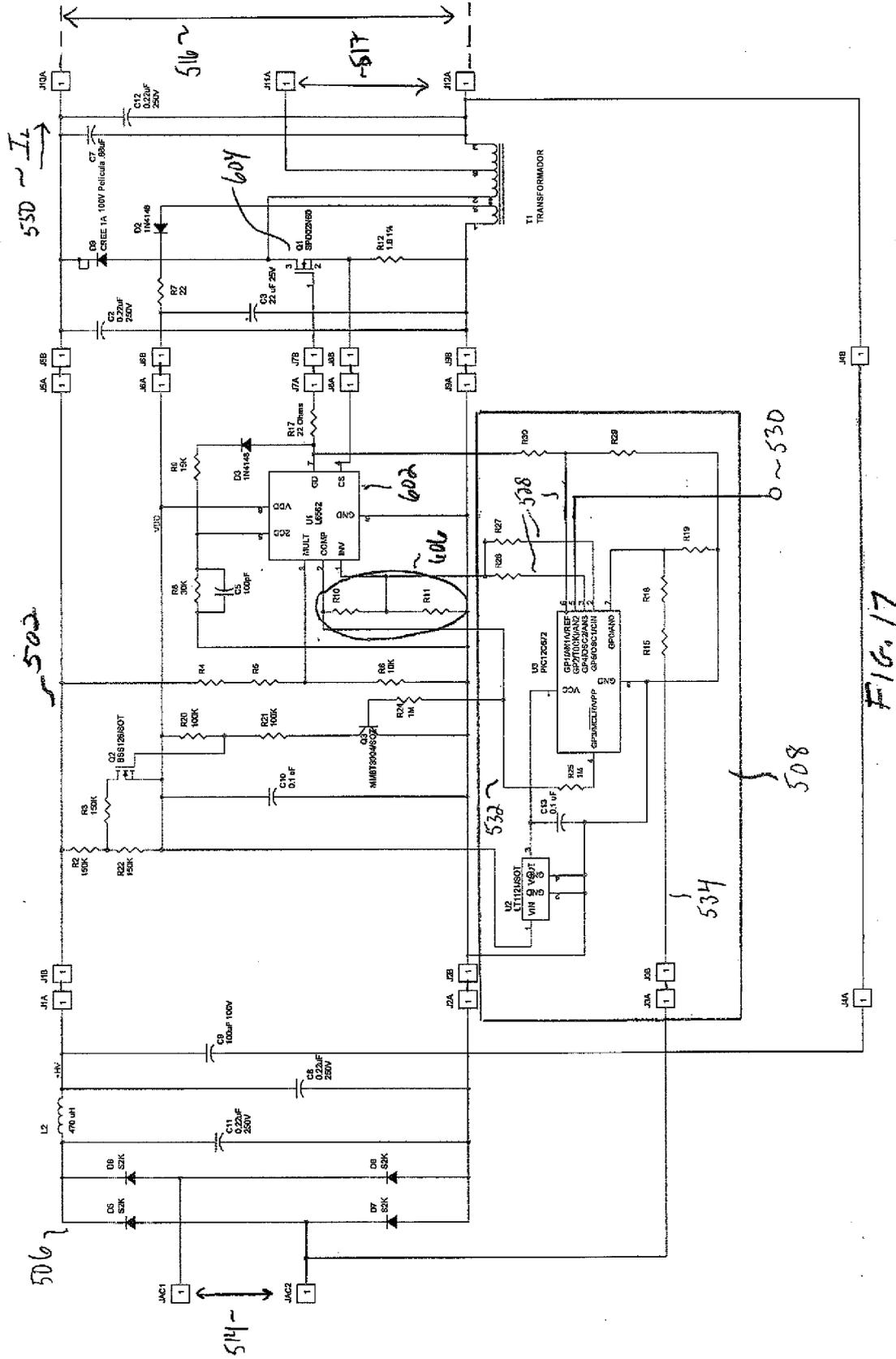


FIG. 16



