



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-135132- -00000-0000

Fecha: 2012-08-10 15:55:08

Tra. 11 PATENTEIYII

Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Eve: 378 FASENACIONALI

Folios: 53

Industria y Comercio

S U P E R I N T E N D E N C I A

DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

División de Nuevas Creaciones

**SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION**

21. **EXPEDIENTE No.** _____

54. **TÍTULO** CONJUNTO LUMINICO LED DE MEZCLADO DE LUZ Y LAMPARA DE LED BLANCO CON HAZ

ESTRECHO Y ALTO CRI QUE USA DICHO CONJUNTO.

51. **CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL** F21K 99/00

71. **SOLICITANTE** GENERAL ELECTRIC COMPANY

DOMICILIO 1 River Road, Schenectady, New York E.U.A.

74. **APODERADO** GERMAN CASTILLO GRAU

22. **BOGOTÁ, D.C.,** _____



No. 12-135132- -00000-0000

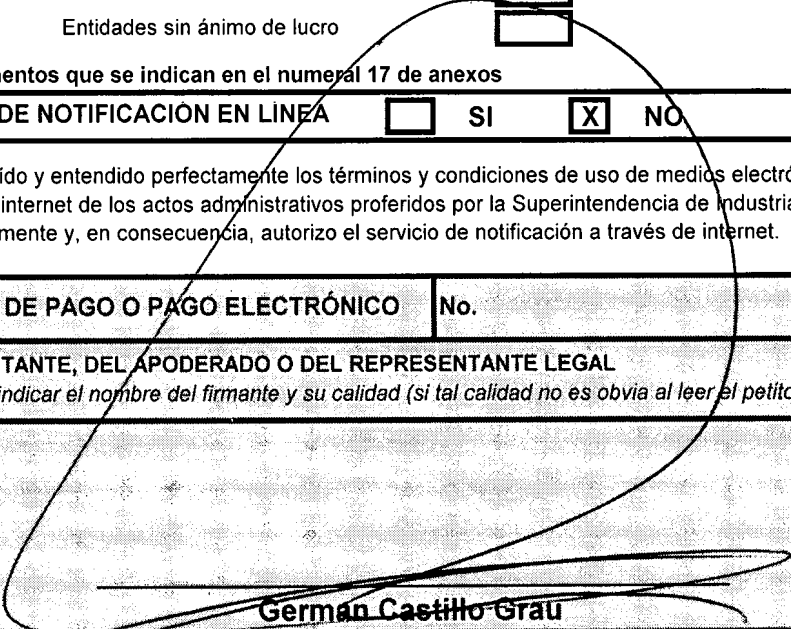
Fecha: 2012-08-10 15:55:08
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 53

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT

1	TIPO SE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/ US2011/020442	Fecha: Enero 7, 2011
Publicación Internacional No.		WO 2011/085146 A2	Fecha: Julio 14, 2011
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
CONJUNTO LUMINCO LED DE MEZCLADO DE LUZ Y LÁMPARA DE LED BLANCO CON HAZ ESTRECHO Y ALTO CRI QUE USA DICHO CONJUNTO.			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP)		
F21K 99/00			
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
GENERAL ELECTRIC COMPANY		IDENTIFICACIÓN	TIPO
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN		1 River Road	No. TELÉFONO
CIUDAD		Schenectady, New York	CORREO ELECTRÓNICO
PAIS		E.U.A.	NACIONALIDAD O LUGAR DE CONSTITUCIÓN E.U.A.
7	INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
	APELLIDOS	NOMBRES	NACIONALIDAD
1	Allen	Garv R.	E.U.A.
2	Weaver	Stanton E.	E.U.A.
3	Mulder	R. Stephen	E.U.A.
4	Dudik	David C.	E.U.A.
5	Kaminski	Mark E.	E.U.A.
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
	PAÍS RESIDENCIA	DEPARTAMENTO/ESTADO	CIUDAD
1	E.U.A.	Ohio	Cleveland
2	E.U.A.	New York	Niskayuna
3	E.U.A.	Arizona	Tucson
4	E.U.A.	Ohio	Cleveland
5	E.U.A.	Ohio	Cleveland
DIRECCIÓN			
1975 Noble Road			
1 Research Circle			
8784 East Desert Lunpine Place			
1975 Noble Road			
1975 Noble Road			
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
GERMAN CASTILLO GRAU		IDENTIFICACION	
		C.C. 17.017.671 de TP 2.978 del Bogotá C.S.J.	
DIRECCIÓN		Carrera 13 No. 37-43 Piso 12	
CIUDAD		Bogotá, D.C.	
PAIS		Colombia	
No. TELÉFONO		285 7460	
CORREO ELECTRÓNICO		info@castillograu.com	
No. RADICACIÓN O PORTOCOLO DE PODER GENERAL			

A✓

10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO			
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO	(32) FECHA (AAAA/MM/DD)
1	E.U.A.		12/685.287	Enero 11, 2010
2				
3				
11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS			
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen,				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente,				
12	DECLARACION SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES			
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicional de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado o número de registro expedido por la Autoridad competente.				
13	REDUCCIÓN DE TASAS			
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de la patente.				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐				
Universidades públicas o privadas ☐				
Entidades sin ánimo de lucro ☐				
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
14	AUTORIZACION DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☐ SI ☒ NO			
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.				
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	No.	Fecha.	
16	FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL			
Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)				
 German Castillo Grau				
17	ANEXOS			
Documentación Técnica				
Solicitud Internacional en Castellano				
1	☒ Descripción	No. De folios:		
2	☒ Reivindicaciones	No. Reivindicaciones:		
3	☒ Dibujos y/o figuras	No. Folios:		
4	☒ Resumen			
5	☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso			
6	☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso			
7	☒ Arte final 12 x 12			
8	☐ Anexo formato digital			
Documentación Jurídica				
9	☒ Poderes, si fuera el caso.	Copia Auténtica		
10	☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante			
11	☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado número de registro, si fuera al caso			
12	☐ Copia de la licencia o autorización de conocimientos Tradicionales, o certificado o número de registro, si fuera el caso			
13	☐ Reducción de tasas			
Micro, pequeñas o medianas empresas				
	☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea			
	☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004			
Universidades públicas o privadas				
	☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación			
Entidades sin ánimo de lucro				
	☐ Copia de regido vigente en Cámara de comercio			
	☐ Hoja de información complementaria			
	☐ Otros, especificar			
16	☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud			
17	☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad			
18	☐ Comprobante de pago de la tasa de concepto de excedente de palabras en la publicación			
19	☐ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10			



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN
☒ Patente de Invención ☐ Patente modelo de utilidad ☐ PCT

(21) No. De solicitud	(51) int. Cl: F21K 99 / 00
(22) Fecha de solicitud	(71) Solicitante (s) GENERAL ELECTRIC COMPANY
(30) Prioridad SI (31) No. Prioridad 12/685.287 (32) Fecha: Enero 11, 2011	(72) Interventor (es) Allen Gary R.; Weaver Stanton E.; Mulder R. Stephen; Dudik David C; Kaminski Mark E.
(33) Pais E.U.A.	(74) Apoderado (s) GERMAN CASTILLO GRAU
(54) Título CONJUNTO LUMINCO LED DE MEZCLADO DE LUZ Y LÁMPARA DE LED BLANCO CON HAZ ESTRECHO Y ALTO CRI QUE USA DICHO CONJUNTO.	
Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT	
(85) Fecha límite inicio Fase Nacional (86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha de presentación de la solicitud Fecha Enero 7, 2011 No. de solicitud PCT PCT/US2011/020442	(87) Publicación internacional Fecha Julio 14, 2011 No. Publicación WO 2011/085146 A2
Resumen reivindicación (es): Una lámpara direccional comprende una fuente de luz, un sistema óptico formador de haz luminoso configurado para convertir la luz de la fuente de luz en un haz luminoso, y un difusor de mezcla de luz configurado para difundir el haz luminoso. La fuente de luz, el sistema óptico formador de haz luminoso y el difusor de mezcla de luz están conectados unos a otros en forma de lámpara unitaria. El sistema óptico formador de haz luminoso incluye: Un reflector de colección que tiene una abertura de entrada que recibe luz de la fuente de luz y una abertura de salida que es más grande que la abertura de entrada y un lente dispuesto en la abertura de salida del reflector de colección, la cual fuente de luz está dispuesta a lo largo de un eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso a una distancia del lente que se encuentra dentro de más o menos diez por ciento de una longitud focal del lente.	

FOR PATENTS AND TRADEMARKS IN

COLOMBIA

PODER GENERAL

(1) GENERAL ELECTRIC COMPANY

domiciliado en (2) 1 River Road, Schenectady, Estado de New York, E.U.A.

nombra al Dr. Germán Castillo Grau y/o Adriana Castillo Gibsone y/o Luis Felipe Castillo Gibsone

con oficinas en la Carrera 13 No. 37-43, Piso 12 en Bogotá, D.C., Colombia como sus representantes con poder especial amplio y suficiente, para recabar de las oficinas y autoridades Colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en primera o segunda instancia, la Obtención de Patentes de Invención, Registro de Marcas, de Diseños Industriales, de Nombres y Enseñas Comerciales, lo mismo que traspasos, extensiones, renovaciones, cambios de nombre y domicilio, registro de licencias de explotación y registro de licencias de uso referentes a tales actuaciones, a cuyo efecto les faculta para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado, elevar solicitudes, formular descripciones, enmiendas, protestas, declaraciones, apelaciones y reclamos, solicitar la aplicación de medidas cautelares, aceptar en nuestro nombre y representación la Cesión de derechos de invención y de patente de invención que se nos haga por cualquier persona, abonar todos los impuestos cuotas y pagos determinados por la ley, recibir todos los documentos y valores dando el descargo respectivo, llenar cualesquiera otros requisitos, desistir, y tomar en fin todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses y en caso de presentarse oposiciones para que intervengan como demandantes o como demandados, con todas las demás facultades legales necesarias. Este poder comprende además las facultades de recibir, desistir, transigir, comprometer, sustituir, revocar sustituciones, recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extra-judiciales.

Dado y firmado en (4)

Firma/Signature

Catherine Winter
Patent Counsel

GENERAL POWER OF ATTORNEY

(1) GENERAL ELECTRIC COMPANY

domiciled in (2) 1 River Road, Schenectady, New York, U.S.A.

hereby appoint Dr. Germán Castillo Grau and/or Adriana Castillo-Gibsone and/or Luis Felipe Castillo-Gibsone

with offices at Carrera 13 No. 37-43, 12th Floor in Bogotá, Colombia as our representatives with special ample and sufficient power to obtain from the offices and Colombian authorities, administrative, judicial and police, in first or in second instance, Patents of Invention, registration of Trade or Service Marks, Industrial Designs, of Commercial Names and Ensigns, as well as assignments, extensions, renewals, changes of names and addresses, registration of licences of exploitation and licences of use referring to said actions who are empowered to take before said authorities all of the necessary steps for the purposes indicated, to file applications, to formulate descriptions, corrections, protests, declarations, appeals and claims, apply for precautionary measures, to accept on our behalf and representation the assignment of rights on invention and titles of invention that may be given to us by any person, to pay all taxes, quotas and payments prescribed by law, to receive all the documents and proceeds giving the respective acquiescence or receipt, to fulfill any other requisites to desist and take in fact any other measures that may be deemed conducive to the safeguard of our interests, and in case oppositions are presented to intervene as plaintiff or defendant, with all necessary legal faculties. This power includes the faculties to receive, desist, compromise, transact, substitute it in all or in part, to revoke substitutions, to receive notifications and to appoint judicial or extra-judicial attorneys.

Given and signed in (4)

Shelton, CT, USA

5

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 octobre 1961)

1. Country: The United States of America

THIS PUBLIC DOCUMENT

2. has been signed by **EILEEN F. MC CAUGHERN**

3. acting in the capacity of **NOTARY PUBLIC**

4. in the State of Connecticut for the term of **August 1, 2007 to July 31, 2012**

CERTIFIED

5. at Hartford, Connecticut

6. on **April 26, 2012**

7. by **DENISE W. MERRILL** Secretary of the State of Connecticut

8. Number : **2012-4239**

9. Seal :



10. Signature

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Denise W. Merrill", written over a horizontal line.

Secretary of the State

DECLARACION NOTARIAL
(Individual)

A los días del mes de de 2012
compareció personalmente ante mí, Notario
Público el/la señor(a)

A quien(es) doy fe de conocer y me consta que
es(son) la(s) persona(s) descrita(s) y firmante(s)
del documento que precede, declarando ante mí
que otorga(n) el mismo para los fines y
propósitos que en él se expresan.

El Notario Público

.....
(Sociedades)

El infrascrito Notario certifica: que la(s) firma(s)
que antecede(n) y dice(n):

.....
es (son) auténtica(s); que el (los) signatario(s)
desempeña(n) el (los)

cargo(s) de
.....

de **GENERAL ELECTRIC COMPANY**

que tiene(n) facultad para otorgar este poder; y
que dicha compañía está domiciliada en
Schenectady, Estado de New York, E.U.A.

y actualmente existe y está organizada de
acuerdo a las leyes de
.....

Todos los hechos anteriores le constan por

haber examinado los documentos respectivos y
de todo ello da fe.

Dado y firmado en.....
.....

El Notario Público
(Con Apostilla)

NOTARIAL CERTIFICATE
(Individuals)

On this 24 day of April of 2012....
personally appeared before me, a Notary Public,

Eileen F. McLaughlin
to me known, and known to be the person(s)
described in and who executed the foregoing
document, and he(they) duly acknowledged to
me that he(they) executed same for the uses
and purposes therein expressed.

Notary Public

.....
(Corporations)

The undersigned Notary Public certifies: that
the preceding signature(s) reading . .

Catherine Winter
is (are) authentic; that the signor(s) at present
fill(s) the

post(s) of
Patent Counsel

of **GENERAL ELECTRIC COMPANY**

and that he/she (they) is (are) empowered to
grant this power; and that said company is
domiciled in Schenectady, New York, U.S.A.

and actually exists and is organized in
accordance with the laws of

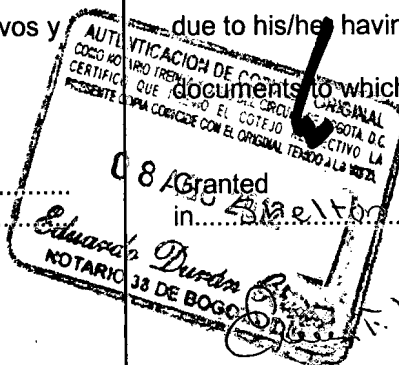
STATE OF NEW YORK, USA

All the foregoing facts are known to the Notary

due to his/her having examined the respective
documents to which he/she, the Notary, attests.

Dado y firmado en..... and signed
..... in Waterbury, CT, USA

Notary Public
(With Apostille)



CONJUNTO LUMÍNICO LED DE MEZCLADO DE LUZ Y LÁMPARA DE LED BLANCO CON HAZ ESTRECHO Y ALTO CRI QUE USA DICHO CONJUNTO

[0001] Lo que se presenta a continuación se relaciona con las artes de la iluminación, las artes del alumbrado, las artes del alumbrado en estado sólido y otras artes relacionadas.

[0002] Las lámparas incandescentes y de halógeno se usan convencionalmente como fuentes de luz tanto omnidireccionales como direccionales. Una lámpara direccional es definida por el US Department of Energy en sus Criterios de elegibilidad para la estrella de energía para las lámparas integrales de LED, borrador 3, como una lámpara que tiene por lo menos 80% de su producción luminosa dentro de un ángulo de cono de 120 grados (anchura plena a la mitad del máximo de intensidad, FWHM). Pueden tener bien sea patrones de haz ancho (reflectores) o patrones de haz estrecho (p.ej., lámparas de foco puntual), que por ejemplo tienen una distribución de la intensidad del haz que se caracteriza por una $FWHM < 20^\circ$, en donde algunos estándares de lámparas están especificados para ángulos muy pequeños, como de $FWHM 6-10^\circ$. Las lámparas incandescentes y de halógeno combinan estas características deseables del haz con alto índice de producción de color (CRI) para dar buenas fuentes de luz para la exposición de mercancía al detal, alumbrado residencial e institucional, obras de arte, etc. Para aplicaciones comerciales en Norteamérica, estas lámparas están diseñadas para operar en una luminaria estándar MR-x, PAR-x, o R-x, en donde "x" denota el diámetro externo de la luminaria, en octavos de pulgada (p.ej. PAR38 tiene 4,75" de diámetro de lámpara ~ 120 mm). Hay nomenclatura de rotulación equivalente en otros mercados. Estas lámparas tienen tiempo de respuesta rápido, producción lumínica de alta intensidad y buenas características CRI, especialmente para el rojo saturado (p.ej., el parámetro R9 CRI), pero adolecen de baja eficacia y vida de la lámpara relativamente corta. Para intensidades aún más altas se usan lámparas de alta intensidad de descarga (HID), al costo de un tiempo reducido de respuesta debido a la necesidad de calentar la dosis de líquido y sólido durante la fase de calentamiento después de encender la lámpara y típicamente también menor calidad de color, costo más alto y tiempo de vida moderado ~ 10k – 20k horas.

[0003] Aunque estas tecnologías MR/PAR/R de foco luminoso ofrecen un desempeño generalmente aceptable, sería deseable tener alguna mejora adicional del desempeño y/o la calidad del color, y/o una reducción del costo de manufactura, y/o un aumento de la eficiencia energética del aplique de pared, y/o una prolongación de la vida y la confiabilidad de la lámpara. Para este propósito, los esfuerzos se han dirigido hacia el desarrollo de tecnologías de alumbrado en estado sólido tales como tecnologías basadas en dispositivos del tipo diodo emisor de luz (LED). Las características deseables de las lámparas de foco puntual incandescentes y halógenas incluyen: calidad de color; uniformidad del color; control del haz luminoso; y bajo costo de adquisición. Las características indeseables incluyen: Baja eficacia; vida corta; excesiva generación de calor; y altos costos operativos del ciclo de vida.

[0004] Para las aplicaciones de focos luminosos MR/PAR/R, las tecnologías de dispositivos de LED han resultado menos que satisfactorias para reemplazar a las lámparas incandescentes y de halógeno. Ha resultado difícil usar las tecnologías de dispositivos de LED para alcanzar al mismo tiempo una combinación de buen color y buen control del haz luminoso para las lámparas de foco puntual. El alumbrado de focos de haz

estrecho basados en LED se ha logrado usando LED blancos como fuentes de luz puntuales acoplados con lentes apropiados o otras ópticas de colimación. Este tipo de dispositivo LED se puede fabricar con FWHM estrecho en una envoltura de lámpara que cumple las especificaciones de las luminarias MR/PAR/R. Sin embargo, estas lámparas tienen características CRI correspondientes a las de los LED blancos, lo cual resulta insatisfactorio en algunas aplicaciones. Por ejemplo, esos dispositivos LED típicamente producen valores de R9 de menos de 30 y CRI ~ 80-85 (en donde un valor de 100 es ideal) lo cual es inaceptable para aplicaciones de focos luminosos tales como exhibidores de productos, alumbrado de teatros y museos, alumbrado de restaurantes y residencias y así sucesivamente.

