



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1981157 B

(45) 授权公告日 2011.03.16

(21) 申请号 200580022283.9

F21S 9/00(2006.01)

(22) 申请日 2005.05.05

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

60/568,373 2004.05.05 US

60/636,123 2004.12.15 US

US 6210012 B1, 2001.04.03, 全文.

US 3875456, 1975.04.01, 全文.

US 2002/0047516 A1, 2002.04.25, 说明书第
7 页 [0081] 段至第 8 页 [0100] 段、附图 1-3.

US 5461547 A, 1995.10.24, 全文.

CN 1465106 A, 2003.12.31, 全文.

US 3593055, 1971.07.13, 全文.

US 2003/0230751 A1, 2003.12.18, 说明书第
2 页 [0040] 段至第 3 页 [0055] 段、附图 2.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2006.12.30

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/US2005/015736 2005.05.05

(87) PCT 申请的公布数据

W02005/107420 EN 2005.11.17

审查员 李明卓

(73) 专利权人 伦斯勒工业学院

地址 美国纽约

(72) 发明人 纳德拉贾·纳伦德朗 顾益敏

让·保罗·弗雷西尼耶

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 蔡胜利

(51) Int. Cl.

F21S 19/00(2006.01)

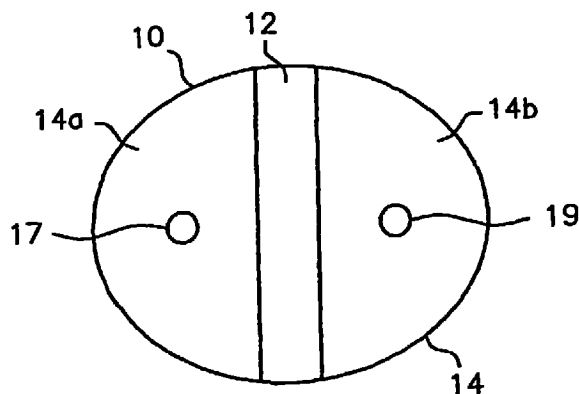
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 8 页

(54) 发明名称

使用固态发射器和降频转换材料的高效光源

(57) 摘要

一种发光设备包括:发射光的光源;降频转换材料,用于接收发射光并将发射光转换为透射光和向后传输光;以及光学装置,被构造成接收向后传输光并将向后传输光传送至光学装置之外。光源是半导体光发射器,其可以包括发光二极管(LED),激光二极管(LD),或谐振腔发光二极管(RCLED)。降频转换材料包括荧光体及用于在某一光谱区域内吸收光而在另一光谱区域内发射光的其它材料中的一种。光学装置或透镜包括光透射材料。



1. 一种发光设备,包括:

具有光透射材料的圆柱形光学元件,所述圆柱形光学元件被分成大致相等的两个半圆的棒段;

被布置于圆柱形光学元件端部附近的至少两个光发射源;以及

降频转换材料,其被沿纵向轴线布置于圆柱形光学元件的内部并且夹在所述两个棒段之间,用于实现对光发射源发出的传输光进行透射及反射这二者中的至少一种;

其中,所述圆柱形光学元件接收所述降频转换材料反射的光并将反射的光传递到所述圆柱形光学元件之外。

2. 根据权利要求1所述的发光设备,其中光发射源是半导体光发射器,包括发光二极管、激光二极管、谐振腔发光二极管之一。

3. 根据权利要求1所述的发光设备,其中光发射源被布置成与圆柱形光学元件的一个侧向端部相邻。

4. 根据权利要求1所述的发光设备,其中光发射源包括相互隔开并都与圆柱形光学元件的一个侧向端部相邻设置的第一发射源和第二发射源。

5. 根据权利要求1所述的发光设备,其中降频转换材料包括适于在某一光谱区域内吸收光而在另一光谱区域内发射光的荧光体。

6. 根据权利要求1所述的发光设备,其中降频转换材料被大体平行于圆柱形光学元件的纵向轴线布置。

7. 根据权利要求1所述的发光设备,其中光发射源在降频转换材料的每侧包括至少一个光源。

8. 根据权利要求7所述的发光设备,其中光源被安装在至少一个基板上。

9. 根据权利要求1所述的发光设备,其中所述降频转换材料被置于所述圆柱形光学元件的中间部分中,位于所述大致相等的两部分之间。

10. 根据权利要求1所述的发光设备,其中来自所述至少两个光发射源的光线撞击到所述降频转换材料的每侧,以从所述降频转换材料的每侧产生反射光。

11. 根据权利要求1所述的发光设备,其中所述圆柱形光学元件由两个半圆丙烯酸棒段形成。

使用固态发射器和降频转换材料的高效光源

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2004 年 5 月 5 日提交的美国临时申请 60/568, 373 和 2004 年 12 月 15 日提交的美国临时申请 60/636, 123 的优先权, 这两个专利申请的内容结合于此引作参考。