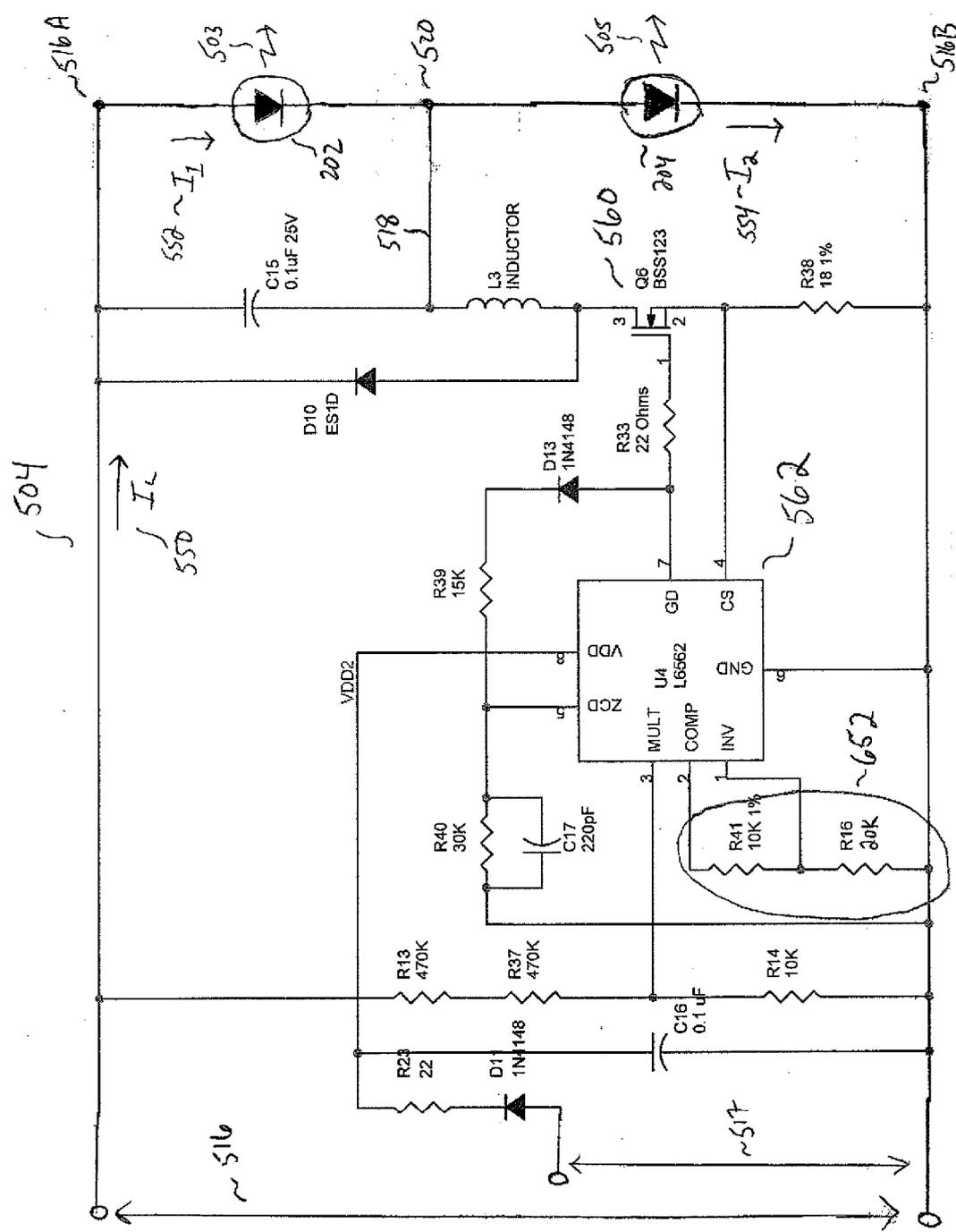


FIG. 18