[0005] Por otra parte, las aplicaciones de alumbrado basadas en LED diferentes del alumbrado con focos puntuales ha alcanzado con éxito altos valores de CRI al combinar dispositivos LED blancos con dispositivos LED rojos que compensan la deficiencia en rojo del espectro de los dispositivos LED blancos típicos. Ver, p.ej., Van De Ven et al, Patente estadounidense No. 7.213.940. A fin de asegurar el mezclado de la luz de los dispositivos LED blancos y rojos se emplea un difusor de área grande que abarca la serie de dispositivos LED blancos y rojos. Las lámparas basadas en esta tecnología han alcanzado buenas características CRI, pero no han producido alumbrado con focos puntuales debido a los grandes valores de haz de FWHM, típicamente en el orden de 100° o más.

[0006] También se ha alcanzado una combinación de buena calidad de color, buen control del haz luminoso y iluminancia y color uniformes en el haz también usando una cavidad de mezcla de color profunda (o larga) que proporciona múltiples reflexiones de la luz, o una distancia larga entre la serie de LED y la placa del difusor, aunque al costo de un aumento de la pérdida de luz debido a absorción en la cavidad y un aumento del tamaño de la lámpara.

[0007] También se ha propuesto combinar estas tecnologías. Por ejemplo, Harbers et al, Solicitud de publicación estadounidense No. 2009/0103296 A1 revela la combinación de una cavidad de mezcla de color compuesta por una serie de dispositivos LED montada sobre un sustrato plano extendido que está montado en el pequeño extremo abierto de un concentrador parabólico compuesto. Esos diseños han sido calculados para, en teoría, proporcionar de forma arbitraria FWHM de haz pequeño usando una cavidad de mezcla de color de abertura suficientemente pequeña. Por ejemplo, en el caso de una lámpara PAR 38 que tiene un diámetro de lámpara de 120 mm, teóricamente se predice que una cavidad de mezcla de color de 32 mm de diámetro acoplada con un concentrador parabólico compuesto podría producir una FWHM de haz de 30°.

[0008] Con todo, como lo anota Harbers et al., el diseño del concentrador parabólico compuesto tiende a ser alto. Esto podría suponer un problema para una lámpara MR o PAR que tiene una longitud máxima especificada impuesta por la norma regulatoria de MR/PAR/R a fin de asegurar la compatibilidad con las hembras de enchufe de lámpara MR/PAR/R existentes. Harbers et al., también propusieron usar un concentrador parabólico compuesto trunco que tiene una longitud truncada en lugar del reflector parabólico compuesto simulado. Sin embargo, Harbers et al., indican que se espera que la truncación aumente el ángulo del haz luminoso. Otro abordaje propuesto en Harbers et al., es diseñar que la cavidad de mezcla de color tenga una colimación parcial hacia

adelante mediante el uso de un reflector central piramidal o abovedado. No obstante, este abordaje puede afectar la mezcla de color y por ende las características CRI y también puede tener un efecto adverso sobre la óptica acoplada con el concentrador parabólico compuesto, ya que el número de veces que cada rayo de luz rebota sobre la pared lateral y se mezcla en color y en distribución espacial se reduce en gran medida.

RESUMEN BREVE

[0009] En algunas modalidades que se revelan aquí a manera de ejemplos ilustrativos, una lámpara direccional comprende una fuente de luz, un sistema óptico formador de haz luminoso configurado para darle a la luz de la fuente de luz forma de haz luminoso y un difusor de mezcla de luz configurado para difundir el haz luminoso. La fuente de luz, el sistema óptico formador de haz luminoso y el difusor de mezcla de luz se aseguran unos a otros en una lámpara unitaria. El sistema óptico formador de haz luminoso incluye: un reflector de colección que tiene una abertura de entrada que recibe luz de la fuente de luz y una abertura de salida que es más grande que la abertura de entrada y un lente dispuesto en la abertura de salida del reflector de colección, la cual fuente de luz se encuentra dispuesta a lo largo de un eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso a una distancia del lente que se encuentra dentro de más o menos diez por ciento de una longitud focal del lente.

[0010] En algunas modalidades que se revelan aquí a manera de ejemplos ilustrativos, una lámpara direccional comprende: Una fuente de luz; un lente configurado para dar a la luz emitida por la fuente de luz forma de haz luminoso dirigido a lo largo de un eje óptico, la cual fuente de luz está separada del lente a lo largo del eje óptico por una distancia que se encuentra dentro de más o menos diez por ciento de una longitud focal del lente; y un reflector configurado para reflejar la luz de la fuente de luz que no da en el lente dentro del lente para contribuir al haz luminoso; que se caracteriza porque la fuente de luz, el lente y el reflector están conectados unos a otros en forma de lámpara unitaria.

[0011] En algunas modalidades que se revelan aquí a manera de ejemplos ilustrativos, un aparato de iluminación comprende: una cavidad de mezcla de luz que incluye una fuente plana de luz que comprende uno o más dispositivos de tipo diodo emisor de luz (LED) dispuestos sobre una superficie reflectante plana, un difusor plano que transmite y dispersa la luz de dimensión lateral máxima L configurado en paralelo con la fuente plana de luz y alejado de la fuente plana de luz por una S espaciadora que se caracteriza porque la proporción S/L es menor de tres y paredes laterales reflectantes que conectan un perímetro de la fuente plana de luz y un perímetro del difusor.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012] La invención puede tomar forma en varios componentes y configuraciones de componentes y en varias operaciones de proceso y configuraciones de operaciones de proceso. Los dibujos tienen propósito exclusivamente ilustrativo de modalidades preferidas y no deben interpretarse como limitaciones de la invención.

[0013] Las FIGURAS 1-15 muestran diagramáticamente varias series de LED uno o más LED en un circuito impreso generalmente circular, configurado ya sea simétrica o asimétricamente sobre el circuito.

[0014] Las FIGURAS 16-18 muestran diagramáticamente varias series de LED que incluyen uno o más LED sobre un circuito impreso generalmente poligonal, configurado ya sea simétrica o asimétricamente sobre el circuito.

[0015] Las FIGURAS 19-22 muestran diagramáticamente varias modalidades de aparato luminoso cada una de las cuales incluye una serie de uno o más LED sobre un circuito impreso, una pared lateral ópticamente reflectante y un elemento óptico de difusión.

[0016] La FIGURA 23 muestra diagramáticamente una lámpara que contiene un conjunto lumínico y óptica formadora del haz luminoso que incluye un reflector cónico y un lente.

[0017] La FIGURA 24 A muestra diagramáticamente una lámpara que contiene un conjunto lumínico, óptica formadora del haz luminoso que incluye un reflector cónico y un lente y un elemento óptico de difusión localizado adyacente a una pared lateral ópticamente reflectiva.

[0018] La FIGURA 24B muestra diagramáticamente una lámpara que contiene un conjunto lumínico, óptica formadora del haz luminoso que incluye un reflector cónico y un lente, un elemento óptico de difusión localizado adyacente a una pared lateral ópticamente reflectiva y un elemento óptico de difusión situado cerca de la abertura de salida de la lámpara MR/PAR/R.

[0019] La FIGURA 24C muestra diagramáticamente una lámpara que contiene un conjunto lumínico, óptica formadora del haz luminoso que incluye un reflector cónico y un lente y un elemento óptico de difusión situado cerca de la abertura de salida de la lámpara MR/PAR/R.

[0020] Las FIGURAS 25, 26 y 27 ilustran un abordaje para construir el reflector cónico de la FIGURA 23.

[0021] La FIGURA 28 muestra diagramáticamente ángulo del haz luminoso (FWHM) frente a diámetro de de la fuente de luz en forma de disco, para un intervalo de aberturas de salida de la lámpara de 50, 63, 95 y 120 mm correspondiente a la abertura máxima posible de salida para lámparas MR16, PAR20, PAR30 y PAR38 que no tiene aletas de calor, de acuerdo con la fórmula aproximada:

$$\theta_o \cong \frac{D_s}{D_o} \theta_s$$

suponiendo que la distribución de intensidad de la serie de LED tiene una FWHM $\cong 120$ grados (es decir, prácticamente Lambertiana).

[0022] La FIGURA 29 muestra diagramáticamente el ángulo del haz luminoso (FWHM) frente al diámetro de de la fuente de luz en forma de disco, para un intervalo de aberturas de salida de la lámpara de 38, 47, 71 y 90 mm correspondiente a una abertura de salida típica para lámparas MR16, PAR20, PAR30 y PAR38 que tienen aletas de calor típicas rodeando a la abertura de salida, de acuerdo con la fórmula aproximada:

$$\theta_o \cong \frac{D_s}{D_o} \theta_s$$

suponiendo que la distribución de intensidad de la serie de LED tiene una FWHM $\cong 120$ grados (es decir, prácticamente Lambertiana) y suponiendo que el diámetro de la abertura de salida es del 75% del diámetro de la abertura máxima posible de salida.

[0023] La FIGURA 30 muestra diagramáticamente el ángulo del haz luminoso de la lámpara típica como una función de la proporción de abertura de la fuente de luz a la abertura de salida de la lámpara, suponiendo que la fuente de luz tiene una distribución

de intensidad prácticamente Lambertiana, que se caracteriza por una FWHM de aproximadamente 120 grados.

[0024] Las FIGURAS 31A y 31B muestran dos modalidades de lentes que tienen un difusor de luz formado dentro de una superficie principal del lente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MODALIDADES PREFERIDAS

[0025] Lo que se revela aquí es un abordaje para diseñar reflectores basados en LED, el cual proporciona un paradigma flexible de diseño capaz de satisfacer la miríada de parámetros de diseño de una familia de lámparas MR/PAR/R o módulos compactos de LED que dan un mejor acceso óptico y térmico al conjunto lumínico. Los reflectores que se revelan aquí emplean una fuente de luz de bajo perfil basada en LED ópticamente acoplada con la óptica formadora del haz luminoso. La fuente de luz de bajo perfil basada en LED típicamente incluye uno o más dispositivos LED dispuestos sobre un circuito impreso u otro soporte, opcionalmente dentro de una cavidad mezcladora de luz de bajo perfil. En algunas modalidades, un difusor de luz está dispuesto en la abertura de salida de la cavidad mezcladora de luz. En algunas modalidades el difusor de luz está dispuesto en cercana proximidad a la serie de LED en donde la fuente de luz de bajo perfil basada en LED en ocasiones se denomina estuche para píldoras, que se caracteriza porque el circuito impreso que soporta los dispositivos LED es un "fondo" del estuche para píldoras, el difusor de luz situado en la abertura de salida es la parte "superior" del estuche para píldoras y los "lados" del estuche para píldoras se extienden de la periferia del circuito impreso hasta la periferia del difusor. Para formar una cavidad formadora de luz, el circuito impreso y los lados del estuche para píldoras de preferencia son reflectantes de luz. Como el estuche para píldoras tiene un bajo perfil, tiene forma aproximada de disco y por ende las fuentes de luz basadas en LED que se emplean aquí también en ocasiones se denominan fuentes de luz en forma de disco. En otras modalidades el difusor está situado en otro lugar en el trayecto del haz luminoso. Por ejemplo, en algunas modalidades el difusor está situado por fuera de la óptica formadora del haz luminoso para que opere sobre el haz luminoso formado. Se revela que esta configuración, acoplada con un difusor diseñado para operar sobre un haz luminoso de anchura plena relativamente estrecha a la mitad del máximo (FWHM), proporciona beneficios sustanciales.

[0026] Un primer aspecto de este diseño de lámpara abandona el abordaje de modificar una configuración óptima existente de la óptica formadora del haz luminoso. Antes bien, el abordaje que se revela aquí se basa en los primeros principios del diseño óptico. Por ejemplo, aquí se demuestra que una fuente de luz en forma de disco iluminada puede ser controlada de forma óptima por una óptica formadora del haz luminoso que satisface una combinación de invariantes de étendue y sesgo la fuente de luz en forma de disco. Uno de esos diseños emplea una óptica formadora del haz luminoso que incluye un lente (p.ej., un lente de Fresnel o convexo) en la cual la fuente de luz en forma de disco está situada en el foco del lente de manera que la fuente de luz en forma de disco se "refleja" hasta el infinito, acoplada con un reflector de colección para captar rayos de luz que de otra forma no darían en el lente formador de imagen. En algunas modalidades variantes, la fuente de luz en forma de disco está situada en una posición ligeramente desenfocada, por ejemplo a lo largo del eje del haz luminoso dentro de más o menos 10% de la distancia focal. El desenfoque realmente produce una formación de haz luminoso menos

perfecta en la medida en que parte de la luz se desparrama por fuera de la FWHM del haz – sin embargo, para algunos diseños prácticos ese derrame de luz es estéticamente deseable. El desenfoque también produce cierta mezcla de luz que resulta ventajosa cuando la fuente de luz incluye elementos emisores de luz separados (p.ej., dispositivos LED) y/o cuando estos elementos emisores de luz separados son de diferentes colores o de otra parte tienen diferentes características de producción luminosa que resulta provechoso mezclar. Adicionalmente o como alternativa, se puede añadir un difusor mezclador de luz para alcanzar una cantidad designada de derrame de luz por fuera de la FWHM y/o una cantidad designada de mezclado de luz dentro del haz luminoso.

[0027] El desempeño del haz luminoso se puede cuantificar por varias características que típicamente se miden en el campo lejano (casi siempre una distancia por lo menos 5-10 veces el tamaño de la abertura de salida de la lámpara, o cerca de medio metro o más lejos de la lámpara). Las siguientes definiciones se refieren a un patrón de haz luminoso que hace su pico cerca del centro del haz, sobre el eje óptico de la lámpara, generalmente de intensidad reducida, que se desplaza hacia fuera desde el eje óptico hasta el borde del haz y más allá. La primera característica de desempeño es la máxima intensidad del haz que se conoce como máxima potencia lumínica del haz (MBCP), o dado que la MBCP usualmente se encuentra en o cerca del eje óptico, también se puede denominar potencia lumínica del centro del haz (CBCP). Mide la brillantez percibida de la luz en su máximo, o en el centro, del patrón del haz luminoso. La segunda es el ancho del haz luminoso representado por la anchura total en la mitad del máximo (FWHM), que es el ancho angular del haz luminoso en una intensidad igual a la mitad de la máxima intensidad en el haz (MBCP). En relación con la FWHM se encuentran los lúmenes del haz luminoso, definidos como la integral de los lúmenes del centro del haz, hacia afuera al contorno de intensidad que tiene la mitad de la máxima intensidad, es decir, los lúmenes integrados a la FWHM del haz. Además, si la integración de los lúmenes continúa hacia afuera en el haz hasta el contorno de intensidad que tiene 10% de la máxima intensidad, los lúmenes integrados se pueden designar como los lúmenes de campo de la lámpara. Finalmente, si todos los lúmenes del patrón del haz luminoso están integrados, el resultado se conoce como los lúmenes del frente de la lámpara, es decir, toda la luz que emana del frente de la lámpara que produce el haz luminoso. Los lúmenes del frente típicamente casi equivalen a los lúmenes totales, medidos en una esfera integradora, dado que típicamente poca o ninguna luz es emitida de la lámpara por lugares diferentes de la abertura de salida, o frente, de la lámpara.

[0028] Además, se pueden cuantificar la uniformidad de la distribución de la intensidad y el color del haz. A continuación se usa un sistema cilíndrico convencional de coordenadas para describir la lámpara MR/PAR/R, que incluye radial, r , ángulo polar, θ y ángulo acimutal ϕ , direcciones de las coordenadas cilíndricas (ver el sistema de coordenadas cilíndricas ilustrado en las FIGURAS 24A, 24B y 24C, en donde la lámpara incluye un conjunto lumínico LE y una óptica formadora del haz luminoso BF que incluye un reflector cónico y un lente). Aunque en la mayoría de las aplicaciones de iluminación generalmente se prefiere que la intensidad de la luz del patrón del haz luminoso tenga su pico sobre el eje y caiga en intensidad monotónicamente al alejarse del eje en dirección del ángulo polar (θ), por otra parte generalmente se prefiere que no haya variación de la intensidad en dirección ortogonal (ángulo acimutal, o " ϕ ") y también generalmente se prefiere que el

color de la luz sea uniforme en todo el patrón del haz luminoso. El ojo humano típicamente puede detectar faltas de uniformidad en la intensidad que superan cerca del 20%. Por ello, aunque la intensidad del haz disminuye en dirección del ángulo polar, θ , de 100% sobre el eje ($\theta = 0$) a 50% en la FWHM, a 10% en el "borde" del haz, una intensidad de cero más allá del borde del haz, la intensidad de preferencia debería estar contenida dentro de un intervalo $< \pm 20\%$ alrededor de la dirección acimutal (ϕ), en un contorno dado del ángulo polar en el haz luminoso. Adicionalmente, el ojo humano típicamente puede reconocer diferencias de color que superan cerca de 0,005 – 0,010 en las coordenadas de color 1931 ccx-ccy o 1976 u'-v' CIE, o aproximadamente 100 - 200 K en CCT para CCT en el intervalo de 2700 a 6000 K. Por ello, la uniformidad del color en todo el patrón del haz luminoso debería estar contenida dentro de un intervalo de cerca de DuV o Dxy de $\pm 0,005$ a 0,010, o de forma equivalente ± 100 a 200 K, o menos, del CCT promedio del haz.

[0029] En general es deseable maximizar los lúmenes del frente (los lúmenes totales) de la luz del haz luminoso, para una entrada eléctrica dada a la lámpara. La proporción de los lúmenes totales del frente (medición de la esfera integradora) a la energía eléctrica de entrada a la lámpara es la eficacia, en lúmenes por vatio (LPW). Para maximizar la eficacia de la lámpara, se sabe (ver Non-La formación de imágenes Ópticas, por Roland Winston, et. al., Elsevier Academic Press, 2005, página 11) que el parámetro óptico conocido como "étendue" (también conocido como "extensión" o "aceptación" o "invariante de Lagrange" o "invariante óptica") debe estar emparejado entre la fuente de luz (como el filamento en el caso de una bombilla incandescente, o el arco en el caso de una bombilla de arco, o el dispositivo LED en el caso de una bombilla basada en LED y así sucesivamente) y la abertura de salida de la lámpara (típicamente el lente o cubierta de vidrio fijada al frente abierto de un reflector, o la salida frontal de una óptica formadora del haz luminoso refractiva, reflectiva o difractiva). La étendue (E) se define aproximadamente como el producto del área (A) de la abertura a través de la cual pasa la luz (normal a su dirección de étendue) multiplicado por el ángulo sólido (Ω) a través del cual se propaga la luz, $E = A\Omega$. La étendue cuantifica qué tan "extendida" está la luz en área y ángulo.