背景技术

[0003] 固态发光装置, 包括具有发光二极管 (LED) 和谐振腔发光二极管 (RCLED) 的固体灯, 是非常有用的, 因为它们潜在地提供了与传统的白炽灯和荧光灯相比更低的制造成本和更长期的耐用性。由于它们工作 (发光) 时间长耗能低, 固态发光装置常常提供功能成本收益, 即使它们的起初成本高于传统灯。因为可以采用大规模半导体制造技术, 所以很多固体灯可以在极低的成本下生产。

[0004] 除了应用于家庭电器和消费电器, 音像设备, 通讯装置和汽车仪表标识上的指示灯之外, LED 还被发现相当多地应用于室内和户外信息显示器中。

[0005] 随着发射蓝光或紫外光的高效 LED 的发展, 生产产生白光的 LED 开始成为可能, 其通过将 LED 的一部分原发射光 (primary emission) 荧光转换为较长波长的光以产生白光。将 LED 的原发射光转换为较长的波长通常被称为原发射光的降频转换 (downconversion)。原发射光中没有被转换的部分和较长波长的光结合产生白光。

[0006] LED 一部分原发射光的荧光转换是通过在被用来填满反射杯的环氧树脂中放置荧光体层实现的, 反射杯罩住 LED 灯内的 LED。荧光体是粉末形式, 在环氧固化之前与环氧混和。包含荧光体粉末的没有固化的环氧树脂浆即被沉积在 LED 上随后被固化。

[0007] 已经固化的环氧树脂中的荧光体颗粒通常任意散布充满整个环氧树脂。LED 发射的一部分原始光穿过环氧树脂而没有撞击到荧光体颗粒, LED 发射的另一部分原始光撞击到荧光体颗粒, 促使荧光体颗粒发出耀眼的光。原始蓝光和荧光体发射的光结合产生白光。

[0008] 在可见光谱区域, 现有的 LED 技术效率低下。单个 LED 的发光量低于已知的白炽灯的发光量, 白炽灯占可见光谱区域中效率的大约 10%。具有相当发光量能量密度的 LED 装置必须需要更大的 LED 或包含多个 LED 的新设计。而且, 必须引入一种直接进行能量吸收冷却的形式以处理 LED 装置自身内部的温度升高。更特殊地, LED 装置当被加热到高于 100°C 的温度时效率变得更低, 导致了可视光谱区域中的衰减返回。对于某些荧光体, 当温度增加到高于大约 90°C 的阈值温度时, 荧光体自身的转换效率戏剧性地衰减。

[0009] 授予 Wojnarowski 等人的美国专利 No. 6, 452, 217 提出了一种大功率 LED 灯或复合 LED 灯的设计, 以用于发光产品和从发光产品中排除热的热源中。它具有被设置于多维阵列中的 LED 晶片。每个 LED 晶片都具有用以产生白光的半导体层和荧光体材料。反射器将从每个晶片发来的光收集并聚焦生成近似的大功率 LED 灯。该专利的图 12 中阐明了沿一定角度的射线轨迹路径发射光线的多侧面阵列。该专利的图 19 中阐明了有角度的 LED 灯顶部。

[0010] 授予 Baretz 等人的美国专利 No. 6, 600, 175 和 Baretz 等人提交的美国专利申请 No. 2004/0016938 提出了一种产生白光的固态发光装置。美国专利申请 No. 2004/0016938

是美国专利 No. 6, 600, 175 的继续申请。固态发光装置产生较短波长的射线, 射线被传输到发光介质上进行降频转换以产生白光。在该专利的图 2 和图 6 中, LED 和发光介质被隔开。在图 6 中, 例如, 较短波长的射线光, 优选蓝光波长至紫外光波长范围内的射线光, 从固体装置 82 中发射出来。当发光介质 90 撞击到较短波长射线时, 即被激励发生反应发射出具有在可视光谱区域波长范围内的波长的射线以产生白光。