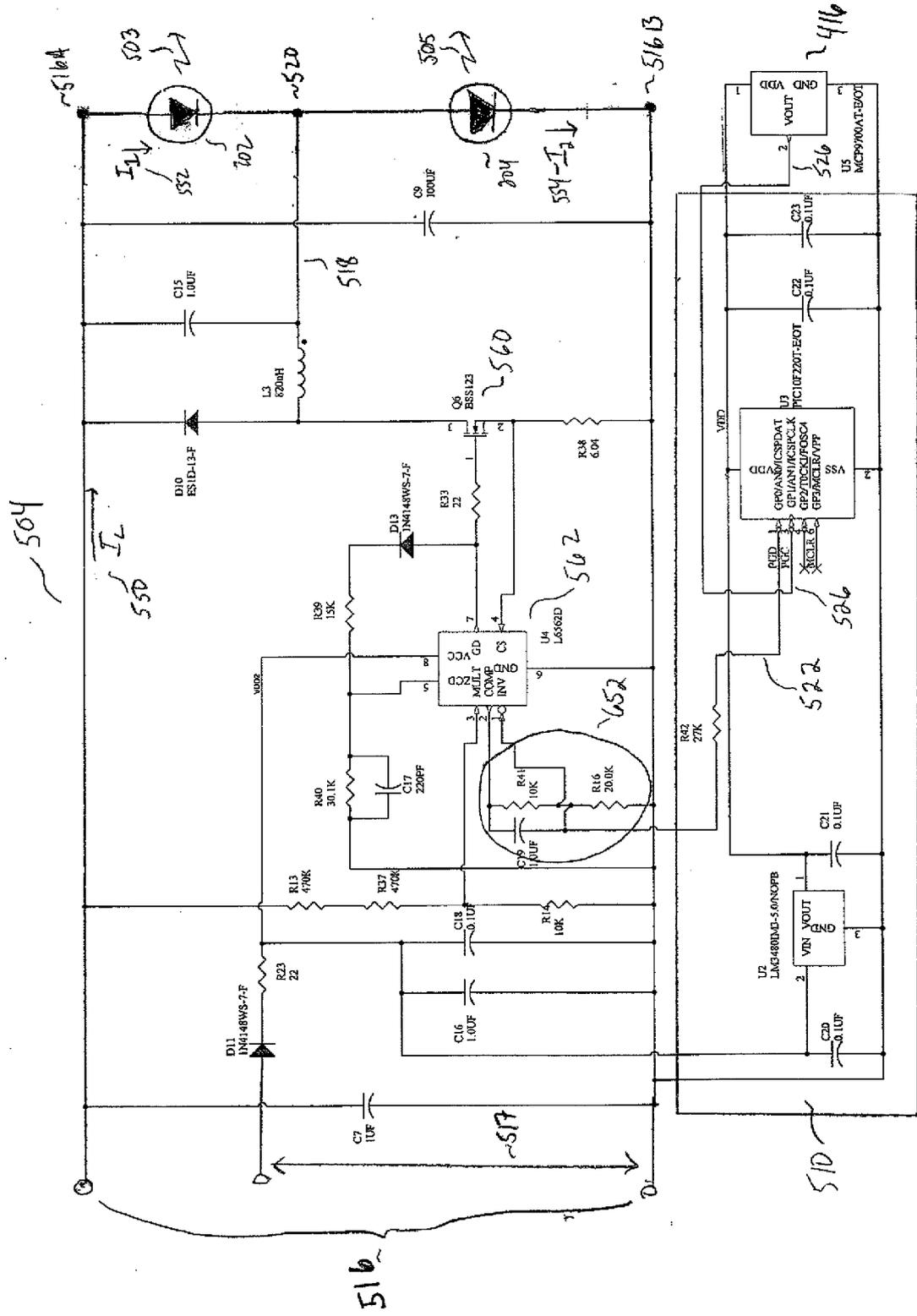


FIG. 19