[0030] La mayoría de las fuentes convencionales de luz se puede asimilar en términos generales a un cilindro circular recto que tiene luminancia uniforme emitida desde la superficie del cilindro (por ejemplo, un filamento incandescente o halógeno, o un HID o arco de lámpara fluorescente, etc.) y la étendue de la fuente (la abertura de entrada del sistema óptico) es aproximada por $E \approx A_s \Omega_s$, en donde A_s es el área del cilindro fuente ($A_s = \pi RL$, en donde R = radio, L = longitud) y Ω típicamente es una fracción grande de 4π (12,56) estereorradianes, casi siempre ~ 10 sr, es decir, que la luz es irradiada de forma prácticamente uniforme en todas las direcciones. Una mejor aproximación puede ser que la luz es irradiada con una distribución de intensidad Lambertiana, o la luz emitida puede ser representada por una función de distribución espacial y angular hexadimensional realmente medida, pero una distribución uniforme es ilustrativa. Por ejemplo, un bobina halógena típica que tiene $R=0,7$ mm, $L=5$ mm y $\Omega=10$ sr tiene una étendue, $E_s \sim 100 \text{ mm}^2\text{-sr} \sim 1 \text{ cm}^2\text{-sr}$. De manera parecida, un arco HID que tiene $R=1$ mm y $L=3,5$ mm, también tiene $E_s \sim 100 \text{ mm}^2\text{-sr} \sim 1 \text{ cm}^2\text{-sr}$, aunque las formas de la bobina la bobina y el arco sean diferentes y aunque el arco HID pueda emitir varias veces el número de lúmenes de la bobina halógena. La étendue es la "extensión óptica", o el

tamaño de la fuente de luz en las dimensiones tanto espacial como angular. La étendue no debe confundirse con la "brillantez" o "luminancia" de la fuente de luz – la luminancia es una medida cuantitativa diferente que tiene en cuenta tanto la extensión óptica de la fuente de luz como la cantidad de luz (lúmenes).

[0031] En el caso de la salida frontal de una lámpara reflectora direccional, la abertura de salida se puede aproximar por un disco circular que tiene luminancia uniforme a través del mismo y la étendue se aproxima por $E = A_o \Omega_o$, en donde A_o es el área del disco (πR_o^2 , en donde R_o = radio) y Ω_o típicamente es una pequeña fracción de 2π estereorradianes, que se caracteriza por el medio ángulo del haz de luz, $\theta_o = \text{FWHM}/2 = \text{HWHM}$ (mitad de la anchura en la mitad del máximo), en donde $\Omega_o = 2\pi(1 - \cos(\theta_o))$, p.ej., para $\theta_o = 90^\circ$, $\Omega_o = 2\pi$; para $\theta_o = 60^\circ$, $\Omega_o = \pi$; para $\theta_o = 30^\circ$, $\Omega_o = 0,84$; para $\theta_o = 10^\circ$, $\Omega_o = 0,10$.

[0032] A medida que la luz se propaga a través de cualquier sistema óptico dado, la étendue solamente puede aumentar o permanecer constante, de aquí el término "invariante óptica". En un sistema óptico libre de pérdida y libre de dispersión, la étendue permanecerá constante, pero en cualquier sistema óptico real que muestra dispersión o difusión de la luz, la étendue típica se va haciendo más grande a medida que la luz se propaga a través del sistema. La invariancia de la étendue es un análogo óptico de la conservación de la entropía (o aleatoriedad) en un sistema termodinámico. La afirmación de que $E = A\Omega$ no se puede hacer más pequeño a medida que la luz se propaga a través de un sistema óptico, significa que con el fin de reducir el ángulo sólido de la distribución de la luz, la abertura a través de la cual pasa la luz tiene que aumentarse. Según esto, el mínimo ángulo del haz luminoso emitido por una lámpara direccional que tiene una abertura de salida, A_o , está dado por $E_o = A_o \Omega_o = A_s \Omega_s = E_s$. Al reordenar y sustituir $\Omega_o = 2\pi(1 - \cos(\theta_o))$, da

$$\cos(\theta_o) = 1 - \frac{E_s}{2\pi A_o}$$

Para $\theta_o \ll 1$ radián (es decir, para $\theta \ll 57^\circ$), la función del coseno se puede aproximar mediante $\cos(\theta_o) \cong 1 - \theta^2$, en donde θ se expresa en radianes. La combinación de las expresiones anteriores da el siguiente medio ángulo del haz luminoso de salida θ_o :

$$\sqrt{\frac{\Omega_s A_s}{2\pi A_o}} = \sqrt{\frac{E_s}{2\pi A_o}} \quad (1)$$

La duplicación del medio ángulo θ_o de la Ecuación (1) da la FWHM del haz luminoso.

[0033] En el caso de una lámpara PAR38 que tiene una abertura de salida circular, por ejemplo, el área de la máxima abertura óptica en el frente de la lámpara está determinada por el diámetro del frente de la lámpara = 4,75" = 12 cm, de manera que la máxima A_o admisible es 114 cm². Para los ejemplos de étendue que se dieron arriba para una bobina halógena o un arco HID, entonces el mínimo medio ángulo posible, θ_o , de una lámpara PAR38 operada por una fuente de luz que tiene $E_s \sim 1$ cm²-sr es $\theta_o \sim 0,053 \sim 3,0^\circ$, de modo que la FWHM del haz sería 6,0°. En la práctica los haces luminosos más angostos disponibles en lámparas PAR38 típicamente tienen FWHM ~ 6 -10°. Si la abertura disponible (es decir, el lente o cubierta de vidrio) en el frente de la lámpara se hace más pequeña, entonces el ángulo del haz luminoso será más grande en proporción a la reducción del diámetro de la abertura del frente de acuerdo con la Ecuación (1).

[0034] En el caso de una lámpara con una abertura frontal circular de diámetro D_o y una fuente de luz que es un disco plano de diámetro D_s , el medio ángulo de salida θ_o del haz está dado por la Ecuación (1) según la cual:

$$\begin{aligned}\theta_o &\equiv \sqrt{\frac{E_s}{2\pi A_o}} = \sqrt{\frac{\Omega_s A_s}{2\pi A_o}} \\ &= \frac{D_s}{D_o} \sqrt{\frac{\Omega_s}{2\pi}} = \frac{D_s}{D_o} \sqrt{\frac{2\pi(1 - \cos(\theta_s))}{2\pi}} = \frac{D_s}{D_o} \sqrt{1 - \cos\theta_s} \quad (2). \\ &\equiv \frac{D_s}{D_o} \theta_s\end{aligned}$$

Con el fin de proporcionar un haz luminoso puntual estrecho en una lámpara que usa dispositivos LED, o fuentes de luz convencionales incandescentes, halógenas o de arco, la fuente de luz debe tener una étendue pequeña. En la práctica, un dispositivo LED que comprende un único chip LED que típicamente tiene un área cuadrada emisora de luz con dimensión lineal $\sim 0,5-2,0$ mm ($A_s \sim 0,25 - 4,0$ mm²), una encapsulación opcional que proporciona una distribución de intensidad aproximadamente Lambertiana ($\Omega_s \sim \pi$) y material fosforescente convertidor de longitud de onda opcional, típicamente tienen étendues pequeñas de cerca de 1-10 mm²-sr, de manera que se puede producir un haz estrecho proporcionando una pequeña, óptica formadora del haz luminoso separada para cada dispositivo LED. Si se necesita luz adicional, entonces se pueden sumar dispositivos LED adicionales, cada con una óptica separada. Este es un abordaje de diseño usual para lograr lámparas LED de haz estrecho. Un problema de este abordaje es que la luz de los dispositivos LED individuales no está bien mezclada. En lámparas LED PAR/MR comercialmente disponibles, esta metodología de diseño típicamente da lugar a una calidad de color relativamente baja (p.ej., CRI deficiente) porque las LED individuales típicamente se limitan a CRI ~ 85 o menos. Otro problema con esta metodología de diseño es que la óptica formadora del haz luminoso típicamente tiene una eficiencia de apenas 80-90%, de manera que junto con otras pérdidas por acoplamiento de luz, la eficiencia del sistema óptico típicamente es $\sim 60-80\%$.

[0035] Si se desea combinar la producción luminosa de múltiples dispositivos LED dentro de un único haz luminoso con el fin de mezclar los colores de los dispositivos LED individuales dentro de una fuente de luz homogénea que tiene iluminancia y color uniformes, con el fin de incrementar el CRI o alguna otra calidad de color del haz luminoso, entonces se puede emplear un conjunto lumínico LED de mezclado de luz. Un conjunto lumínico LED de mezclado de luz típicamente incluye una pluralidad de dispositivos LED dispuestos en una cavidad formadora de luz. Si se hace la cavidad mezcladora de luz grande y altamente reflectiva y se espacian los dispositivos LED dentro de la cavidad mezcladora de luz, se puede hacer que la luz sufra múltiples reflexiones de manera que se mezcle la luz de los dispositivos LED espaciados. Un ejemplo comercialmente disponible de esta metodología de diseño es la Lámpara LED de iluminación baja Cree LLF LR6. Proporciona CRI ~ 92 con FWHM $\sim 110^\circ$. Además de la incapacidad de crear un haz luminoso puntual, esta metodología de diseño también adolece de pérdidas ópticas de por lo menos $\sim 5\%$ para cada reflexión o dispersión de la luz dentro de la cámara mezcladora de luz. Para conseguir una mezcla completa del color y la luminosidad de la luz se emplean varias reflexiones, de manera que la eficiencia del sistema óptico es típicamente $< 90\%$.

16

[0036] La étendue de un conjunto lumínico LED de mezclado de luz suele ser sustancialmente mayor que la sumatoria de las étendues de las LED individuales. La étendue se aumenta debido al espaciamiento entre emisores LED individuales que debería ser suficiente para evitar el bloqueo de la luz de los emisores LED adyacentes y debido a la dispersión de la luz dentro de la cavidad mezcladora de luz. Por ejemplo, si una serie de chips LED cuadrados, cada uno de $1,0 \times 1,0 \text{ mm}^2$ se construye con 1,0 mm de espaciamiento entre chips LED vecinos, entonces el área efectiva ocupada por cada chip LED aumenta de 1 mm^2 a 4 mm^2 y el mínimo ángulo del haz luminoso admisible de la lámpara se aumenta por un factor de dos de conformidad con el aumento de D_s (efectivo) en la Ecuación (2). La mezcla de la luz proporcionada por la cavidad mezcladora de luz también puede aumentar la étendue total del conjunto lumínico, dado que la étendue solamente puede aumentar o permanecer igual a medida que la luz se propaga a través de un sistema óptico. Por eso, la mezcla de la luz de LED individuales en una única fuente de luz homogénea y uniforme generalmente aumenta el mínimo ángulo del haz luminoso alcanzable de la lámpara. Con base en estas observaciones, aquí se reconoce que con el fin de proporcionar un haz luminoso puntual estrecho a partir de un conjunto lumínico LED de mezclado de luz que incluye una pluralidad de dispositivos LED, resulta deseable minimizar el área (A_s) del conjunto lumínico. Si una lámpara se construye usando un conjunto lumínico de LED con mezclado de color, la étendue de la abertura de la lámpara también debería corresponderse con la étendue del conjunto lumínico de LED. Estas limitantes del diseño aseguran que se maximice la eficacia, con base en los lúmenes del frente, de la lámpara LED direccional empleando un conjunto lumínico de LED con mezclado de color.

[0037] Aquí también se reconoce que, para maximizar la eficacia de la lámpara basada en los lúmenes del haz luminoso, además de maximizar la eficacia basada en los lúmenes del frente, para cualquier reflector que tiene simetría rotacional alrededor de un eje óptico, también es necesario emparejar otra invariante óptica, la invariante del sesgo rotacional, del conjunto lumínico de LED con la de la abertura de la lámpara. La invariante del sesgo rotacional, s , se define para un rayo de luz dado por la ecuación:

$$s = nr_{\min} \sin(\gamma) \quad (3),$$

en donde n es el índice de refracción del medio en el cual el rayo de luz se está propagando, $r_{\min}$ es la distancia más corta entre el rayo de luz y el eje óptico de la lámpara o del sistema óptico y γ es el ángulo entre el rayo de luz y el eje óptico (ver Non-La formación de imágenes Optics, por Roland Winston, et. al, Elsevier Academic Press, 2005, página 237). La invariancia del sesgo es un análogo óptico de la conservación del momento angular en un sistema mecánico. Análogo al sistema mecánico que se caracteriza porque tanto la energía como el momento se tienen que conservar y la entropía no puede disminuir en el movimiento del sistema mecánico, en un sistema óptico, se requiere la conservación tanto de la étendue como del sesgo rotacional en cualquier étendue de minimización de pérdida de rayos de luz a través de un sistema óptico rotacionalmente simétrico. El sesgo de cualquier rayo de luz que pasa a través del eje óptico de la lámpara es cero, en virtud de que $r_{\min}$ es cero en la Ecuación (3). Los rayos de luz que pasan a través del eje óptico se conocen como rayos meridionales. Los rayos de luz que no pasan a través del eje óptico tienen sesgo no cero. Esos rayos, aunque pueden salir de la lámpara a través de la abertura de salida en el lente o placa frontal,

12

pueden o no ser contenidos dentro de los lúmenes del haz luminoso, dependiendo de qué tan bien el sesgo de la fuente (la abertura de entrada) se corresponde con el sesgo de la abertura de salida de la lámpara.

[0038] La óptima eficiencia óptica de la luz controlada (maximizar la eficacia de los lúmenes del frente y los lúmenes del haz luminoso) a través de una abertura de salida en forma de disco (como la salida frontal de una lámpara MR/PAR/R) es alcanzable mediante el uso de la fuente de luz en forma de disco, de manera que tanto la étendue y como la invariante de sesgo de la fuente de disco (abertura de entrada) y la abertura de salida de la lámpara se corresponden. Con cualquier geometría de fuente diferente de un disco, simplemente hacer corresponder la étendue de la fuente con la abertura de salida de la lámpara, sin importar la invariante de sesgo, como se hace en el diseño tradicional de las lámparas de halógeno y HID, puede dirigir la máxima cantidad posible de luz a través de la abertura de salida, pero esa fracción de la luz que no satisface al mismo tiempo la invariante de sesgo no será incluida en la porción controlada del haz y será emitida en ángulos más grandes que el del haz luminoso controlado. De modo más general, la óptima eficiencia óptica de la luz controlada a través de una abertura de salida de una geometría dada es alcanzable usando una fuente de luz cuya área de emisión de luz tiene la misma geometría que la abertura de salida. Por ejemplo, si la abertura de producción luminosa tiene una geometría rectangular de proporción de aspecto a/b , entonces la óptima eficiencia óptica de la luz controlada a través de la abertura rectangular de salida es alcanzable usando una fuente de luz de área rectangular de emisión de luz con proporción de aspecto a/b . Como ya se anotó en otro ejemplo, para una abertura de producción luminosa que tiene forma de disco la óptima eficiencia óptica de la luz controlada a través de la abertura de salida es alcanzable usando una fuente de luz con un área de emisión de luz de geometría de disco. Tal como se usa en este contexto, se debe entender que la geometría del área de emisión de luz se puede hacer discreta – por ejemplo, la fuente de luz en forma de disco puede comprender un circuito impreso en forma de disco que refleja la luz con uno o más dispositivos LED (separados) distribuidos a través del circuito impreso en forma de disco (p.ej., ver en las FIGURAS 1-15 y las FIGURAS 16-18 los ejemplos de fuentes de luz con fuentes de luz discretizadas que definen geometrías poligonales o rectangulares del área de emisión de luz).

[0039] Así las cosas, aquí se reconoce que cuando se satisfacen ambas invariantes ópticas – étendue y sesgo – el haz luminoso de salida de la lámpara se optimiza con respecto tanto a la eficacia total (lúmenes del frente) como a la eficacia del haz luminoso (lúmenes del haz luminoso). Una forma de hacer esto es empleando una fuente de luz en forma de disco y un sistema óptico formador de haz luminoso que “refleja” la fuente de luz en forma de disco hasta el infinito. De modo más general, una buena aproximación a esta condición de emparejamiento de étendue y sesgo es alcanzable para una condición ligeramente desenfocada. Por ejemplo, si el sistema óptico formador de haz luminoso “creador de imágenes” incluye un lente y va a proporcionar una creación de imágenes hasta el infinito al poner la fuente de luz en forma de disco precisamente en el foco del lente formador de imágenes, entonces una condición prácticamente de emparejamiento de étendue y sesgo que retiene la mayoría de los beneficios del emparejamiento perfecto de étendue y sesgo es alcanzable por la colocación de de la fuente de luz en forma de

disco en una posición desenfocada que está cerca de la posición focal del lente, por ejemplo dentro de más o menos 10% de la distancia focal.

[0040] Debido a la invariancia del sesgo, no es posible alcanzar la eficacia óptima del haz luminoso de una fuente de luz en forma de varilla. Dado que una bobina incandescente o arco HID es una fuente de luz aproximadamente con forma de varilla, se sigue que debido a la invariancia del sesgo no es posible alcanzar la eficacia óptima del haz luminoso en una lámpara incandescente o HID. En la práctica, el haz formado a partir de una fuente de luz en forma de varilla por un sistema óptico rotacionalmente simétrico de longitud finita suele tener una distribución de luz relativamente amplia por fuera de la FWHM del haz. El borde suave del haz luminoso que se obtiene de fuentes de luz incandescentes y HID a menudo es deseable, pero en muchas aplicaciones de haz luminoso puntual el borde del haz no puede controlarse suficientemente bien y se desperdician demasiados lúmenes en el límite externo del borde del haz, a expensas de los lúmenes del haz luminoso y CBCP. En contraposición, en el caso de una fuente de luz en forma de disco que tiene étendue y sesgo emparejados con los de abertura de la lámpara en forma de disco, es posible crear un haz luminoso que tiene en esencia todos los lúmenes del frente contenidos dentro del haz, de manera que poca o ninguna luz cae por fuera de la FWHM del haz. Si este patrón abrupto de haz luminoso no resulta deseable para una aplicación en particular, el borde del haz luminoso se puede suavizar mediante dispersión o redireccionamiento de una cantidad precisamente controlada de luz fuera del haz dentro del borde del patrón del haz luminoso, sin desperdiciar lúmenes en el borde lejano del patrón del haz luminoso. Esto puede hacerse por ejemplo sumando un elemento de difusión o dispersión en el trayecto óptico, o creando una imagen imperfecta (es decir, desenfocando) de la fuente de luz en forma de disco con el sistema óptico. De esta manera, tanto los lúmenes del frente como los lúmenes del haz luminoso se pueden optimizar de manera independiente para crear exactamente el patrón deseado del haz luminoso.