[0011] 授予 Mueller-Mach 等人的美国专利 No. 6, 630, 691 提出了一种包括荧光转换基板的 LED 装置, 荧光转换基板将 LED 的发光结构发射出的一部分原光转换为一种或多种波长的光, 再与未被转换的原光结合产生白光。如该专利中图 2 所示, 反射电极 21 被布置于 LED 表面上。LED 发射的一部分原光撞击到发射电极 21, 发射电极将原光通过 LED 和基板发射回去。传播进入基板的一部分原光被转换为黄光一部分没有被转换。当这两种类型的光被基板发射出来时, 它们结合在一起产生白光。使用反射电极通过保证进入基板的原始光量达到最大值提高了 LED 装置的效率。

[0012] Muller-Mach 等人提交的美国专利申请 No. 2002/0030444, 以美国专利 No. 6, 696, 703 授予 Muller-Mach 等人, 提出了一种薄膜式荧光转换 LED 结构。该专利中图 2 示出了 LED 2 和 LED 2 表面上的荧光体薄膜 21。LED 发出的蓝光撞击到荧光体薄膜 21。一部分光穿过荧光体 21 而一部分被吸收并被转换成从荧光体 21 上发射出来的黄光。蓝光和黄光结合形成白光。在该申请的图 3 中, 反射垫 25 位于 LED 2 的表面上。从 LED 2 发出的光被反射垫 25 反射回来通过 LED 2 进入荧光体 21。然后光被结合, 如该专利中图 2 所示。该专利中图 4 利用两个荧光体薄膜 31、33, 通过基板 13, 两个薄膜被与 LED 2 分开。薄膜 31 发射红光。薄膜 33 发射绿光。LED 2 发射的蓝光穿过将红光和绿光结合产生白光的薄膜 31、33。在该申请中图 5 的实施例中, LED 装置 50 包括多个荧光体薄膜 37 和 38。介质镜 36 被放置于薄膜 37 和基板 13 之间。介质镜 36 对从发光结构 2 发射的原始光来说是完全透明的, 但对荧光体薄膜 37 和 38 发射的波长来说是高反射性的。

[0013] Okazaki 提交的美国专利申请 No. 2002/0030060 提出了一种提供有紫外线发光元件和荧光体的白光半导体发光装置。荧光体层具有蓝光发光荧光体和黄光发光荧光体, 两种荧光体被混和扩散在一起。发光装置 3 位于反射罩 5 内。在该申请中图 2、4 和 8 的应用中, 荧光体层 6 被形成于远离发光元件 3 的位置。图 2 的应用中示出了形成于密封构件 7 内的荧光体层 6。密封构件 7 由透明树脂制成。在图 4 和图 8 的应用中, 荧光体层被形成于密封构件 7 的表面上。

[0014] Brukilacchio 提交的美国专利申请 No. 2002/0218880 提出了一种 LED 白光光学系统。如该申请图 1 的应用中, 光学系统 100 包括 LED 光源 110, 光学滤波器 120, 反射器 130, 荧光体层 135, 聚光器 140, 第一照明区 150, 第二照明区 170, 以及驱热器 190。光学滤波器 120 包括反射相关色温 (CCT) 范围和传输相关色温 (CCT) 范围。反射相关色温 (CCT) 范围内的光能被禁止通过光学滤波器 120 (例如, 通过反射)。从位于光学滤波器 120 的反射范围内的荧光体层后表面 137 进入光学滤波器前表面 121 的光能被反射回荧光体层 135 中。光学滤波器 120 的传输相关色温 (CCT) 范围内的光能通过滤波器 120 传输并与反射器 130 相互作用。

[0015] 反射器 130 为反射性光学元件, 被设置为用于将从 LED 光源后表面 112 发出的光能反射回 LED 光源 110。光能和光学材料相互作用, 且一部分光能离开 LED 前表面 111 并

与光学滤波器 120 相互作用。然后光能继续进入荧光体层,以对从荧光体层后表面 137 发射出的光能提供重复地压缩循环处理。这种重复处理捕获光能,否则光能会丢失。聚光器 140 捕获从荧光体层前表面 136 发射出的光能。

[0016] Mueller-Mach 等人提交的美国专利申请 No. 2002/0003233, 以美国专利 No. 6, 501, 102 授予 Mueller-Mach 等人, 提出了一种 LED 装置, 其可以对从 LED 装置的发光结构发出的基本上所有原射线执行荧光转换功能以产生白光。LED 装置包括至少一个荧光转换元件, 其被设置为用于接收和吸收发光结构发射出的基本上全部原始光。荧光转换元件发射第二和第三波长的二次光, 两者结合产生白光。有些实施例使用发光结构表面上的反射电极, 有些则不使用。在使用反射电极 21 的实施例中 (图 2、3、6、7 的应用中), 基板将发光结构与荧光体层分开。也就是说, 发光结构位于基板一侧, 而荧光体层被放置于基板另一侧。在不使用反射电极的实施例中 (图 4、5 的应用中), 荧光体层被放置于发光结构的表面上。