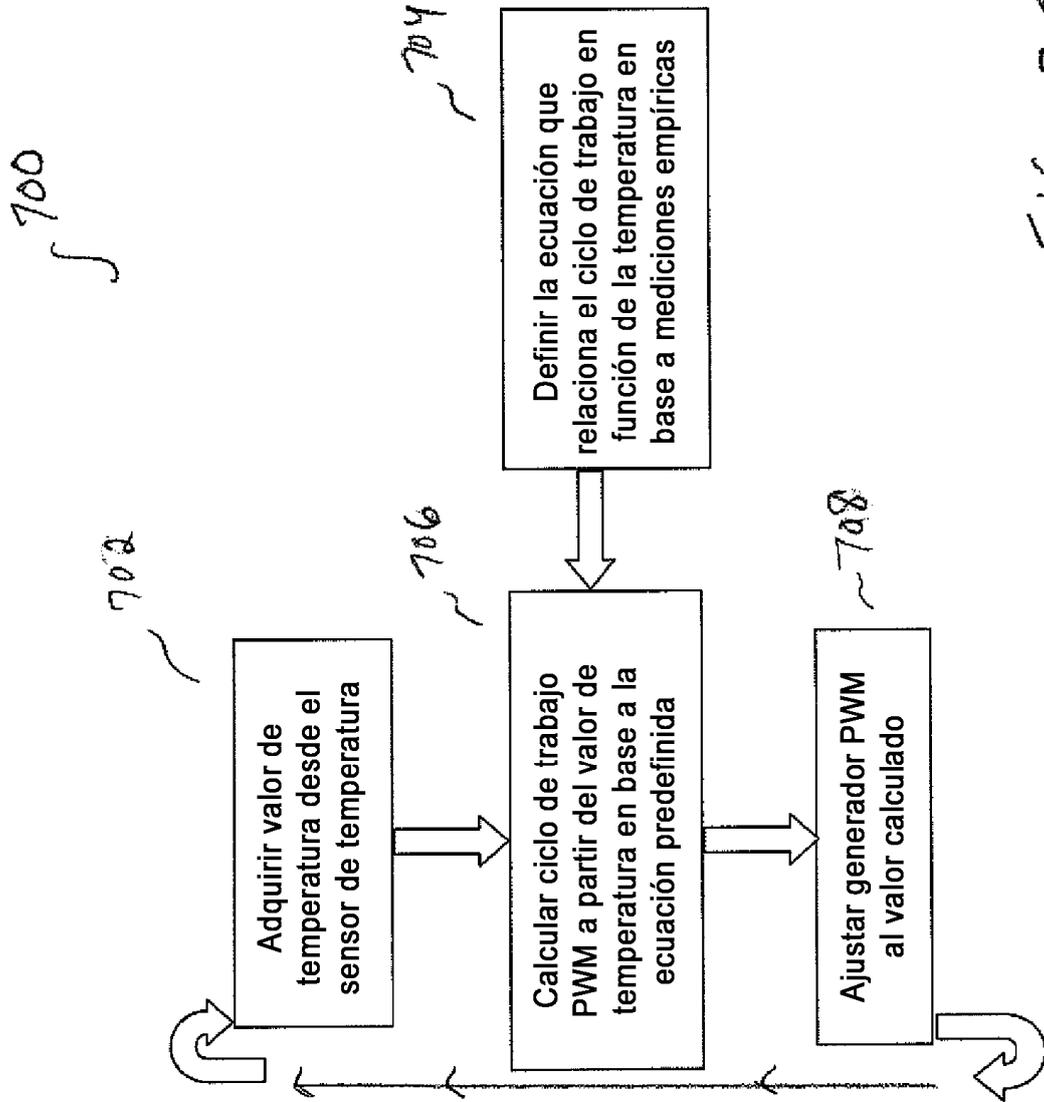


FIG. 20