[0041] Aquí se reconoce que la invariancia del sesgo es un parámetro útil de diseño en el caso de una fuente de luz bidimensional, que por ejemplo tiene una abertura circular o discoidal. De forma ventajosa, una fuente discoide bidimensional se puede emparejar idealmente con una abertura bidimensional de salida de una lámpara reflector, de modo que se proporcione la máxima eficacia tanto de los lúmenes del frente como de los lúmenes del haz luminoso. La razón es que esta geometría de lámpara se puede diseñar para que tenga aberturas de entrada y de salida con emparejamiento de las invariantes de sesgo y étendue, de manera que se proporcione un haz luminoso de salida que se optimiza con respecto tanto a la eficacia total (lúmenes del frente) como a la eficacia del haz luminoso (lúmenes del haz luminoso). Algunos ejemplos adicionales de fuentes de luz "forma de disco" adecuadas para usar en las lámparas direccionales reveladas se encuentran en Aanegola et al, Patente estadounidense No. 7.224.000, la cual revela fuentes de luz que incluyen dispositivos LED sobre un circuito impreso y que además incluyen un domo hemisférico recubierto de material fosforescente que cubre los dispositivos LED. Esas fuentes de luz tienen características de emisión que son similares a las de una fuente de luz discoide ideal (u otra área de emisión de luz extendida), p.ej., que tiene una distribución de emisión Lambertiana u otra distribución de emisión con un ángulo grande de emisión de la FWHM.

[0042] Además, el criterio de emparejamiento de la étendue que se da en la Ecuación (2) y el criterio de emparejamiento del sesgo que se da en la Ecuación (3) muestran que la longitud del tren óptico formador del haz luminoso no es un parámetro en la optimización. Es decir, no se impone constreñimiento a la longitud global de las ópticas formadoras del haz luminoso. En efecto, la única restricción de la longitud es la longitud focal del elemento óptico que forma el haz luminoso, la cual para un lente de Fresnel o convexo típicamente es comparable al tamaño de la abertura de salida. Por ejemplo, en el caso de una lámpara PAR38 que tiene un diámetro de lámpara, $DPAR \sim 120$ mm y una abertura de salida $D_o \sim 80$ mm, entonces se puede elegir un lente formador de imagen como un lente de Fresnel o convexo que tiene una longitud focal, $f \sim 80$ mm. Si el lente formador de imágenes se pone en la abertura de salida de la lámpara, a una distancia S_1 de la fuente de luz en forma de disco, entonces se formará una imagen de la fuente de luz a una

distancia S_2 detrás del lente, dada por la ecuación del lente: $\frac{1}{f} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}$. Para el caso especial de $f = S_1$, en donde la distancia de la fuente de luz al lente es igual a la longitud focal del lente, entonces la distancia del lente a la imagen de la fuente de luz creada por el lente es $S_2 = \infty$. Si la fuente de luz es un disco circular que tiene luminancia y color uniformes, entonces la imagen hasta el infinito será un patrón redondo de haz luminoso que tiene luminancia y color uniformes. En la práctica, el patrón del haz luminoso hasta el infinito es prácticamente igual al patrón del haz luminoso en el campo óptico lejano, a distancias lejanas de la lámpara de por lo menos $5f$ o $10f$, o en el caso de la lámpara PAR38, por lo menos cerca de $\frac{1}{2}$ a 1 metro de distancia o más. Si el lente está

ligeramente desenfocado de manera que $\frac{S_1}{f} \cong 0,9 - 1,1$ entonces el patrón de haz luminoso hasta el infinito, o en el campo lejano, estará desenfocado o suavizado de manera que la luminancia en el borde del haz disminuirá suave y monótonicamente a medida que se aleja del centro del haz y cualquier no uniformidad discreta en el patrón del haz luminoso, por ejemplo debida a la falta de sucesión de las LED individuales, será suavizada. El lente se puede desplazar de su posición focal a una posición más cercana a la fuente de luz, o más lejana de la fuente de luz y el efecto de suavización será similar de ambas formas. El desplazamiento del lente acercándolo a la fuente de luz de forma ventajosa permite lograr una lámpara más compacta. Si el lente está desenfocado por una

cantidad como, p.ej., $\frac{S_1}{f} < 0,9$ o $\frac{S_1}{f} > 1,1$, entonces una cantidad sustancial de luz se lanza por fuera de la FWHM del haz luminoso dentro del borde del haz luminoso de manera que el CBCP se reduce de forma indeseable y la FWHM se aumenta de forma indeseable. La ligera suavización deseada del borde del haz luminosos y las no uniformidades también se pueden alcanzar usando un difusor débilmente dispersante en el trayecto óptico, o combinando los efectos de un difusor débilmente dispersante y un lente ligeramente desenfocado.

[0043] Además, si el conjunto lumínico de LED mezclador de luz que sirve como fuente en disco tiene comparable uniformidad en color e iluminancia como la deseada en el haz luminoso de salida, entonces no se necesita mezclado adicional de la luz externo a la fuente en disco, de manera que la óptica formadora del haz luminoso también puede tener la más alta eficiencia posible. La óptica formadora del haz luminoso se puede construir

usando componentes ópticos simples como un reflector cónico, un lente de Fresnel o simple, etc.

[0044] Si la uniformidad de color y luminancia deseada en la fuente en disco se puede obtener con un pequeño número de interacciones (reflexiones o transmisiones) de los rayos de luz con las superficies de mezclado de luz y baja pérdida por absorción en cada interacción, entonces la eficiencia óptica de la fuente en disco también será alta (ver las FIGURAS 19-22 y el texto relacionado). Esto, aunado a una alta eficiencia de rendimiento total en la óptica formadora del haz luminoso, da lugar a la alta eficiencia óptica global de la lámpara o dispositivo de iluminación. En un abordaje alternativo, si la no uniformidad de color y luminancia en el plano de los LED puede ser mezclada en la abertura de salida de la lámpara por un difusor de paso único de alta eficiencia, entonces la eficiencia general de la lámpara se puede intensificar todavía más en grado significativo. Como resultado, la fuente de luz se puede configurar para satisfacer los parámetros de diseño MR/PAR/R al tiempo que se alcanza un óptimo control del haz luminoso y eficiencia óptica para una FWHM del haz luminoso y tamaño de la abertura de salida de la luz deseados. La mezcla de la luz se puede lograr en compartimento pequeño en forma de disco que rodea a los LED, o en la óptica formadora del haz luminoso, o en una ubicación más allá de las ópticas formadoras del haz luminoso (por ejemplo, por un difusor mezclador de luz de un solo paso situado por fuera de las ópticas formadoras del haz luminoso). Este abordaje de diseño también permite el uso de una óptica simplificada formadora del haz luminoso que aumenta la facilidad de manufactura, como un diseño ilustrativo que emplea una combinación reflector cónico/lente de Fresnel en la cual el reflector cónico opcionalmente está hecho a de una lámina de material reflectivo plano flexible altamente reflectivo, una lámina de aluminio recubierto, u otra lámina reflectiva.

[0045] En algunos diseños revelados, un conjunto lumínico LED de mezclado de luz (p.ej., ver las FIGURAS 19-22) proporciona el mezclado de la luz de dispositivos LED plurales con el fin de alcanzar características deseadas de color. En algunas de estas modalidades, el conjunto lumínico en forma de disco incluye un difusor en estrecha proximidad a los LED para proporcionar casi todo o todo el mezclado de color. Como resultado, la profundidad (o longitud) de la fuente de luz en forma de disco se puede hacer pequeña, dando lugar a una baja proporción de aspecto que fácilmente se amolda a los constreñimientos geométricos del diseño impuestos por la norma MR/PAR/R. En algunas de esas modalidades, la mayor parte de la luz sale de la cámara de mezcla de color de bajo perfil con cero o, a lo sumo unas pocas, reflexiones dentro de la cámara del disco, haciendo que el conjunto lumínico sea eficiente al reducir las pérdidas por interacción (reflexión o transmisión) de los rayos de luz. En algunas otras modalidades (por ejemplo, ver la FIGURA 24C), la luz sale del plano de los LED sin mezclarse y se mezcla luego principalmente por la dispersión o difusión de la luz causada por un difusor de un solo paso dentro del sistema óptico, pero a distancia de los LED, de manera que casi toda la luz que es dispersada de vuelta por el difusor no se devuelve al plano de los LED con el fin de reducir la pérdida de luz por absorción en el plano de los LED. Tal modalidad resulta especialmente ventajosa si la reflectancia de la óptica formadora de haz luminoso (el reflector cónico o formado) es muy alta (p.ej. $> 90\%$ o más de preferencia $> 95\%$). También se apreciará que los conjuntos lumínicos de LED de mezclado de luz de bajo perfil que se revelan como los que se muestran en las FIGURAS 19-22 resultan útiles en

lámparas direccionales para aplicaciones de alumbrado de exhibición y mercancías y residencial etc., pero más generalmente encuentran aplicación en cualquier lugar en que pueda resultar de utilidad una fuente de luz en forma de disco de bajo perfil, uniformemente iluminada, como en el alumbrado ambiental debajo de gabinetes, aplicaciones generales de iluminación, aplicaciones de módulos de alumbrado y así sucesivamente, o en cualquier lámpara o sistema de alumbrado en el cual son importantes un tamaño y peso compactos en combinación con buen control del haz luminoso y buena calidad de color. En diversas modalidades que se revelan aquí, la no uniformidad espacial y angular de la intensidad luminosa y el color se mezcla hasta lograr una distribución suficiente uniforme por un único paso de la luz a través de un difusor de luz de alta eficiencia como el material Light Shaping Difusor producido por Luminit, LLC, que tiene 85-92% de transmisión de la luz visible y proporciona difusión de la luz transmitida por 1° a 80° FWHM, dependiendo de la elección del material. En algunas otras modalidades el difusor de luz puede tener la forma de punteado de la superficie del lente o el difusor, como se usa en el diseño de lámparas PAR y MR convencionales.

[0046] En algunas modalidades reveladas, el elemento difusor no está situado en las proximidades de los dispositivos LED, sino que está situado por fuera de del lente de Fresnel del sistema óptico formador del haz luminoso. Para lograr formación de imágenes (quizás ligeramente desenfocadas) de la fuente de luz en forma de disco hasta el infinito, el punto focal del lente de Fresnel se encuentra en o cerca del plano de dado de LED. Para obtener una mezcla adecuada de la luz, un único difusor que está situado solamente en frente del estuche para píldoras debería proporcionar una alta difusión. Aun si el estuche para píldoras se construye con material de baja absorción, la mezcla adecuada de la luz puede involucrar múltiples reflexiones dentro del estuche para píldoras antes de que la luz salga del difusor, lo cual a su vez reduce la eficiencia. A medida que se disminuye la difusión en el estuche para píldoras, la eficiencia aumenta pero el mezclado de color disminuye. Es posible mejorar la eficiencia cuando el difusor se saca del estuche para píldoras y el reflector de colección de la lámpara direccional es se extiende hasta el nivel del dado de LED, lo cual reduce o elimina la longitud de la pared lateral del estuche para píldoras. Con todo, si no hay difusor en la abertura de salida del estuche para píldoras, la luz que es convertida en un haz luminoso por el sistema óptico formador del haz luminoso de la lámpara direccional no se mezcla o solo lo hace parcialmente. Para dar mezcla adicional de la luz, se sitúa un difusor formador de luz adecuadamente distal al plano del dado de LED, por ejemplo cerca o más allá de la abertura de salida del sistema óptico formador de haz luminoso. Si el difusor está más allá de la abertura de salida del sistema óptico formador de haz luminoso, entonces como los rayos de luz que inciden sobre el difusor son el haz luminoso formado que está sustancialmente colimado por la óptica formadora del haz luminoso, el difusor se puede seleccionar para que esté diseñado para operar con alta eficiencia ($\sim 92\%$, o más de preferencia $>95\%$, o incluso más de preferencia $>98\%$) para un haz luminoso colimado. El número reducido de reflexiones junto con la eficiencia óptima del difusor da lugar un aumento significativo de la eficiencia óptica global ($>90\%$).

[0047] Otro aspecto del diseño de las lámparas direccionales reveladas tiene que ver con la disipación de calor. Los diseños ópticos que se revelan aquí permiten: (i) reducir el tamaño de la abertura de salida de las ópticas formadoras del haz luminoso para un

22

ángulo dado del haz luminoso; y (ii) reducir en grado sustancial la longitud de la fuente de luz y la óptica formadora del haz luminoso de la lámpara incluyendo el disco (u otra área extendida de emisión de luz) al tiempo que se proporciona luz bien mezclada. Este último beneficio resulta de la reducción del constreñimiento de longitud sobre la óptica formadora del haz luminoso y el bajo perfil de la fuente de luz. A causa de estos beneficios, es posible rodear sustancialmente todo el ensamble de la lámpara, incluida la óptica formadora del haz luminoso, con un dissipador de calor que incluye aletas que rodean a la óptica formadora del haz luminoso, al tiempo que proporciona buen control del haz luminoso, alta eficiencia óptica y color bien mezclado en el haz luminoso. Un beneficio sinérgico del área grande resultante del dissipador de calor es que la mejor disipación del calor permite diseñar una fuente de luz en forma de disco de bajo perfil de diámetro más pequeño, lo cual a su vez permite reducir todavía más la FWHM del haz.

[0048] Los diseños que se revelan permiten la construcción de lámparas que cumplen las estrictas restricciones de tamaño, proporción de aspecto y FWHM del haz luminoso de las normas MR/PAR/R, como queda demostrado aquí por el informe de la reducción real a la práctica de lámparas direccionales basadas en LED construidas usando técnicas de diseño que se revelan aquí. Las lámparas direccionales realmente construidas cumplen con la norma MR/PAR/R y proporcionan excelentes características CRI. Además, las técnicas de diseño reveladas proporcionan capacidad de escalamiento a tamaños mayores o menores de lámpara tamaños y anchos de haz luminoso sin dejar de cumplir con la norma MR/PAR/R, lo cual permite el conveniente desarrollo de una familia de lámparas MR/PAR/R de diferentes tamaños y anchos de haz luminoso.

[0049] Haciendo referencia a las FIGURAS 1-15, algunas modalidades de aparatos de iluminación que se revelan aquí emplean una cavidad formadora de luz que incluye una fuente plana de luz. Como se muestra en las FIGURAS 1-15, la fuente plana de luz incluye uno o más dispositivos de tipo diodo emisor de luz (LED) 10, 12, 14 dispuestos sobre una superficie reflectante plana 20. La superficie reflectante plana 20 ilustrada en las modalidades de las FIGURAS 1-15 tiene un perímetro circular y puede ser, por ejemplo, un circuito impreso (PCB), circuito impreso en núcleo de metal (MC-PCB), u otro soporte. Las FIGURAS 1-9 ilustran varias configuraciones de pequeños dispositivos LED 10. La FIGURA 10 ilustra una configuración de cuatro dispositivos LED 14 grandes. Las FIGURAS 11 y 12 ilustran configuraciones de cinco dispositivos LED 12 de tamaño mediano y cuatro dispositivos LED 12 de tamaño mediano, respectivamente. Las FIGURAS 13 y 14 ilustran configuraciones de dispositivos LED 12 de tamaño mediano y grande, 14. En las modalidades de mezclado de color, los diferentes dispositivos LED 12, 14 pueden ser de diferentes tipos, como, por ejemplo, dispositivos LED 12 de tamaño mediano pueden ser dispositivos LED azulosos-verdes en tanto que los dispositivos LED 14 grandes pueden ser dispositivos LED rojos, o viceversa, en donde los espectros azuloso-verde y rojo seleccionados para proporcionar luz blanca cuando el color es mezclado por un difusor fuerte como el aquí descrito. Aunque en las FIGURAS 13 y 14 los dispositivos LED 12, 14 de diferentes tipos (p.ej., colores diferentes) tienen diferentes tamaños, también se contempla para los dispositivos LED de diferentes tipos que tengan el mismo tamaño. Como se muestra en la FIGURA 15, en otras modalidades el patrón de uno o más dispositivos LED puede incluir desde un solo dispositivo LED, como el dispositivo LED grande único ilustrado a manera de ejemplo en la FIGURA 15.

[0050] Haciendo referencia a las FIGURAS 16-18, en otras variantes de las modalidades de la fuente de luz, la superficie reflectante plana tiene un perímetro que no es circular. La FIGURA 16 ilustra tres dispositivos LED 14 grandes dispuestos sobre una superficie reflectante plana 22 que tiene un perímetro poligonal (más particularmente hexagonal) a manera de ejemplo. La FIGURA 17 ilustra siete dispositivos LED 10 pequeños dispuestos sobre la superficie reflectante plana 22 con perímetro hexagonal a manera de ejemplo. La FIGURA 18 ilustra cinco dispositivos LED 12 de tamaño mediano dispuestos sobre una superficie reflectante plana 24 que tiene un perímetro rectangular a manera de ejemplo.

[0051] Tal como se usa en este contexto, se debe entender que el término “dispositivo LED” abarca chips semiconductores desnudos de LED inorgánicos u orgánicos, chips semiconductores encapsulados de LED inorgánicos u orgánicos, “paquetes” de chips de LED en los cuales el chip del LED está montado sobre uno o más elementos intermedios como una montura secundaria, un marco de plomo, un soporte para montaje superficial, etc., chips semiconductores de LED inorgánicos u orgánicos que incluyen un convertidor de longitud de onda con recubrimiento de material fosforescente con o sin encapsulante (por ejemplo, un chip de LED ultravioleta o violeta o chip de LED azul recubierto con un material fosforescente amarillo, blanco, ámbar, verde, naranja, rojo, o u otro material fosforescente designado para producir cooperativamente luz blanca), dispositivos LED inorgánicos u orgánicos de múltiples chips (por ejemplo, un dispositivo LED blanco que incluye tres chips LED que emiten luz de color roja, verde y azul y posiblemente otros colores, respectivamente, para que colectivamente generen luz blanca), etc. En el caso de modalidades de mezcla de color, el número de dispositivos LED de cada color se selecciona de manera que la intensidad de mezcla de color tiene el espectro combinado deseado. A manera de ejemplo, en la FIGURA 13 el dispositivo LED grande 14 se puede seleccionar para que emita luz roja y los dispositivos LED 12 se pueden seleccionar para que emitan luz azulosa o azulosa-verdosa o luz blanca y la selección de nueve dispositivos LED 12 y solamente un dispositivo LED 14 puede reflejar adecuadamente una producción de intensidad sustancialmente más alta para el dispositivo LED 14 en comparación con los dispositivos LED 12 de manera que la producción de mezcla de color es luz blanca que tiene la distribución espectral deseada.