[0017] 授予 Mueller 等人的美国专利 No. 6, 686, 691 提出了一种用于产生白光的三色灯。该灯使用蓝光 LED 和红光荧光体和绿光荧光体的混和物以产生白光。如图 3 所示, 灯 20 包括被放置于反射杯 28 内的 LED 22。LED 22 发射由线 26 指示的光带内的光, 而荧光体混合物 24 被布置于该光带中。可以看到, 从 LED 22 发射出的一些没有被吸收的光从反射杯 28 的壁上反射回荧光体混合物 24。如果光被反射到没有被原始光带覆盖的空间, 反射杯 28 可以改变光带 26。反射杯的壁可以是抛物面形状。

[0018] 授予 Soules 等人的美国专利 No. 6, 252, 254 和 No. 6, 580, 097, 提出了一种被荧光体覆盖的 LED 或激光二极管。专利 No. 6, 580, 097 是专利 No. 6, 252, 254 的一部分。更特殊地, 该专利公开了一种被包含荧光体的涂层覆盖的蓝光发光 LED。包含荧光体的涂层包括绿光发光荧光体和红光发光荧光体。绿光和红光发光荧光体被蓝光发光二极管激励。

[0019] 授予 Marshall 等人的美国专利 No. 6, 513, 949, 授予 Marshall 等人的美国专利 No. 6, 692, 136, 以及 Marshall 等人提交的美国专利申请 No. 2002/0067773 提出了一种 LED/荧光体 /LED 混和发光系统。专利 No. 6, 692, 136 是专利 No. 6, 513, 949 的继续申请。专利申请 No. 2002/0067773 以专利 No. 6, 692, 136 被授权。如图 1A 所示, LED 10 包括安装在被填满透明环氧树脂 13 的反射金属盘或反射器 12 内的 LED 晶片。图 1B 示意性描述了与图 1A 中的 LED 结构基本相同的典型的荧光体 -LED 14, 除了填满反射器 16 的环氧树脂 18 包括一种或多种类型的发光荧光体材料均匀混和成的颗粒 19 之外。荧光体颗粒 19 将从 LED 晶片 15 发射出的一部分光转换为不同光谱波长的光。系统允许通过改变 LED 的颜色和数目, 和 / 或荧光体 -LED 的荧光体来设置和优化不同的自认为很重要的发光系统性能参数。

[0020] 授予 Mueller-Mach 等人的美国专利 No. 6, 603, 258 提出了一种通过将原蓝绿色光与被荧光转换成的略带红色光结合以产生白光的发光二极管装置, LED 被安装于被填满荧光转换树脂的反射杯内。LED 发射出的原射线撞击到荧光转换树脂。撞击到树脂的一部分原射线被转换为略带红色的光。原射线中没有被转换的部分穿过树脂与略带红色的光结合产生白光。

[0021] 授予 Srivastava 等人的美国专利 No. 6, 616, 862 提出了一种与铕和锰离子共同激活的卤磷酸盐发光材料。该专利中图 3 公开了一种安装在具有与 LED 相邻的反射表面 140 的杯 120 内的 LED。实施例包括内部散布有荧光体颗粒 200 的透明容器 160。可替代地, 与

粘结剂混和在一起的荧光体可以被用作 LED 表面的涂层。从 LED 发射出的没有被荧光体吸收的一部分蓝光和从荧光体发射出的广谱光结合以提供白光光源。

[0022] 授予 Shimazu 等人的美国专利 No. 6, 069, 440、6, 614, 179 和 6, 608, 332 提出了一种包括转换从发光部件发射出的光的波长并发射光的荧光体的发光装置。这些专利还公开了一种使用被布置于阵列中的多个发光装置的显示器装置。这些专利都是相互关联的, 因为它们出自同一原申请。

[0023] 授予 Ishii 等人的美国专利 No. 6, 580, 224 提出了一种用于彩色液晶显示器装置的背后光, 以及用于彩色液晶显示器装置背后光的场致发光元件。