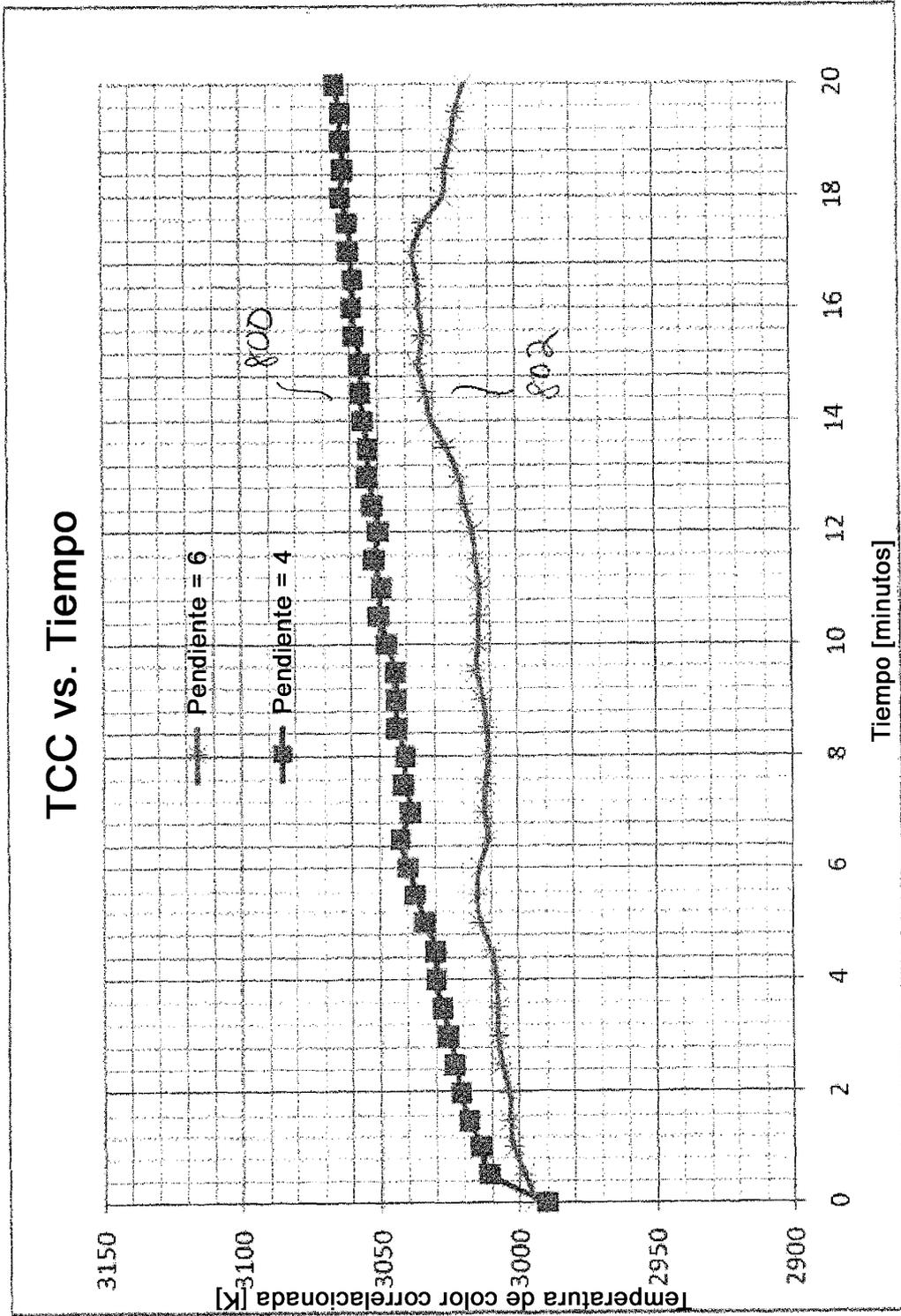


FIG. 2/