[0052] Haciendo referencia a las FIGURAS 19 y 20, una modalidad ilustrativa de un disco estuche para píldoras incluye una cavidad formadora de luz de bajo perfil en estrecha proximidad a los LED. Una fuente plana de luz 28 como se muestra en la FIGURA 7 forma el “fondo” del estuche para píldoras y un difusor plano que transmite y dispersa la luz 30 de dimensión lateral máxima L está configurado en paralelo con la fuente plana de luz y alejado de la fuente plana de luz 28 por una S espaciadora para formar la “tapa” del estuche para píldoras. Las paredes laterales reflectantes 32 conectan un perímetro de la fuente plana de luz 28 y un perímetro del difusor 30. En algunas modalidades el difusor 30 se omite a favor de un difusor situado por fuera del lente de Fresnel o en otro lugar como parte de la óptica formadora del haz luminoso; en dichas modalidades, las paredes laterales reflectantes 32 pueden terminar en y definir una abertura de entrada para la óptica formadora del haz luminoso, o las paredes laterales reflectantes pueden seguir definiendo la abertura de entrada. En las FIGURAS 19 y 20, las paredes laterales reflectantes 32 se muestran en fantasma para revelar los componentes internos. Además, se debe entender que el interior de las paredes laterales (es decir, las paredes laterales

24

que miran hacia el interior de la cavidad mezcladora de luz) es el que es reflectante – la parte exterior de las paredes laterales puede ser o no reflectante. Así, una cavidad reflectante está definida por la superficie reflectante 20 de la fuente plana de luz 28 y las paredes laterales reflectantes 32. Esta cavidad reflectante tiene el difusor 30 llenando su abertura de salida – en otras palabras, la luz sale de la cavidad reflectante a través del el difusor 30. La FIGURA 19 muestra la cavidad formadora de luz ensamblada que incluye el difusor 30 dispuesto llenando la abertura de salida de la cavidad reflectante, en tanto que la FIGURA 20 muestra la cavidad reflectante con el difusor 30 eliminado para revelar la abertura de salida 34 de la cavidad reflectante.

[0053] Las cavidades formadoras de luz ilustrativas emplean la fuente plana de luz 28 que se muestra en la FIGURA 7. Sin embargo, se debe apreciar que cualquiera de las fuentes de luz planas mostradas en cualquiera de las FIGURAS 1-18 se puede usar de manera parecida en la construcción de una cavidad formadora de luz. En el caso de las fuentes de luz planas de las FIGURAS 16 y 17, el difusor opcionalmente tiene un perímetro hexagonal que se corresponde con el perímetro hexagonal de la superficie reflectante hexagonal 22 y las paredes laterales adecuadamente tienen una configuración hexagonal que conecta el perímetro hexagonal de la superficie reflectante 22 con el perímetro hexagonal del difusor, o el difusor y la pared lateral pueden tener una configuración circular que se corresponde con la abertura de salida de la lámpara. De manera parecida, en el caso de la fuente plana de luz de las FIGURAS 18, el difusor opcionalmente tiene un perímetro de forma rectangular o cuadrada que se corresponde con el perímetro de forma rectangular o cuadrada de la superficie reflectante 24 y las paredes laterales adecuadamente tienen una configuración rectangular o cuadrada que conecta el perímetro de forma rectangular o cuadrada de la superficie reflectante 22 con el perímetro de forma rectangular o cuadrada del difusor, o el difusor y la pared lateral pueden tener una configuración circular que se corresponde con la abertura de salida de la lámpara.

[0054] Las cavidades formadoras de luz existentes (no las que aquí se ilustran) típicamente recurren a múltiples reflexiones de la luz para lograr la mezcla de la luz. Para tal efecto, las cavidades formadoras de luz existentes emplean una separación sustancial entre la fuente de luz y la abertura de salida de manera que un rayo de luz hace numerosas reflexiones, en promedio, antes de salir de la cavidad mezcladora de luz. En algunas cavidades de luz existentes, se pueden emplear estructuras reflectantes adicionales en forma de pirámide u otra, y/o la abertura de salida puede hacerse más pequeña, para aumentar el número de reflexiones que sufre el rayo de luz, en promedio, antes de salir a través de la abertura de la cavidad mezcladora de luz. Las cavidades formadoras de luz existentes también típicamente se hacen más “largas”, es decir, tienen una proporción D_{spc}/A_p grande en donde D_{spc} es la separación entre la fuente de luz y la abertura y A_p es el tamaño de la abertura. Una proporción D_{spc}/A_p grande tiene dos efectos que son convencionalmente vistos como beneficiosos: (i) la proporción D_{spc}/A_p grande favorece múltiples reflexiones y por ende aumenta la mezcla de la luz; y (ii) en el caso de una lámpara de foco puntual u otra lámpara direccional la proporción D_{spc}/A_p grande favorece la colimación parcial de la luz por las paredes laterales reflectantes de la cavidad mezcladora de luz y es de esperar que la colimación parcial ayude a la operación de la óptica formadora del haz luminoso. Dicho de otra forma, una proporción D_{spc}/A_p grande implica una cavidad formadora de luz columnar estrecha que tiene la fuente de luz

en el "fondo" de la columna estrecha y la abertura de salida en el "tope" de la columna estrecha - la columna reflectante estrecha proporciona colimación parcial de luz mediante un gran número de reflexiones.

[0055] Las cavidades mezcladoras de luz que se revelan aquí emplean un abordaje diferente, en el cual el difusor 30 es el elemento primario de mezclado de luz. Para tal efecto, el difusor 30 debe ser un difusor relativamente fuerte. Por ejemplo, en algunas modalidades, como una lámpara de foco puntual, el difusor tiene un ángulo de difusión de por lo menos 5-10 grados y en algunas modalidades, como un reflector, tiene un ángulo de difusión de 20-80 grados. Un ángulo de difusión más alto tiende a proporcionar mejor mezclado de la luz; con todo, un ángulo más grande del difusor también puede producir una más fuerte dispersión trasera de luz de vuelta dentro de la cavidad óptica lo cual da lugar a una mayor pérdida por absorción. En el caso de una cavidad formadora de luz de bajo perfil, la cavidad reflectante formada por la superficie reflectante 20 y las paredes laterales 32 no es un contribuyente sustancial a la mezcla de la luz. En efecto, hay ventajas en tener un número promedio bajo de reflexiones de un rayo de luz en la cavidad reflectante, p.ej. cero, o uno, o a lo sumo unas pocas reflexiones en promedio, dado que cada reflexión entraña alguna pérdida óptica debida a la reflectividad imperfecta de las superficies. Otra ventaja es que la cavidad reflectante puede hacerse de bajo perfil, es decir, puede tener una proporción S/L pequeña. Cuando se hace que la proporción S/L sea pequeña se reduce el número de reflexiones promedio de la pared lateral. En algunas modalidades, la proporción S/L es menor de tres. En algunas modalidades, la proporción S/L es menor de 1,5 o cercana (la cual se estima que proporciona un número promedio de reflexiones por rayo de luz de entre cero y uno). En algunas modalidades, la proporción S/L es menor o cercana a 1,0.

[0056] Un pequeño número de reflexiones, como el que se logra por una cavidad reflectante de bajo perfil con proporción S/L pequeña, reduce o elimina la colimación parcial de la luz alcanzada por una cavidad reflectante "más larga". Convencionalmente, esto se considera problemático para una lámpara de foco puntual u otra lámpara direccional.

[0057] Todavía en referencia a la FIGURA 19 y además a las FIGURAS 21 y 22, se muestran tres variantes de las cavidades formadoras de luz del tipo de estuche para píldoras. La FIGURA 19 muestra una cavidad formadora de luz con proporción S/L intermedia. La FIGURA 21 muestra una cavidad formadora de luz con un espaciamiento S' más grande entre el difusor 30 y la fuente plana de luz 28, lo cual conduce a una proporción S'/L más grande. La FIGURA 22 muestra una cavidad formadora de luz con un espaciamiento S" más pequeño entre el difusor 30 y la fuente plana de luz 28.

[0058] En general, para una alta eficiencia óptica de una cavidad formadora de luz del tipo estuche para píldoras se desea $S/L < 3$ y más de preferencia S/L menor o cercano a 1,5 (que típicamente conduce a cerca de 0-1 reflexiones por rayo de luz, en promedio) y todavía más de preferencia S/L menor o cercano a 1,0. También se contemplan valores todavía más pequeños para la proporción S/L, tales como los que se muestran en la FIGURA 22. El mínimo valor para la proporción S/L está determinado por la uniformidad espacial y angular de la luminancia y el color en la salida de la cavidad mezcladora de luz, la cual está limitada por el espaciamiento de los dispositivos LED y el ángulo de difusión del difusor 30. De forma provechosa, la distribución angular de la luminancia generada por

los dispositivos LED suele ser relativamente amplia – por ejemplo, un dispositivo LED típica casi siempre tiene una distribución Lambertiana (es decir, $\cos(\theta)$) de la luminancia para la cual la mitad del ancho en la mitad del máximo (HWHM) es de 60° (es decir, $\cos(60^\circ) = 0,5$). Para dispositivos LED con un espaciamiento corto razonable tales como los que se ilustran en las FIGURAS 1-14 o 16-18, un difusor con ángulo de difusión de cerca de $5-10^\circ$ o mayor es suficiente para proporcionar salida de iluminación uniforme de los múltiples dispositivos LED a través del área del difusor 30 sin recurrir a múltiples reflexiones del rayo de luz dentro de la cavidad reflectante si S/L es mayor o igual a 1,0. En el caso de la modalidad de dispositivo LED único de la FIGURA 15, el valor mínimo de la proporción S/L de preferencia se selecciona de modo que se asegure que el dispositivo LED 14 único ilumine toda el área del difusor 30 de manera que se genere una salida de iluminación uniforme a través del área del difusor 30. Si el dispositivo LED único emite luz que tiene una distribución de intensidad aproximadamente Lambertiana, entonces una proporción S/L mayor o igual a 1,0 vuelve a ser suficiente.

[0059] Las cavidades mezcladoras de luz que se revelan aquí haciendo referencia a las FIGURAS 1-22 son adecuadas para usarlas en cualquier aplicación en la cual una fuente de luz de bajo perfil que genera iluminación uniforme a través de un área lateral ampliada, sustancialmente sin colimación de la luz de salida, resulta de valor. Estas cavidades formadoras de luz también son útiles para proporcionar dicha fuente de luz en forma de disco en la cual los dispositivos LED de diferentes colores o temperaturas de color (en el caso de los dispositivos LED blancos) tienen mezcla de color hasta lograr un espectro deseado, como luz blanca o luz blanca con un índice de producción de color (CRI), temperatura de color, etc., previamente especificados. Las cavidades mezcladoras de luz que se revelan aquí haciendo referencia a las FIGURAS 1-22 son de bajo perfil (es decir, tienen $S/L < 3$ y más de preferencia S/L menor o igual a 1,5 y todavía más de preferencia S/L menor o igual a 1,0) y son útiles para aplicaciones tales como alumbrado debajo de gabinetes, alumbrado del suelo en teatros, etc., o en cualquier lámpara o sistema de alumbrado en el cual es importante tener un tamaño y peso compactos en combinación con buen control del haz luminoso y buena calidad del color.

[0060] Haciendo referencia a las FIGURA 23, las cavidades mezcladoras de luz que se revelan aquí en referencia a las FIGURAS 1-22 son adecuadas para usarlas en una lámpara direccional. La FIGURA 23 ilustra una lámpara direccional que incluye una cavidad formadora de luz de bajo perfil formada por la fuente plana de luz 28, el difusor 30 y las paredes laterales reflectantes 32 que las conectan (es decir, como se muestra en más detalle en la FIGURA 19), la cual sirve como entrada de luz para ópticas formadoras de haz luminoso 40. Las ópticas formadoras del haz luminoso 40 incluyen una abertura de entrada 42 la cual está llenada o definida por el difusor 30. La abertura de entrada 42 tiene dimensión lateral máxima D_s que es aproximadamente igual a la dimensión lateral máxima L del difusor 30. Las ópticas formadoras del haz luminoso 40 también tienen una abertura de salida 44 que tiene dimensión lateral máxima D_o . La lámpara direccional ilustrativa de la FIGURA 23 tiene simetría rotacional alrededor de un eje óptico OA y las aberturas 42, 44 tienen perímetros circulares en donde el perímetro circular de la abertura de entrada 42 se corresponde sustancialmente con el perímetro circular del difusor 30. Según lo anterior, las dimensiones laterales máximas D_s , D_o y L son diámetros en esta modalidad ilustrativa. La óptica formadora del haz luminoso 40 ilustrativa incluye un

reflector cónico de colección de luz 46 que se extiende desde la abertura de entrada 42 hasta la abertura de salida 44 y un lente de Fresnel 48 (el cual opcionalmente se puede reemplazar por otro tipo de lente como un lente convexo, un lente holográfico, etc.) dispuesto en la abertura de salida 44. Más precisamente, el reflector cónico 46 tiene la forma de un cono trunco, es decir, la forma de un cono seccionado por dos planos paralelos, esto es, los planos de las aberturas de entrada y de salida 42, 44. Como alternativa, el reflector cónico de colección 46 puede ser reemplazado por un reflector parabólico o parabólico compuesto u otro reflector de corte cónico. Debido a la fuente de luz en forma de disco prácticamente ideal, el haz luminoso se puede formar con alta eficiencia y excelente control del haz luminoso gracias a la creación de imágenes de la fuente de luz en forma de disco dentro del campo óptico lejano usando un lente de Fresnel u otro en la abertura de salida de la lámpara. Para lograr la formación de imágenes de la fuente de luz en forma de disco hasta el infinito, la fuente de luz en forma de disco debería estar situada en el foco del lente formador de imágenes 48. Dicha configuración forma un haz luminoso que contiene todos los lúmenes del frente dentro de los lúmenes del haz luminoso en una situación ideal, o prácticamente todos los lúmenes del frente dentro de los lúmenes del haz luminoso en una lámpara práctica, que proporciona un patrón de haz luminoso con bordes abruptos. Si, más bien, la configuración está ligeramente desenfocada, por ejemplo con la fuente de luz en forma de disco situada a una distancia del lente formador de imágenes 48 que está dentro de más o menos 10% de la longitud focal del lente pero no precisamente en la longitud focal del lente, entonces el desenfoque produce un haz luminoso que sigue teniendo una FWHM estrecha pero en el cual la intensidad de los bordes está suavizada o eliminada. En virtud de la distribución angular prácticamente Lambertiana de la intensidad de los LED, la mayor parte de la luz alcanza la abertura de la lámpara sin reflexión del reflector cónico, de manera que el propósito principal del reflector es recoger la pequeña cantidad de luz de los ángulos grandes (en otras palabras, está configurado para reflejar la luz de la fuente de luz que no da en el lente 48 en el interior del lente 48 para contribuir al haz luminoso). En contraposición, el propósito principal del reflector en la óptica formadora del haz luminoso convencional es crear el patrón del haz luminoso. Dado que el propósito principal del reflector 46 de la FIGURA 23 es recoger luz de ángulo alto, y no proporcionar el control primario de la forma del haz luminoso, la parábola o CPC tradicionales se pueden reemplazar por un diseño menos complejo como el reflector cónico 46 ilustrativo, con una ventaja significativa de que el cono se puede hacer en una variedad de materiales planos, de bajo costo, recubiertos que tienen reflectividad óptica extremadamente alta (90% o más).

[0061] Tal como se usa en este contexto, la "óptica formadora del haz luminoso" o el "sistema óptico formador de haz luminoso" incluye uno o más elementos ópticos configurados para transformar la salida de iluminación de la abertura de entrada 42 en un haz luminoso de características especificadas, como un ancho de haz luminoso especificado representado por la anchura total en la mitad del máximo (FWHM) del haz luminoso, unos lúmenes especificados del haz luminoso que son la integral de los lúmenes sobre el haz dentro de la FWHM, una CBCP mínima especificada, etc.

[0062] La lámpara direccional de la FIGURA 23 además incluye disipación de calor. Para obtener un haz luminoso de alta intensidad, los dispositivos LED 10 deben ser dispositivos

LED de alto poder, los cuales típicamente incluyen chips de LED operados con alta corriente en el orden de 100 a 1000 mA, o más, por chip de LED. Aunque los LED generalmente tienen eficacia luminosa muy alta, de cerca de 75 a 150 LPW (es decir, lúmenes por vatio), esto sigue siendo apenas cerca de la cuarta parte a la mitad de la eficacia de una fuente de luz ideal, la cual debería proporcionar cerca de 300 LPW. Toda la energía suministrada al LED que no se irradie en forma luz se disipa del LED en forma de calor. En consecuencia, una cantidad de calor sustancial, típicamente de la mitad a tres cuartas partes de la energía eléctrica suministrada a cada LED, se genera en la fuente plana de luz 28. Además, los dispositivos LED son altamente sensibles a la temperatura en comparación con los filamentos incandescentes o de halógeno y la temperatura operativa de los dispositivos LED 10 debería limitarse a cerca de 100-150°C, o de preferencia menos. Además, esta baja temperatura de operación a su vez reduce la efectividad del enfriamiento por radiación y convección. Para dar suficiente enfriamiento por radiación y convección para cumplir estos estrictos parámetros de temperatura operativa, aquí se reconoce que es probable que la disipación de calor dispuesta solamente alrededor de la fuente plana de luz 28 sea insuficiente. Según esto, como se muestra en la FIGURA 23, la disipación del calor incluye un cuerpo principal de disipación de calor 50 dispuesto en la proximidad (es decir, "por debajo") de la fuente plana de luz 28 y aletas de disipación de calor 52 (que opcionalmente son reemplazadas por varillas de disipación de calor u otras estructuras de área grande) las cuales se extienden radialmente por fuera de las ópticas formadoras del haz luminoso 40. Aun si se usa enfriamiento activo en forma de un ventilador, un soplador, o un líquido en cambio de fase para mejorar la eliminación del calor de los LED, la cantidad de calor eliminado sigue siendo proporcional al área disponible del dispositivo de transferencia de calor que rodea a los LED, de manera que crear las condiciones para un área grande de transferencia de calor suele ser deseable.