[0024] Schlereth 等人提交的美国专利申请 No. 2002/0167014, 以美国专利 No. 6, 734, 467 授予 Schlereth 等人, 提出了一种具有半导体 LED 的 LED 白光光源, 该半导体 LED 基于至少部分被透明材料制成的包胶环绕的氮化镓 (GaN) 或铟氮化镓 (InGaN)。透明材料包括转换器物质, 用于 LED 发射光的至少部分波长转换。LED 具有多个发光区域, 通过这些发射区域, 相对宽带光放射光谱产生能量高于转换器物质的放射光谱。

[0025] 在 Journal of Light and Visual Environment 27(2) : (2003) 刊登的, 作者为 Yamada K.、Y. Imai 和 K. Ishii, 标题为“由蓝光发光二极管和 YAG 荧光体组成的光源装置的光学模拟”的文献中, 公开了一种利用从荧光体上的反射光作为从由 LED 和荧光体组成的光源获得高发光量的一种有效方式。

发明内容

[0026] 为了满足这样那样的需要, 并且考虑到它的目的, 本发明提供了一种发光设备, 其包括: 发射光的光源; 降频转换材料 (downconversion material), 用以接收发射光并将发射光转换为透射光 (或称作传输光或向前传输光) 和反射光 (或称作向后传输光); 以及光学装置, 其被设置为用于 (a) 收集和传递发射光到降频转换材料上, 并 (b) 接收反射光并将反射光传递到光学装置外侧。

[0027] 根据本发明的一方面, 光源是半导体光发射器, 其包括发光二极管 (LED)、激光二极管 (LD)、谐振腔发光二极管 (RCLED) 之一。

[0028] 根据本发明的另一方面, 降频转换材料包括适于在某一光谱区域内吸收光而在另一光谱区域内发射光的荧光体及其它材料中的一种。

[0029] 根据本发明的另一方面, 光学装置包括具有光透射 (光传输) 性能的透镜和光导中的至少一种。

[0030] 根据本发明的另一方面, 光源被布置成与光学装置的第一端相邻。

[0031] 根据本发明的另一方面, 降频转换材料被布置成与光学装置的第二端相邻, 且第二端与第一端相反。

[0032] 根据本发明的另一方面, 光源可以包括多个半导体光发射器。

[0033] 根据本发明的另一方面, 收集装置可以被包括, 用于收集被传递到光学装置外侧去的反射光。收集装置可以是反射器。

[0034] 本发明的另一示例性实施例包括另一发光设备, 其具有包括光透射材料的圆柱形光学元件 (cylindrical optic); 被布置于圆柱形光学元件内的光发射源; 以及被布置于圆柱形光学元件内中间部分的降频转换材料, 用于对光发射源发射来的光实现透射及反射

两种功能中的至少一种。

[0035] 根据本发明的另一方面,光发射源为半导体光发射器,其包括发光二极管(LED)、激光二极管(LD)、谐振腔发光二极管(RCLED)之一。

[0036] 根据本发明的另一方面,光发射源被布置成与圆柱形光学元件的一侧面端部相邻。

[0037] 根据本发明的另一方面,光发射源可以包括第一和第二发射源,两者被相互隔开并都被布置成与圆柱形光学元件的一侧面端部相邻。

[0038] 根据本发明的另一方面,降频转换材料包括适于在某一光谱区域内吸收光而在另一光谱区域内发射光的荧光体及其它材料中的一种。

[0039] 根据本发明的另一方面,降频转换材料被大体平行于圆柱形光学元件的纵向轴线布置。

附图说明

[0040] 如果连同附图一起阅读,本发明可以从下面详细的介绍中得到很好的理解。必须强调,根据惯例,附图的各种特征都不符合比例。相反,为清楚起见,各种特征的尺寸都被任意地扩大或缩小了。附图包括:

[0041] 图1为说明一种类型的荧光体(YAG:Ce)的反射和透射光谱分布的相对输出与波长关系的图表;

[0042] 图2为根据本发明示例性实施例的使用固态发射器降频转换材料的高效光源;

[0043] 图3为图2中示出的高效光源的底部部分的截面图;

[0044] 图4举例说明了根据本发明另一示例性实施例的使用多个固态发射器和降频转换材料的另一高效光源;

[0045] 图5A为根据本发明另一示例性实施例的使用固态发射器降频转换材料的高效光源的另一实施例;

[0046] 图5B为图5A中示出的高效光源的截面图;

[0047] 图6举例说明了根据本发明示例性实施例的使用固态发射器降频转换材料的另一高效光源;

[0048] 图7描述了环绕图6中示出的高效光源的反射器,用以改变从光源发射出的光线方向;

[0049] 图8A至图8E举例说明了根据本发明的不同示例性实施例的被直接放置于示例发光光源上面的光学元件,或光学透镜的各种几何形状;