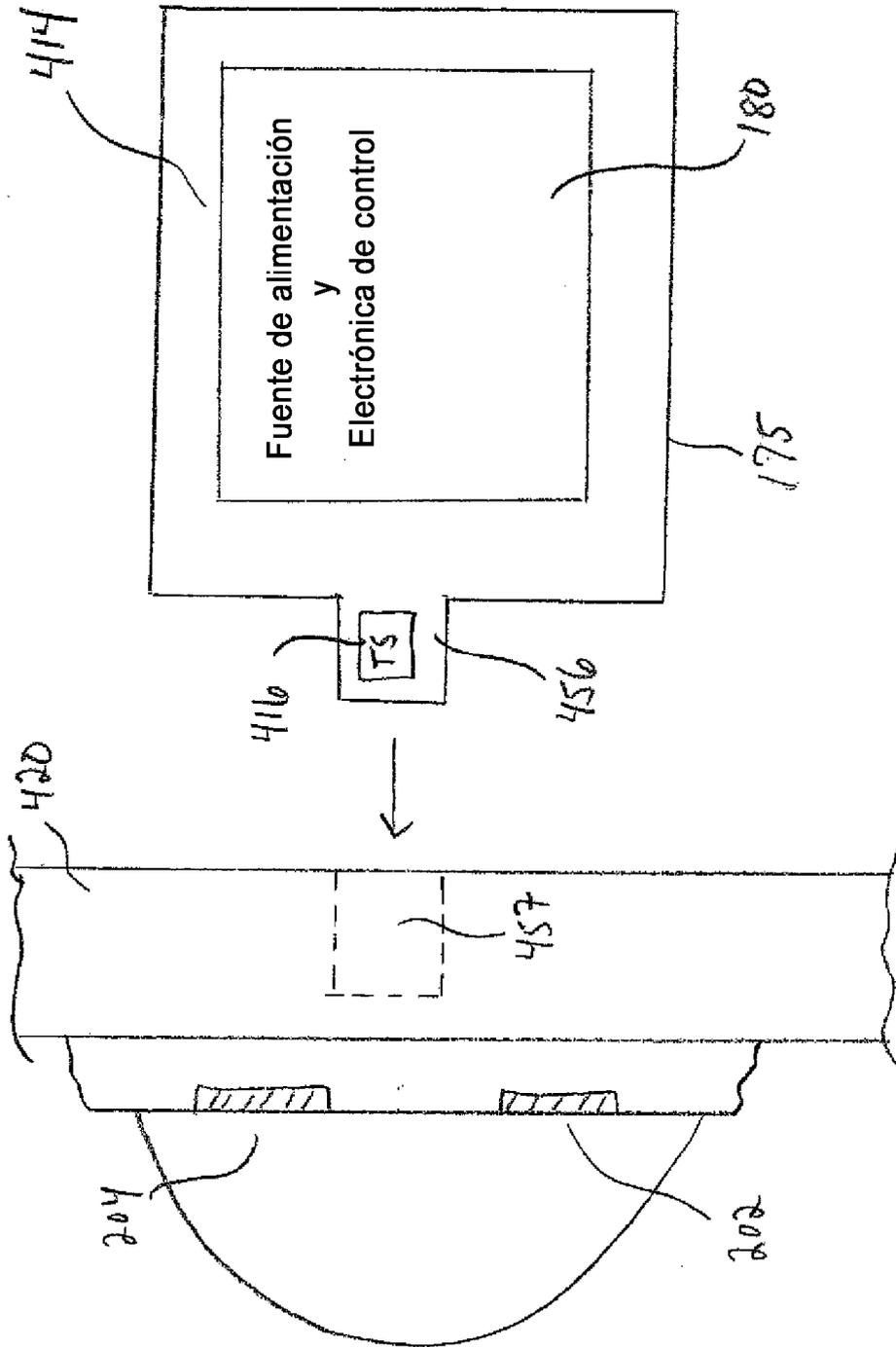


FIG. 22