[0063] La lámpara direccional que se ilustra en la FIGURA 23 es de un diseño MR/PAR/R y para tal fin incluye una base roscada de Edison 54 diseñada para conectarse mecánica y eléctricamente con un receptáculo correspondiente de tipo Edison. Como alternativa, la base puede ser de tipo bayoneta y otra base estándar elegida para corresponderse con el receptáculo elegido. Teniendo en cuenta que la norma MR/PAR/R impone un límite superior al diámetro de la lámpara DMR/PAR/R, se apreciará que existe un trueque entre la extensión lateral L_p de las aletas de disipación de calor 52, por una parte y el diámetro D_o de la abertura óptica de salida 44 por la otra.

[0064] Las lámparas direccionales que se revelan aquí están construidas con base en las Ecuaciones (2) y (3), para establecer las correspondencias con las invariantes de étendue y sesgo para las aberturas de entrada y de salida 42, 44. Dicho de otra forma, las lámparas direccionales que se revelan aquí se construyen con base en las Ecuaciones (2) y (3) para establecer la correspondencia entre las invariantes de étendue y sesgo para (i) la distribución de la salida de la fuente de luz por la abertura de entrada 42 y (ii) el haz luminoso que se pretende que emane de la abertura de salida 44.

[0065] Considerando primero la invariancia de étendue, la Ecuación (2) incluye cuatro parámetros: mitad del ángulo de salida θ_o del haz luminoso (que es la mitad del ángulo deseado de la FWHM); mitad del ángulo θ_s de distribución de la luz en la abertura de entrada 42; y los diámetros de las aberturas de entrada y de salida D_s , D_o . De estos, el

medio ángulo de salida θ_o del haz luminoso es un medio ángulo del haz luminoso que se desea que la lámpara direccional produzca y por eso se puede considerar como el resultado de los otros 3 parámetros. La abertura de salida D_o debería hacerse lo más pequeña posible con el fin de maximizar la extensión lateral L_F de las aletas de disipación de calor 52 para favorecer un enfriamiento eficiente. El medio ángulo θ_s de la distribución de la luz en la abertura de entrada 42 suele ser de cerca de 60° (correspondiente a aproximadamente a una distribución Lambertiana de la intensidad), de manera que los parámetros de diseño de mayor importancia para el sistema óptico son el diámetro de la abertura de entrada D_s el cual, junto con θ_s , determina la étendue de la fuente, y el diámetro de la abertura de salida D_o . Para un haz luminoso de ángulo estrecho, la étendue de la fuente debería hacerse lo más pequeña posible, es decir, se deberían minimizar D_s y θ_s y maximizar el diámetro de la abertura de salida D_o . Sin embargo, estos parámetros de diseño se deben optimizar bajo constreñimientos que incluyen: el diámetro máximo de la abertura D_o impuesto por la norma del diámetro MR/PAR/R: $D_{MR/PAR/R}$; la disipación de calor para la carga térmica de los dispositivos LED 10 suficiente para generar la intensidad deseada del haz luminoso la cual impone un valor mínimo a la extensión lateral de las aletas L_F ; un constreñimiento sobre el valor mínimo del diámetro de la abertura de entrada D_s impuesto por límites térmicos, mecánicos, eléctricos y ópticos sobre qué tan cerca se pueden espaciar los dispositivos LED 10 sobre la superficie reflectante plana 20; y un límite inferior sobre la mitad del ángulo θ_s impuesto a la fuente por la fuente de mezclado de luz de bajo perfil que no proporciona colimación parcial por múltiples reflexiones, o por la distribución de intensidad misma del LED.

[0066] Volviendo ahora a la invariancia del sesgo, el uso de una fuente de luz en forma de disco (es decir, una fuente de luz que tiene un área de emisión de luz en forma de disco, opcionalmente separada en uno o más dispositivos LED individuales dispuestos sobre un circuito impreso reflectante u otro soporte) permite establecer la correspondencia exacta de la invariancia del sesgo con la de la abertura de salida 44, lo cual ofrece la posibilidad de que contenga todos los lúmenes del frente dentro de los lúmenes del haz luminoso en una situación ideal, o prácticamente todos los lúmenes del frente dentro de los lúmenes del haz luminoso en una lámpara práctica, ofreciendo la posibilidad de un borde extremadamente abrupto del patrón del haz luminoso. Se puede usar un lente de Fresnel 48 (o lente convexo, lente holográfico, lente compuesto, etc.) que llena la abertura de salida y coopera con el reflector cónico 46 (u otro reflector de colección) para generar una imagen en el campo óptico lejano de la salida de iluminación en la abertura de entrada 42 para producir un patrón de haz luminoso con un corte bien definido en el borde del haz. Como alternativa, se puede usar el lente de Fresnel (o lente convexo, lente holográfico, lente compuesto, etc.) que coopera con el reflector cónico 46 (u otro reflector de colección) para generar una imagen de la salida de iluminación en la abertura de entrada 42 que está desenfocada en el campo lejano para producir un patrón de haz luminoso con un corte gradual en el borde del haz luminoso. La colocación desenfocada del lente de Fresnel 48 también se puede usar para complementar la mezcla de la luz que es proporcionada predominantemente por el difusor, dado que las imágenes de las LED separadas de la fuente de luz están ahora fuera de foco en el campo lejano de manera que los espacios intersticiales entre los LED aparecen en el patrón del campo lejano de haz luminoso que se va a llenar con la luz de los LED adyacentes.

[0067] Cabe anotar que las consideraciones de diseño no incluyen ninguna limitación a la "altura" o "longitud" de la lámpara a lo largo del eje óptico OA. (El eje óptico OA es definido por el sistema óptico formador de haz luminoso y más particularmente por el eje óptico del lente formador de imágenes 48 en la modalidad de la FIGURA 23). La única limitación impuesta a la altura o longitud es por la longitud focal del lente 48, la cual puede ser pequeña para un lente de Fresnel o un lente convexo de longitud focal corta. Además, no se ha impuesto ninguna limitación a la forma del reflector 46 – por ejemplo, el reflector cónico 46 ilustrado podría ser reemplazado por un concentrador parabólico, un concentrador parabólico compuesto, etc.

[0068] Todavía haciendo referencia a la FIGURA 23, en algunas modalidades un difusor 30' está dispuesto por fuera del lente de Fresnel 48, es decir, de manera que la luz del estuche para píldoras pasa a través del lente de Fresnel 48 para alcanzar el difusor 30'. Como se anotó antes, si el difusor 30 en la abertura de entrada 42 (es decir, en el "tope" del estuche para píldoras) se usa solo, entonces típicamente se usa difusión grande para lograr la mezcla adecuada de la luz. Sin embargo, esto puede conducir a reflexiones retrógradas que salen del difusor 30 con el consiguiente aumento de la pérdida de luz. Si se añade el difusor 30' situado por fuera del lente de Fresnel 48 se puede conseguir mezclado adicional de la luz, lo cual permite reducir la fuerza de difusión del difusor 30 en la abertura de entrada 42, o el difusor 30' puede proporcionar toda la mezcla requerida de la luz de manera que el difusor 30 situado en la abertura de entrada 42 se puede eliminar. Para el difusor 30' situado por fuera del lente de Fresnel 48, los rayos de luz que inciden resultan prácticamente colimados y por eso el difusor 30' se puede seleccionar como un difusor diseñado para operar a alta eficiencia (-92% y más de preferencia >95% y todavía más de preferencia >98%) para luz entrante colimada. Por ejemplo, en algunas modalidades que emplean solamente el difusor 30', pero no el difusor 30, la no uniformidad espacial y angular de la intensidad luminosa y el color se mezcla hasta lograr una distribución sustancialmente uniforme por el difusor 30', el cual es un difusor de un solo paso de luz. Algunos difusores de luz adecuados de un solo paso diseñados para proporcionar una FWHM seleccionada (difundida) de la distribución de la dispersión de la luz de salida incluyen el material Light Shaping Difusor® producido por Luminit, LLC, que tiene 85-92% de transmisión de la luz visible y proporciona difusión de la luz transmitida con una distribución de la dispersión de la luz (para luz entrante colimada) de entre 1° y 80° FWHM, dependiendo de la elección del material. Otro material difusor apropiado es el material de difusión de luz ACEL™ (disponible en Bright View Technologies). Estos materiales difusores de un solo paso ilustrativos no son difusores en bulto en los cuales las partículas dispersadas de luz se dispersan en un aglutinador transmisor de luz, sino que son difusores de interfaz en los cuales la difusión de la luz tiene lugar en una interfaz diseñada que tiene microestructuras de dispersión de la luz y/o refractivas diseñadas para proporcionar la distribución deseada de la dispersión de la luz para luz de entrada colimada. Esos difusores son adecuados para usarlos como difusor 30' que pasa el haz luminoso de FWHM relativamente pequeña. (En contraposición, los rayos de luz que inciden sobre un difusor de ese diseño que no están prácticamente colimados más probablemente serían dispersados en ángulos mayores de lo deseado). En otras palabras, existe un beneficio sinérgico en (i) poner el difusor 30' después del lente formador de imágenes 48 para que reciba un haz luminoso de entrada de FWHM

relativamente pequeña y (ii) usar un difusor de interfaz diseñado u otro difusor de un solo paso que de forma ventajosa tiene poca reflexión retrógrada. El número reducido de reflexiones aunado a la eficiencia óptima de la difusión proporcionada por el difusor 30' situado más allá de la óptica formadora del haz luminoso y diseñado para proporcionar una distribución designada del FWHM de dispersión de la luz da lugar a un aumento significativo de la eficiencia óptica global (>90%). En algunas modalidades se incluye el difusor 30 y se omite el difusor 30'. En algunas modalidades se incluyen ambos difusores 30, 30'.

[0069] Todavía en otras modalidades, el difusor 30 situado en la abertura de entrada 42 se omite y el difusor 30' situado por fuera del lente de Fresnel 48 se incluye. En estas modalidades en las cuales el difusor 30 se omite, el cono del reflector 46 opcionalmente se extiende hasta el nivel del dado de LED – es decir, la fuente plana de luz 28 opcionalmente se configura en coincidencia con la abertura de entrada 42 y las paredes laterales reflectantes 32 opcionalmente se omiten junto con la omisión del difusor 30. En esas modalidades, se recurre al difusor 30' para que proporcione la mezcla de la luz. En cualquiera de las modalidades, el lente también puede estar desenfocado para proporcionar un mezclado adicional de la luz.

[0070] Estas diversas configuraciones se muestran además en las FIGURAS 24A, 24B y 24C. La FIGURA 24A muestra diagramáticamente una lámpara que contiene un conjunto lumínico LE, óptica formadora del haz luminoso BF que incluye un reflector cónico y un lente y el elemento óptico de difusión 30 localizado adyacente a una pared lateral ópticamente reflectiva. En esta modalidad el elemento óptico de difusión 30 es un difusor fuerte y no hay difusor en la abertura de salida. La FIGURA 24B muestra diagramáticamente una lámpara que contiene el conjunto lumínico LE, óptica formadora del haz luminoso BF que incluye un reflector cónico y un lente y tanto (i) el elemento óptico de difusión 30 localizado adyacente a una pared lateral ópticamente reflectiva y (ii) como el elemento óptico de difusión 30' situado cerca de la abertura de salida de la lámpara MR/PAR/R. En esta modalidad el elemento óptico de difusión 30 es un difusor suave, porque la difusión adicional está dada por el difusor formador de luz 30' situado en la abertura de salida de la lámpara. La FIGURA 24C muestra diagramáticamente una lámpara que contiene el conjunto lumínico LE, óptica formadora del haz luminoso BF que incluye un reflector cónico y un lente y el elemento óptico de difusión que da forma a la luz 30' situado cerca de la abertura de salida de la lámpara MR/PAR/R. En la modalidad de la FIGURA 24C el elemento difusor de luz 30 se omite.

[0071] Haciendo referencia a las FIGURAS 25-27, una ventaja del reflector cónico 46 que se ilustra es que puede simplificar la manufactura, reducir el costo y mejorar la eficiencia. Por ejemplo, las FIGURAS 25-27 ilustran cómo el reflector cónico 46 puede ser una lámina reflectante plana que recubre una superficie cónica interna de un formador cónico. La FIGURA 25 muestra una lámina reflectante plana 46p que tiene bordes superior e inferior redondeados 60, 62 correspondientes a las aberturas de entrada y de salida 42, 44, respectivamente y bordes laterales 64, 66. Como se muestra en la FIGURA 26, la lámina reflectante plana 46p se puede enrollar para formar el reflector cónico 46, con los bordes laterales 64, 66 unidos en una conexión 68 (la cual opcionalmente puede incluir cierto traslapo de los bordes laterales 64, 66), la cual entonces se puede insertar dentro de un formador cónico 70 como se ilustra en la FIGURA 27. Otra vez en referencia a la

32

FIGURA 23, el formador cónico 70, por ejemplo, puede ser una estructura cónica de disipación de calor 70 que también soporta las aletas de disipación de calor 52. Además de la simplificación y la reducción del costo de manufactura, el reflector cónico también permite el uso de materiales reflectivos de recubrimiento que tienen reflectividad óptica extremadamente alta en la luz visible, como un material de aluminio recubierto llamado Miro producido por ALANOD Aluminium- Veredlung GmbH & Co. KG que tiene cerca de 92-98% de reflectancia de la luz visible; o una película de polímero llamada Vikuiti producida por 3M que tiene cerca de 97-98% de reflectancia de la luz visible.

[0072] Las FIGURAS 28 y 29 ilustran valores computados para el ángulo de la FWHM del patrón del haz luminoso en grados (en el eje de la ordenada) frente al diámetro de la abertura de entrada D_s para varios diseños de lámparas MR/PAR/R (en el eje de las abscisas). En la FIGURA 28, se supone que la abertura de salida de la lámpara tiene el máximo valor posible igual al diámetro de la una envoltura de la lámpara misma, $D_o = D_{MR/PAR/R}$, p.ej. $D_o = 120$ mm para una lámpara PAR38; aunque en la FIGURA 29, se supone que la abertura de salida de la lámpara es apenas 75% del valor máximo posible, p.ej. $D_o = 90$ mm para una PAR38, con el fin de dejar un espacio anular para las aletas de disipación de calor 52 (ver la FIGURA 23), u otras estructuras de área grande para favorecer la eliminación de calor por radiación y convección, alrededor de la óptica formadora del haz luminoso 40. En las FIGURAS 28 y 29 se muestran las gráficas para MR16, PAR20, PAR30 y PAR38, en donde las cifras indican el diámetro de la lámpara MR/PAR/R en octavos de pulgada (por ello, MR16 tiene un diámetro de $16/8 = 2$ pulgadas = 5 cm, por ejemplo). Las gráficas suponen $\theta_s = 120^\circ$, correspondiente a una distribución Lambertiana de intensidad para la serie de LED.

[0073] La FIGURA 30 es una gráfica del ángulo de la FWHM del haz de salida (es decir, $2\chi\theta_o$) en la ordenada frente a la proporción D_s/D_o (o, lo que es igual, L/D_o) en la abscisa. Esta gráfica también supone $\theta_s = 120^\circ$, correspondiente a una distribución Lambertiana de intensidad para la serie de LED.

[0074] Haciendo referencia a las FIGURAS 31A y 31B, en algunas modalidades el lente de Fresnel 48 y el difusor 30' situado en la abertura de salida del reflector de colección 46 se combinan en un único elemento óptico. En la FIGURA 31 A, un elemento óptico 100 incluye lado de lente 102 que es el lado de la luz de entrada y se diseña por gravado con láser u otra técnica de formateo para definir un lente de Fresnel que sirva adecuadamente como lente de Fresnel 48 y también incluye un lado de difusión de luz 104 que es el lado de salida de la luz y se diseña gravado con láser u otra técnica de formateo para definir un difusor de interfaz de un solo paso que sirva adecuadamente como el difusor mezclador de luz 30'. Dicho de otra manera, el difusor de mezcla de luz comprende un difusor de interfaz 104 formado dentro de una superficie principal del lente 100 del sistema óptico formador de haz luminoso. En la configuración de la FIGURA 31 A, el lado difusor 104 de forma ventajosa pasa luz después de que esta ha sido convertida en un haz luminoso por el lado del lente 102. Como alternativa, como se muestra en la FIGURA 31B un elemento óptico 110 tiene la misma estructura del elemento óptico 100, pero el lado de difusión de la luz 104 está configurado como el lado de entrada de luz y el lado del lente 102 está configurado como el lado de salida de luz.

Se han ilustrado y descrito las modalidades preferidas. Obviamente, a las personas que lean y entiendan la descripción detallada precedente se les pueden ocurrir modificaciones

y alteraciones. La intención es que se interprete que la invención incluye todas esas modificaciones y alteraciones en tanto y cuanto ellas caigan dentro del alcance de las reivindicaciones anexas o sus equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Una lámpara direccional que comprende:
 - una fuente de luz;
 - un sistema óptico formador de haz luminoso configurado para convertir la luz de la fuente de luz en un haz luminoso, el cual sistema óptico incluye:
 - un reflector de colección que tiene una abertura de entrada que recibe luz de la fuente de luz y una abertura de salida que es más grande que la abertura de entrada, y
 - un lente dispuesto en la abertura de salida del reflector de colección, estando la fuente de luz dispuesta a lo largo de un eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso a una distancia del lente que está dentro de más o menos el diez por ciento de una longitud focal del lente; y
 - un difusor de mezcla de luz configurado para difundir el haz luminoso;
 - que se caracteriza porque la fuente de luz, el sistema óptico formador de haz luminoso y el difusor de mezcla de luz están conectados unos a otros en forma de lámpara unitaria.
2. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el difusor de mezcla de luz comprende un difusor de un solo paso que tiene menos de 10% de reflexión retrógrada del haz luminoso.
3. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 2, que se caracteriza porque el difusor de un solo paso comprende un difusor de interfaz.
4. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 2, que se caracteriza porque el difusor de un solo paso dispersa la luz de entrada colimada dentro de una distribución angular que tiene una anchura total en la mitad del máximo (FWHM) menor o igual a 40°.
5. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el difusor de mezcla de luz comprende un difusor de interfaz formado dentro de una superficie principal del lente del sistema óptico formador de haz luminoso.
6. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el difusor de mezcla de luz está dispuesto para que reciba luz de la fuente de luz después de pasar a través del lente.
7. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la fuente de luz comprende:
 - un circuito impreso; y
 - uno o más dispositivos de tipo diodo emisor de luz (LED) dispuestos sobre el circuito impreso y energizados a través del mismo.
8. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 7, que se caracteriza porque los uno o más dispositivos LED incluyen dispositivos LED de por lo menos dos colores diferentes y el difusor de mezcla de luz reduce efectivamente la variación de cromaticidad dentro de la FWHM del ángulo del haz luminoso hasta cerca de 0,006 del punto promedio ponderado en el diagrama de espacio de color CIE 1976 uV.

9. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la fuente de luz comprende una pluralidad de elementos emisores de luz separados y distribuidos espacialmente a través del área de la abertura de entrada del reflector de colección, y la difusión del haz luminoso por el difusor de mezcla de luz reduce sustancialmente o elimina la no uniformidad espacial de la intensidad de la luz en el patrón del haz luminoso debido a la separación espacial de los elementos emisores de luz separados.
10. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 9, que se caracteriza porque:
la fuente de luz está dispuesta a lo largo del eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso en una posición desenfocada con respecto al lente para producir desenfoco, y
la difusión del haz luminoso proporcionada por el difusor de mezcla de luz junto con el desenfoco transforma una distribución espacial de la intensidad del haz luminoso que tiene múltiples picos de intensidad debidos a la pluralidad de elementos emisores de luz separados espacialmente dentro de un haz luminoso que no tiene variaciones locales de intensidad visualmente perceptible en todo el patrón del haz luminoso.
11. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el difusor de mezcla de luz comprende:
un primer difusor dispuesto con la fuente de luz en la abertura de entrada del reflector de colección; y
un segundo difusor dispuesto con el lente en la abertura de salida del reflector de colección.
12. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la fuente de luz está dispuesta a lo largo del eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso en una posición desenfocada con respecto al lente, el cual desenfoco produce una difusión del haz luminoso adicional a la difusión del haz luminoso proporcionada por el difusor de mezcla de luz.
13. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el lente tiene un número-f $N=f/D$ menor o igual a uno, en donde f es la longitud focal del lente y D es una dimensión máxima de la pupila de entrada del lente.
14. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el reflector de colección es un reflector de colección cónico.
15. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 14, que se caracteriza porque la superficie reflectante del reflector cónico de colección tiene reflectancia de por lo menos 90% para la luz visible por encima de 400 nm.
16. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 14, que se caracteriza porque la superficie reflectante del reflector cónico de colección tiene reflectancia de por lo menos 95% para la luz visible por encima de 400 nm.
17. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la abertura de entrada del reflector de colección tiene un perímetro seleccionado de entre un grupo compuesto por circular, elíptico, cuadrado, rectangular y poligonal.

18. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la abertura de salida del reflector de colección es por lo menos tres veces más grande que la abertura de entrada del reflector de colección.
19. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la abertura de salida del reflector de colección es por lo menos cinco veces más grande que la abertura de entrada del reflector de colección.
20. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque la abertura de salida del reflector de colección es por lo menos ocho veces más grande que la abertura de entrada del reflector de colección.
21. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 1, que se caracteriza porque el sistema óptico formador de haz luminoso satisface al mismo tiempo la invariante de étendue y la invariante de sesgo para la fuente de luz.
22. Una lámpara direccional que comprende:
una fuente de luz;
un lente configurado para convertir la luz emitida por la fuente de luz en un haz luminoso dirigido a lo largo de un eje óptico, la cual fuente de luz está separada del lente a lo largo del eje óptico por una distancia que está dentro de más o menos diez por ciento de una longitud focal del lente; y un reflector configurado para reflejar la luz de la fuente de luz que no da en el lente en el interior del lente para contribuir al haz luminoso; que se caracteriza porque la fuente de luz, el lente y el reflector están conectados unos a otros en forma de lámpara unitaria.
23. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque la fuente de luz comprende uno o más dispositivos de tipo diodo emisor de luz (LED).
24. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque la fuente de luz está separada del lente a lo largo del eje óptico por una distancia que es diferente de la longitud focal del lente, que se caracteriza porque el haz luminoso está desenfocado para suavizar o eliminar las no uniformidades visiblemente perceptibles de la intensidad y el color en el patrón del haz luminoso.
25. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 24, que además comprende un difusor que coopera con el desenfoque para suavizar o eliminar las no uniformidades visiblemente perceptibles de la intensidad y el color en el patrón del haz luminoso.
26. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que además comprende un difusor configurado para difundir el haz luminoso formado por el lente.
27. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 26, que se caracteriza porque el lente está dispuesto a lo largo del eje óptico entre el difusor y la fuente de luz.
28. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 27, que se caracteriza porque una distribución de dispersión producida por el difusor para la luz de entrada colimada tiene una FWHM de menos de 40° .
29. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 27, que se caracteriza porque una distribución de dispersión producida por el difusor para la luz de entrada colimada tiene una FWHM menor o igual a 10° .

36

30. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque el reflector comprende un reflector cónico.
31. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 30, que se caracteriza porque el reflector cónico comprende una lámina reflectante plana curvada para definir el cono trunco.
32. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 31, que se caracteriza porque la lámina reflectante plana tiene reflectancia de por lo menos 90% para la luz visible por encima de 400 nm.
33. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 31, que se caracteriza porque la lámina reflectante plana tiene reflectancia de por lo menos 95% para la luz visible por encima de 400 nm.
34. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque el lente comprende un lente de Fresnel.
35. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque el lente se selecciona de entre un grupo compuesto por un lente de Fresnel, un lente convexo y un lente holográfico de convergencia de luz.
36. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación o 22, que se caracteriza porque la abertura de entrada del reflector tiene una dimensión máxima de pupila D_s y f/D_s menor o igual a 3,0, en donde f es la longitud focal del lente.
37. La lámpara direccional tal como se estipula en la reivindicación 22, que se caracteriza porque un sistema óptico que comprende por lo menos el lente y el reflector satisface tanto la invariante de étendue como la invariante de sesgo para la fuente de luz.
38. Un aparato de iluminación que comprende:
Una cavidad formadora de luz que incluye:
Una fuente plana de luz que comprende uno o más dispositivos de tipo diodo emisor de luz (LED) dispuestos sobre una superficie reflectante plana,
un difusor plano transmisor y dispersor de luz de dimensión lateral máxima L configurado en paralelo con la fuente plana de luz y alejado de la fuente plana de luz por una S espaciadora que se caracteriza porque la proporción S/L es menor de tres, y paredes laterales reflectantes que conectan un perímetro de la fuente plana de luz y un perímetro del difusor.
39. El aparato de iluminación como está estipulado en la reivindicación 38, que se caracteriza porque la proporción S/L es menor o igual a 1,5.
40. El aparato de iluminación como está estipulado en la reivindicación 38, que se caracteriza porque la proporción S/L es menor o igual a 1,0.
41. El aparato de iluminación como está estipulado en la reivindicación 38, que se caracteriza porque el difusor tiene un ángulo de difusión de por lo menos 5 grados.

37

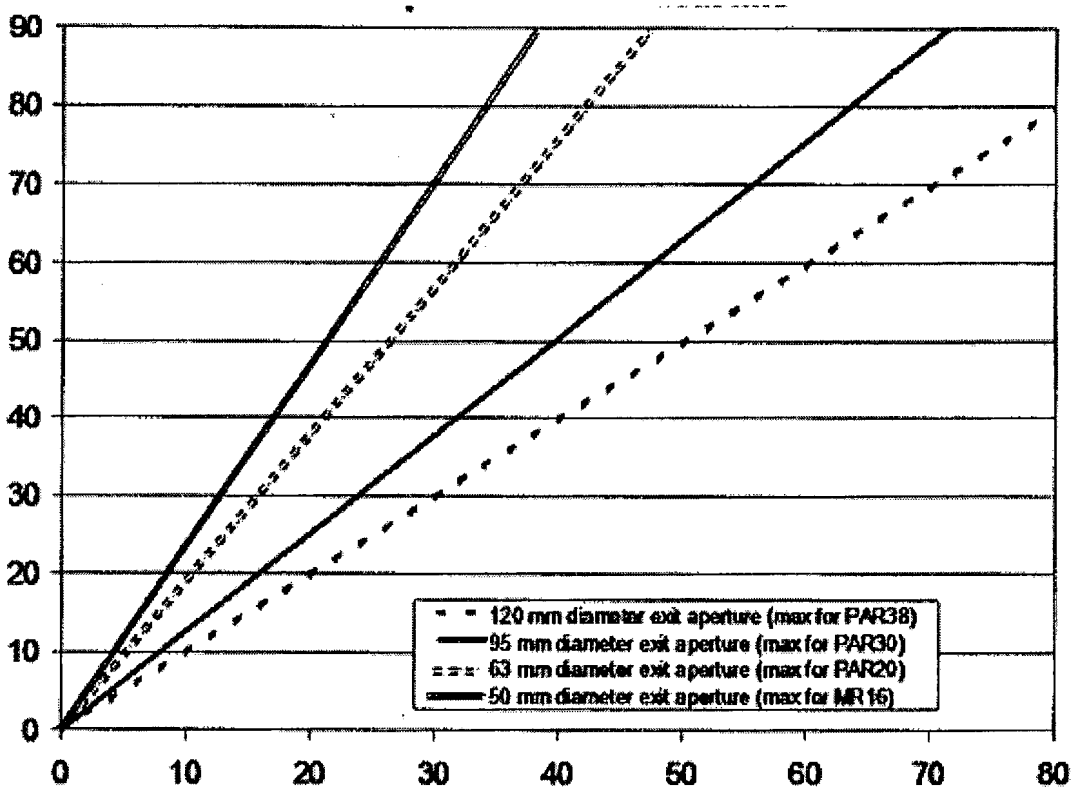
Resumen

Una lámpara direccional comprende una fuente de luz, un sistema óptico formador de haz luminoso configurado para convertir la luz de la fuente de luz en un haz luminoso, y un difusor de mezcla de luz configurado para difundir el haz luminoso. La fuente de luz, el sistema óptico formador de haz luminoso y el difusor de mezcla de luz están conectados unos a otros en forma de lámpara unitaria. El sistema óptico formador de haz luminoso incluye: Un reflector de colección que tiene una abertura de entrada que recibe luz de la fuente de luz y una abertura de salida que es más grande que la abertura de entrada y un lente dispuesto en la abertura de salida del reflector de colección, la cual fuente de luz está dispuesta a lo largo de un eje óptico del sistema óptico formador de haz luminoso a una distancia del lente que se encuentra dentro de más o menos diez por ciento de una longitud focal del lente.

38

Figura 28

Ángulo del haz luminoso contra diámetro de la fuente de luz suponiendo la máxima abertura de salida posible sin aletas de calor

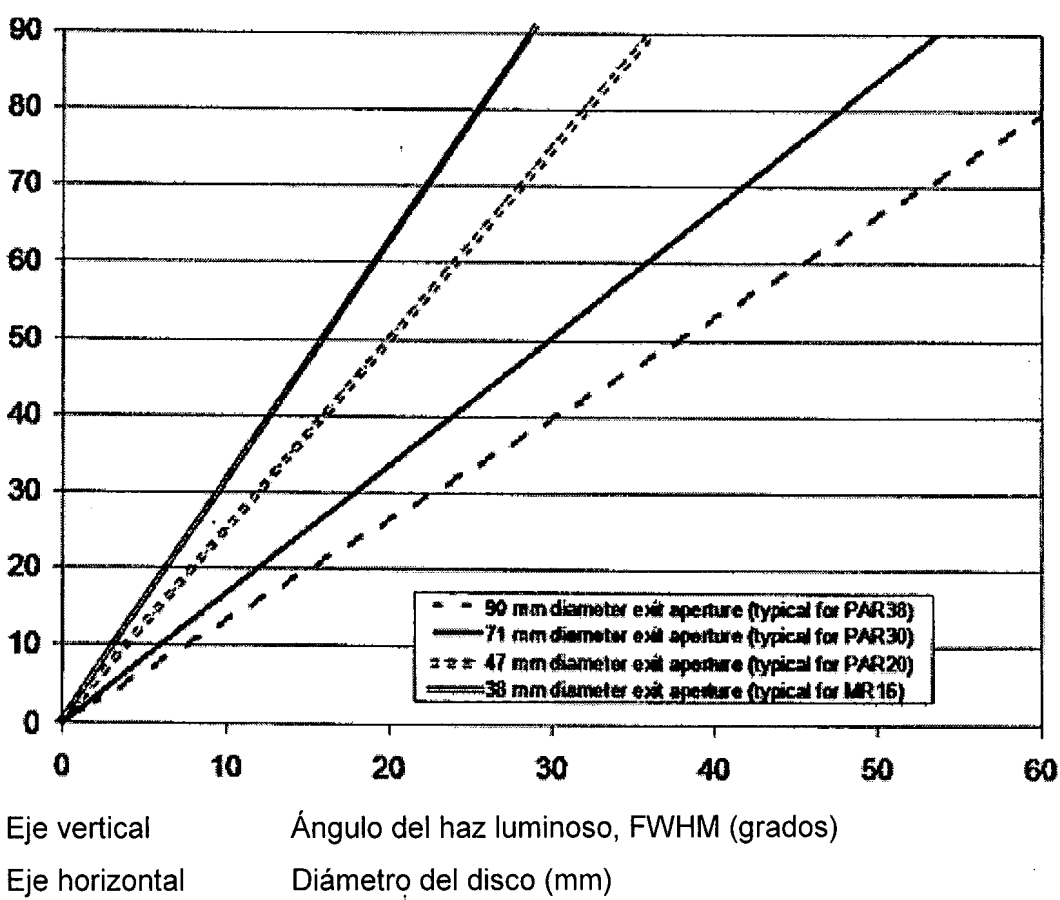


Eje vertical Ángulo del haz luminoso, FWHM (grados)
Eje horizontal Diámetro del disco (mm)

39

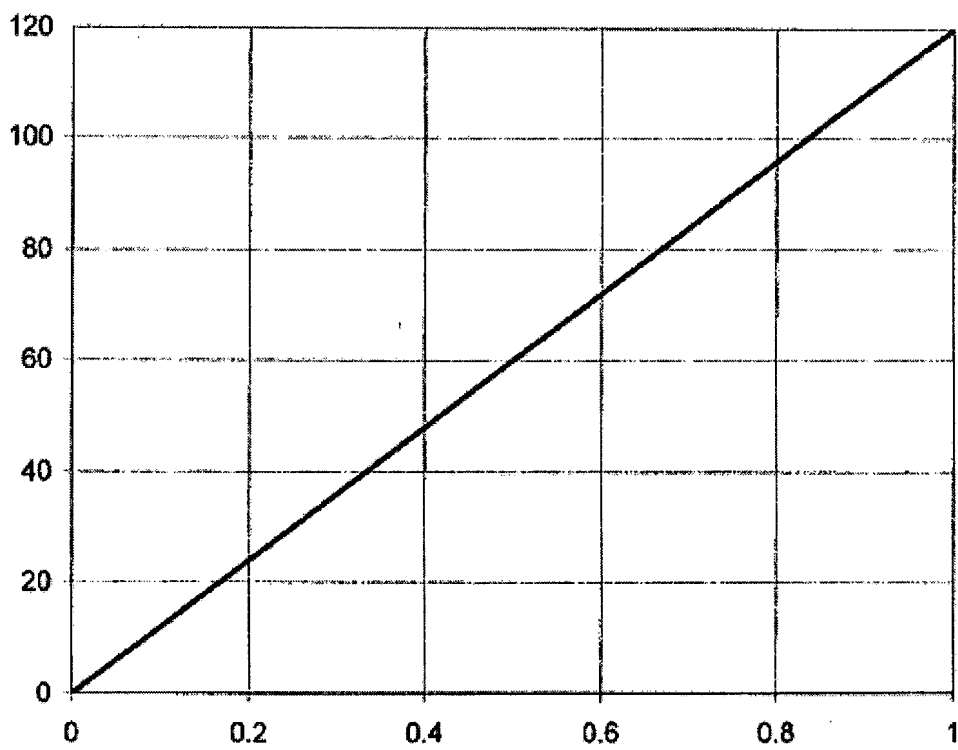
Figura 29

Ángulo del haz luminoso contra diámetro de la fuente de luz suponiendo una abertura de salida típica que admite aletas de calor



40

Figura 30
Ángulo del haz luminoso de la lámpara contra proporción de la abertura de la fuente a la abertura de salida



Eje vertical	Ángulo del haz luminoso de la lámpara, FWHM (grados)
Eje horizontal	Abertura de la fuente / Abertura de salida de la lámpara