[0050] 图9A示出了根据本发明示例性实施例的具有多个高效光源的装置,高效光源使用放置于灯管上面的用以改变光源发射光方向的固态发射器降频转换材料;

[0051] 图9B为图9A中示出的装置的截面图;

[0052] 图10A举例说明了根据本发明示例性实施例的具有多个高效光源的另一装置,高效光源使用放置于灯管边缘周围的用于改变光源发射光方向的固态发射器降频转换材料;

[0053] 图10B为图10A中示出的装置的截面图;

[0054] 图11举例说明了根据本发明示例性实施例的被设置为用于被反射器和高效微透

镜散射体环绕的另一高效光源；

[0055] 图 12 举例说明了根据本发明示例性实施例的另一高效光源，其将光直接导向光转换材料和反射器，而光转换材料被设置于在高效光源和反射器之间；以及

[0056] 图 13 为描述根据本发明示例性实施例的通过光学元件发射朝向光转换材料光的高效光发射器的示意性图表。

具体实施方式

[0057] 虽然本发明在此处针对特殊实施例进行阐述和介绍，但本发明并不仅限于图中所示出的内容。相反，可以在权利要求和不偏离本发明的范围或其等同替换的范围内做各式修改。

[0058] 发明人发现，当降频转换荧光体被布置于靠近 LED 晶片的位置时，荧光转换 LED 的性能会受到负面影响。低下的性能主要是由于环绕晶片的荧光体介质性能与各向同性的发射器相似，而且反射回来朝向晶片的一部分光在荧光体层、晶片和反射杯之间传播。结果，反射回装置内的光增加了结合温度，这样，减弱了系统的光效并加速了密封材料变黄。所有这些因素减弱了整个过程中的发光量。

[0059] 文献中显示撞击到荧光体层的光中有 60% 被反射回来，有助于产生前面所介绍的结果 (Yamada, et al., 2003)。八块掺杂铈的钇铝石榴石 (YAG:Ce) 荧光体板的实验室测量结果证明大约 60% 的辐射能沿蓝光 LED 光源的方向被反射回来。被反射的辐射能绝对数量取决于，在其它因素当中，荧光体涂层的密度。图 1 示出了对带有 YAG:Ce 荧光体板的蓝光 LED 测量的反射光谱能量分布 2。图 1 还示出了对同一装置测量的透射光谱能量分布 4。如图所示，大部分光被反射回来没有被向前传输。

[0060] 应了解，术语“透射光（传输光）和反射光”被通篇使用。然而，更准确的术语是“向前传输光和向后传输光”。因为荧光体颗粒吸收短波长光并发射被降频转换的光，发射出的光射向各个方向（朗伯发射器），因此，一部分光向上发射而另一部分光向下发射。向上发射（向外发射）的光是光的传输部分而向下发射到 LED 晶片上的光是反射部分。

[0061] 在 RCLED 中，这些结果被希望具有更高的强度，因为它们发出的光更平行。结果，组件设法捕获透射光部分和反射光部分以提高系统的效率。另外，发明人创造了允许荧光体层被移开晶片的组件，以阻止光反馈回 LED 和 RCLED。结果，LED 和 RCLED 的寿命被改善了。同时，从 RCLED 发射的光撞击到荧光体层同样获得相同的白光光源。另外，组件通过允许更多的光从荧光体层反射到装置外面以提高装置的效率。

[0062] 图 2 举例说明了本发明的具有分配光学元件、可透射光、具有圆柱形几何形状的外罩光学元件 10 的第一示例性实施例。如图所示，外罩光学元件 10 包括被嵌入分配光学元件中间部分的荧光体层 12。这种结构有效地将分配光学元件分成大致相等的两片，或两部分。也就是说，荧光体层可以是大体平行于圆柱形光学元件 10 纵向轴线的窄带。

[0063] 在某一示例性实施例中，荧光体层 12 可以是 YAG:Ce 荧光体层。在示例性替代实施例中，荧光体层可以包括其它荧光体，量子点 (quantum dots)，量子点晶体，量子点纳米晶体或其它降频转换材料。应了解，本发明的其它实施例可以包括与荧光体层 12 类似的荧光体层。与如图 2 所示的嵌入式荧光体层不同，然而，其它实施例可以具有不被嵌入的荧光体层。而且，荧光体层不需要均匀的厚度，相反，它可以具有不同的厚度或不同的荧光体混

合物以产生更相同的输出颜色。

[0064] 一个或多个 LED 或 RCLED 可以被放置于底部部分的圆柱形光学元件内,图中被标记为 14。在替代实施例中,一个或多个 LED/RCLED 可以被放置于除圆柱形光学元件底部部分之外的位置。

[0065] 短波长光 16 被从 LED/RCLED 中发射出来。短波长光位于 250nm 至 500nm 的波长范围内。因为荧光体层 12 大体位于圆柱形光学元件的中间,从 LED/RCLED 发射出的短波长光导致了短波长光从圆柱形光学元件的一侧撞击到荧光体层 12。短波长光与导荧光体层之间的撞击产生了具有四种成分的光:短波长光 18,从荧光体层上被反射;短波长光 20,通过荧光体层被传输;降频转换光 22,从荧光体层上被反射;和降频转换光 24,通过荧光体层被传输。产生于荧光体层两侧的这四种成分结合并产生白光 26。因为本过程发生在荧光体层的两个侧面,所以整体的光提取量增加了。

[0066] 光(短波长光和降频转换光)-如果荧光体层没有被嵌入圆柱形光学元件或晶片中的话将会被反射回圆柱形光学元件中-将通过圆柱形光学元件的光透射性能,被很方便地传输到外界或圆柱形光学元件的外表面。

[0067] 作为实施例,依据光学技术的高通量蓝光(470nm)发光 LED(鲨鱼系列)发射器可以被使用。荧光体层 12 的密度可以在 $4-8\text{mg}/\text{cm}^2$ (其它密度也被考虑在内)的范围内,圆柱形光学元件 10 的长度可以在 2 至 4 英寸范围内,而圆柱形光学元件的直径可以约为 0.5 英寸。作为另一实施例,不同的封装效率和均匀性可以通过改变荧光体层的密度,和圆柱形光学元件的长度和直径来实现。当圆柱形光学元件长度为 2.25 英寸时,可以实现光沿圆柱形光学元件的圆周方向的更高的效率和一致性。

[0068] 图 2 中示出的实施例可以由从整圆丙烯酸棒上切下的半圆丙烯酸棒段成型并被抛光。荧光体可以与光学透明环氧树脂混和,然后被均匀涂在每个棒段的平面。棒段可以被连接到一起再放入烤箱中固化环氧树脂。

[0069] 2.25 英寸的光学元件(圆柱形光学元件)的整体发射损失被发现大约为 16%。损失包括:6%被反射回 LED 的光,7%夫瑞奈(Fresnel)损失,和 3%由于硬件安装造成的不可回收的损失。

[0070] 大约一半的损失可以归结为发生在具有不同折射率的介质之间的分界处的夫瑞奈损失。可以通过在 LED/RCLED 和圆柱形光学元件之间使用耦合器以减少夫瑞奈损失。另外,可以通过在 LED/RCLED 上使用抗反射膜以阻止光被反射回 LED/RCLED 来补偿损失。

[0071] 图 3 为在底部部分被标记为 14 的圆柱形光学元件的截面图。如图所示,圆柱形光学元件 10 包括两个半圆丙烯酸棒段 14a 和 14b。荧光体层 12 被丙烯酸棒段 14a 和丙烯酸棒段 14b 夹在中间。每个丙烯酸棒段包括发光源 17 和 19。每个发光源 17 和 19 可以是半导体光发射器,例如发光二极管(LED),激光二极管(LD),或谐振腔 LED(RCLED)。应了解,底部部分 14 可以包括两个以上发光源。这样,就可以有多个光发射器组成的一个阵列被放置于丙烯酸棒段 14a 内,而多个光发射器组成的另一阵列被放置于丙烯酸棒段 14b 内。这两个阵列可以被相互对称布置,类似于图 3 中所示的关于荧光体层 12 对称布置的光源 17 和 19 的形式。

[0072] 图 4 举例说明了本发明的另一示例性实施例。如果需要的是一般的环境照明,本实施例可以被使用于空间内部。如图所示,装置包括荧光体板 50(例如,YAG:Ce 或其它荧光

体,如前面所列举的)。装置还包括多个半导体发光二极管 56 形成的阵列,例如 LED/RCLED 阵列 52。阵列 52 被安装在可以为铝材料的基板 54 上。在示例性实施例中,基板 54 可以是圆形。在插图 4 所示的示例结构中,LED/RCLED 被相互隔开围绕圆形基板放置。