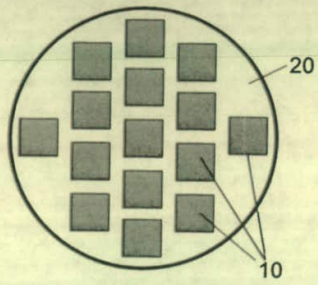


Figure 1

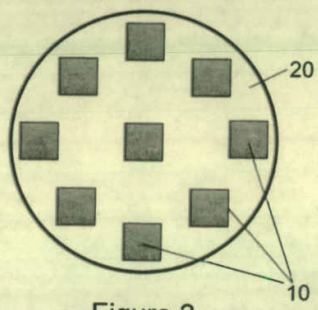


Figure 2

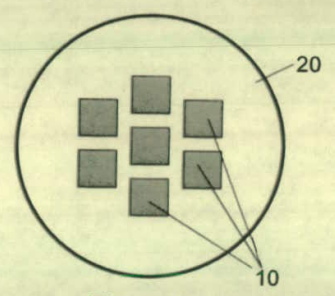


Figure 3

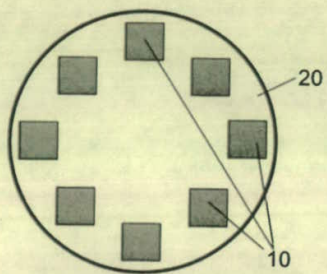


Figure 4

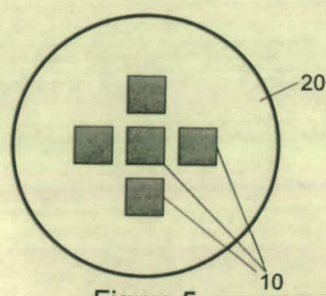


Figure 5

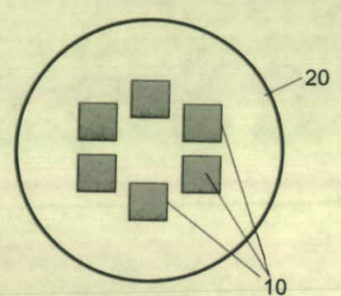


Figure 6

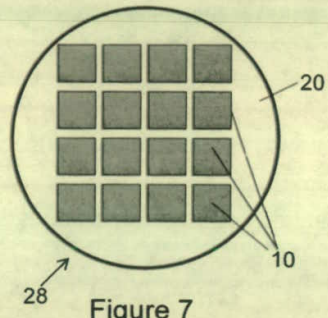


Figure 7

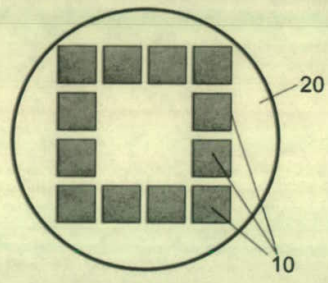


Figure 8

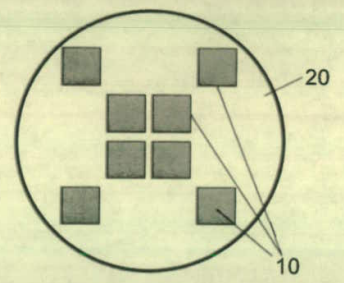


Figure 9

2/11

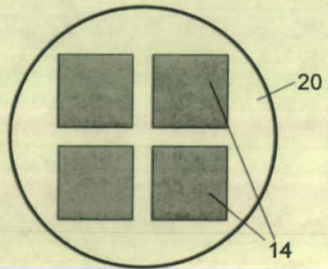


Figure 10

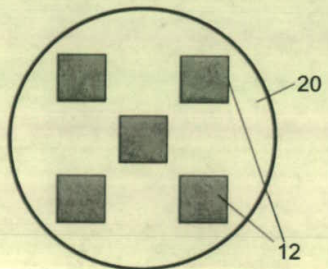


Figure 11

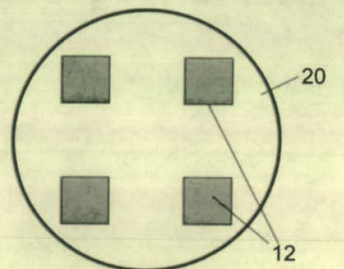


Figure 12

82

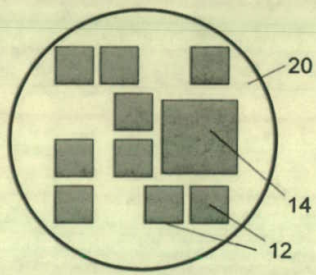


Figure 13

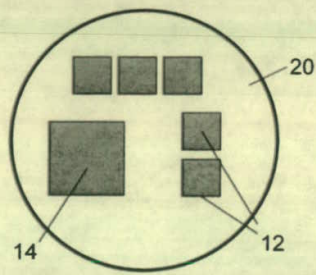


Figure 14

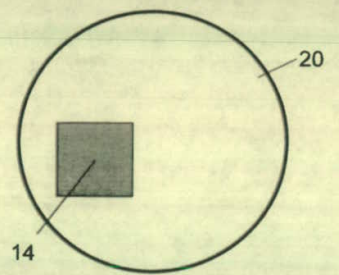


Figure 15

3/11

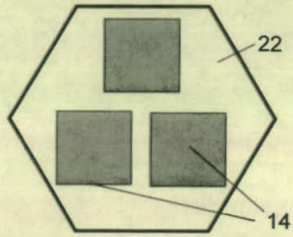


Figure 16

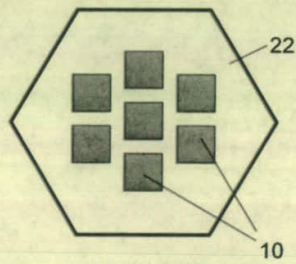


Figure 17

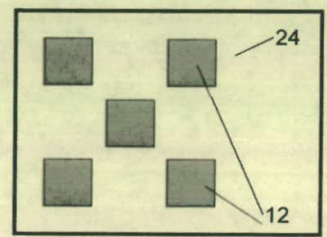


Figure 18

53

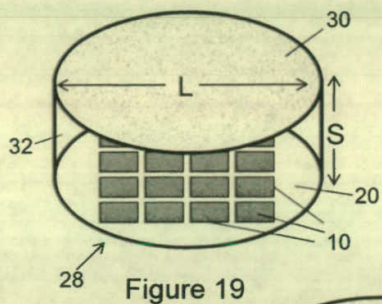


Figure 19

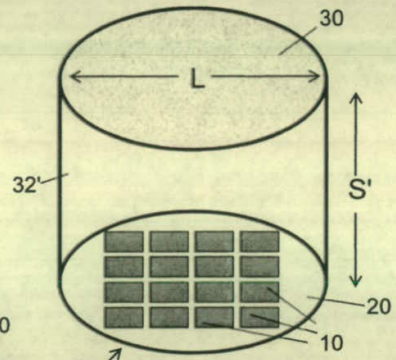


Figure 21

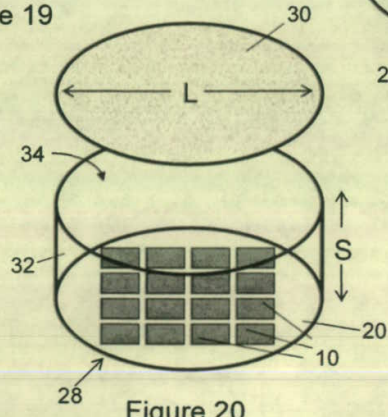


Figure 20

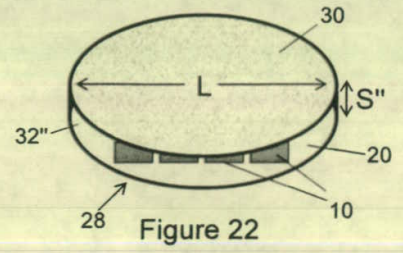


Figure 22

44

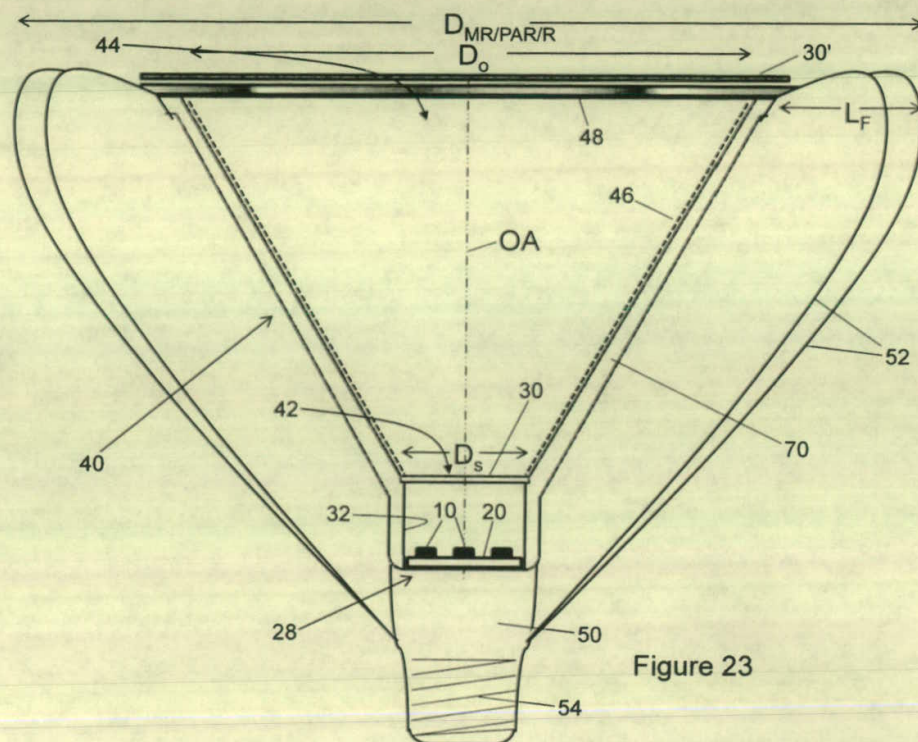


Figure 23

80

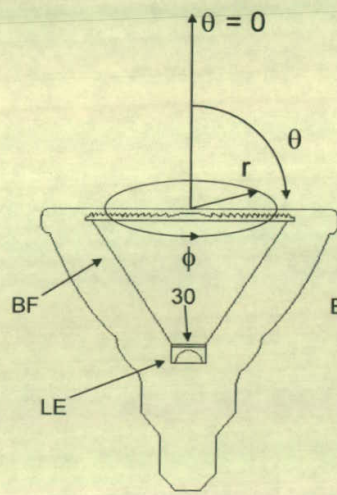


Figure 24A

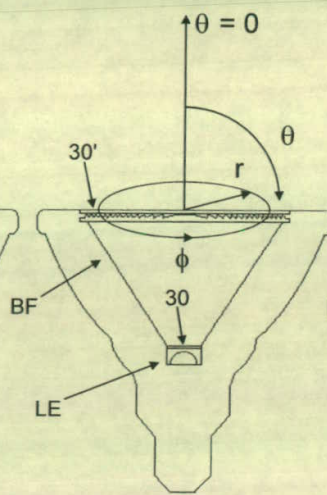


Figure 24B

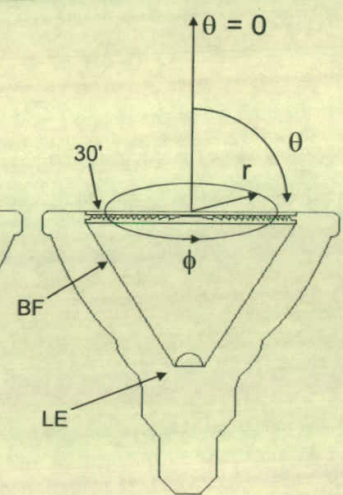


Figure 24C

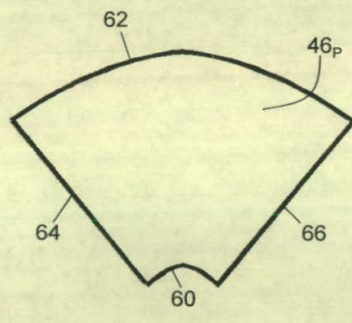


Figure 25

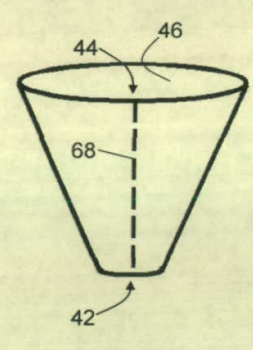


Figure 26

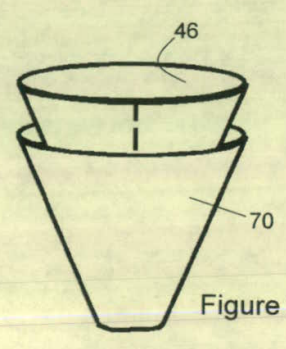


Figure 27

2

Beam angle vs. Disc diameter of light source assuming the maximum possible exit aperture without heat fins

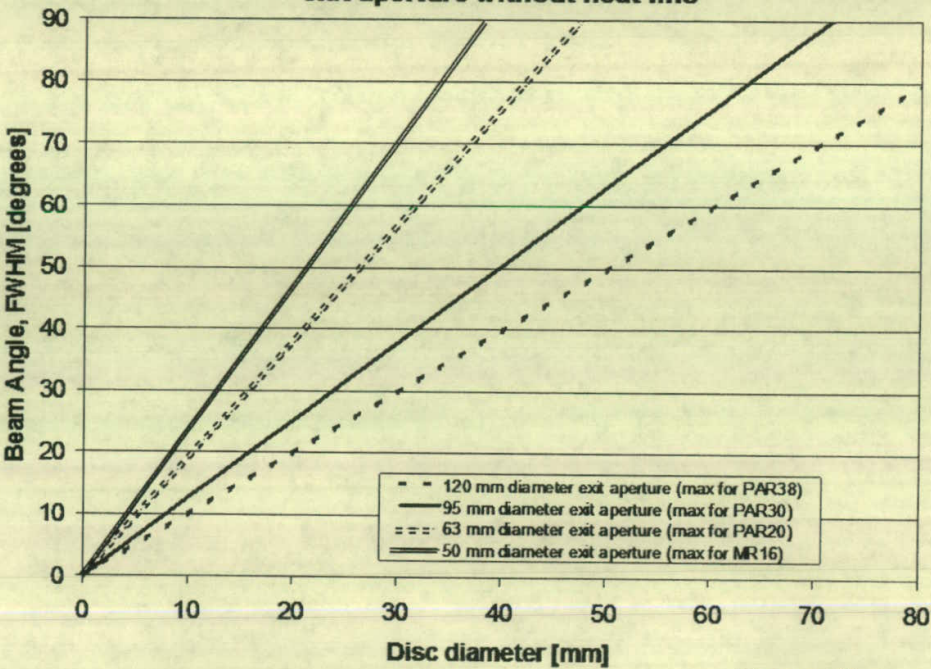


Figure 28

Handwritten signature

Beam angle vs. Disc diameter of light source assuming a typical exit aperture, allowing for heat fins

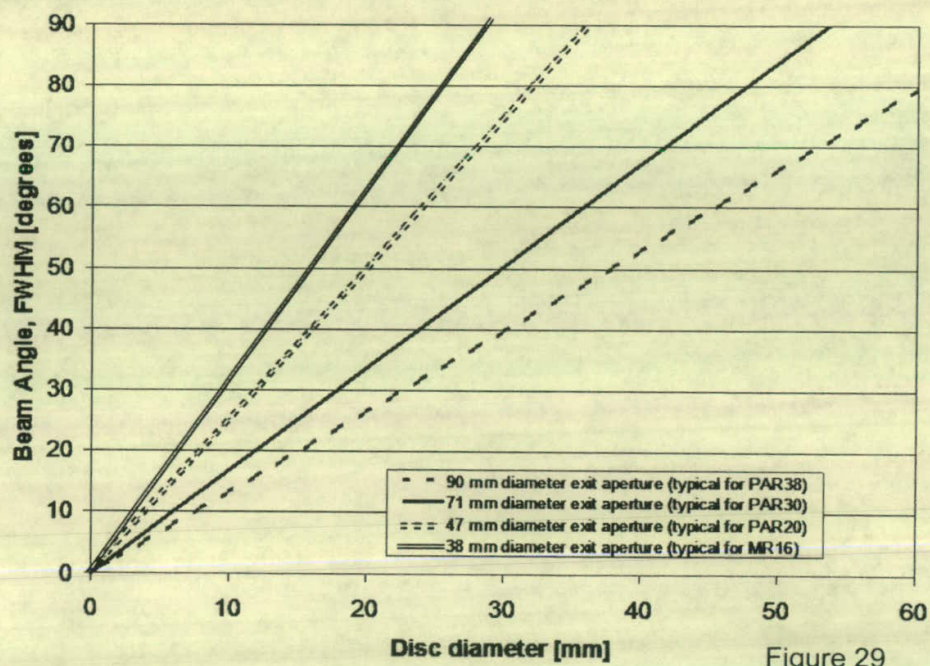


Figure 29

[Handwritten signature]

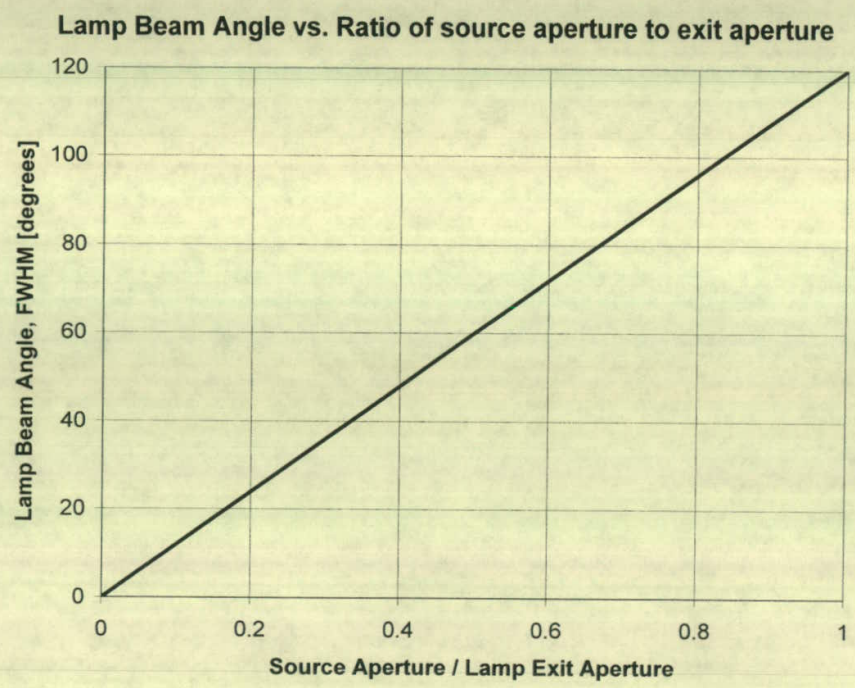


Figure 30

50

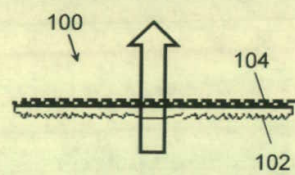


Figure 31A

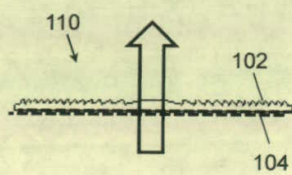


Figure 31B

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 12 - 0082049

Bogotá D.C., Agosto 10 de 2012 - 15:01:48

RECIBIDO DE : CASTILLO GRAU & ASOCIADOS LTDA.

NI 800.098.704

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	410234193	10/08/2012	4.565.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	590.000.00	590.000.00
			\$590.000.00

SON: **QUINIENTOS NOVENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-135132-00000-0000

Fecha: 2012-08-10 15:55:08
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 53

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Agosto 10 de 2012 - 15:01:50



No. 12-135132- -00000-0000

Fecha: 2012-08-10 15:55:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 53Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIAPATENTE DE INVENCION ☐MODELO DE UTILIDAD ☐

Art 33 Decisión 486/00

- ☐ Indicación que se solicita una patente.
- ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
- ☐ Descripción de la invención
- ☐ Dibujos de ser estos pertinentes
- ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
- Completa ☐ Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒MODELO DE UTILIDAD PCT ☐

Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

- ☒ Indicación que se solicita una PCT
- ☒ Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen).
- ☒ Dibujos de ser estos pertinentes
- ☒ Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
- Completa ☒ Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita Diseño industrial
- ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
- ☐ Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
- ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

- ☐ Indicación que se solicita un esquema de trazado
- ☐ Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
- ☐ Representación gráfica de un esquema de trazado
- ☐ Comprobante de pago de las tasas establecidas
- Completa ☐ Incompleta ☐