[0073] 发光二极管阵列被放置于基板上以使二极管的发光表面朝向荧光体层板 50。用这种方式,二极管 56 向荧光体层板 50 发射短波长光。当短波长光撞击到荧光体层板时,产生光的四种成分:短波长光和降频转换光 60 以及透射短波长光和透射降频转换光 64。短波长光和降频转换光 60 在装置内部被反射产生白光 62,如图所示。透射短波长光和透射降频转换光 64 在装置外侧被传输产生白光 66。

[0074] 图 5A 和图 5B 举例说明了本发明的另一示例性实施例。如图所示,装置 500 包括杯 502,和被放置于杯 502 内位于杯 502 底部的一个或多个光发射器 501。还包括荧光体层 503 和 504。荧光体层 503 被沉积于与光发射器 501 底部相对的一端和杯 502 侧壁的大致中心处。荧光体层 503 被沉积于杯 502 侧壁的内侧。如图 5A 和 5B 所示的实施例可以被使用于空间内部,如果仅需要一般的环境照明。

[0075] 装置 500 包括杯 502,其可以是具有一个 LED/RCLED 或组成阵列的多个 LED/RCLED 的透明杯。杯包括一个粘接在杯 502 的内部透明壁上的荧光体层 503。另一荧光体层可以被仅仅粘接到杯的中心区域。因此,大部分被反射的短波长光和经过降频转换的光可以直接从前表面的透明部分离开。从 LED/RCLED 发出光的窄束是优选的,在本实施例中,将从 LED/RCLED 发出的没有撞击到荧光体层就离开前表面的透明部分的短波长光减到最少。杯可以被制成玻璃或丙烯酸材料。

[0076] 杯 502 的内侧可以被填满玻璃或丙烯酸材料,因此将荧光体层 503 夹在杯 502 和包含在杯 502 中的内侧部分之间。荧光体层 504 也可以被粘接到玻璃或丙烯酸材料的外侧。在替代实施例中,荧光体层 504 可以被放置于玻璃或丙烯酸材料内部,类似于图 2 和图 3 中示出的所介绍的被夹在两个半圆丙烯酸棒之间的荧光体层。

[0077] 图 6 也举例说明了本发明的另一示例性实施例。如图所示,装置 600 包括光发射器 602,其通过可由透明介质制成的光学元件 606 与荧光体层 604 分开。在示例性实施例中,透明介质可以是空气。在替代实施例中,透明介质可以是玻璃或丙烯酸。荧光体层 604 可以被安装或沉积于具有透明侧壁 610 和 612 的光学元件 606 上。(如果光学元件 606 具有圆形截面,侧壁 610 和 612 可以是连续的侧壁)。

[0078] 图 7 也举例说明了本发明的另一示例性实施例。如图所示,装置 700 包括被放置于反射器 702 内的装置 600。反射器 702 具有抛物面几何形状。本发明不具有限制性,因为反射器 702 可以具有其它的几何形状,例如锥形、球形、双曲面形、椭圆面形、棱锥形、或还可以是例如箱形。装置 700 的优点包括更好的控制光束输出的分布和使输出的色彩更均匀。

[0079] 基板 603 可以被用来安装发光源 602,光学元件 606 的一端,和反射器 702 的一端,如图 6 和图 7 所示。

[0080] 类似于本发明的其它实施例,发光源 602 可以是一个或多个半导体光发射器,例如 LED、LD 或 RCLED。发光二极管可以被安装在二极管的阵列中,类似与图 4 中所描述的光源阵列 52。另外,荧光体层 604 可以类似于图 4 中所描述的荧光体层 50。

[0081] 图 8A 至 8E 描述了光学元件的不同几何形状。光学元件 801 为圆锥形几何形状。

光学元件 802 为球形几何形状。光学元件 803 为双曲面形几何形状。光学元件 804 为棱锥形几何形状。光学元件 805 为箱形几何形状。其它几何形状可以包括抛物面形或椭圆面形。另外,每个光学元件的较宽表面的顶部都是平面,或可以具有其它几何形状。

[0082] 类似于其它实施例,光学元件 801 至 805 可以被制成透明材料,因此功能与光学透镜(类似图 6 中的光学元件 606)相似,或可以是由透明材料制成的侧壁(类似于图 6 中的侧壁 610 和 612)形成的中空腔。

[0083] 虽然没有被示出,反射器(类似于图 7 中示出的反射器 702)可以被放置以环绕每个光学元件 801 至 805。而且,每个光学元件 801 至 805 可以包括荧光体层(类似于图 6 中的荧光体层 604)。这个荧光体层(未示出)可以被沉积于每个光学元件的较宽平面的顶部,与其各自的发光源相对。可替代地,这个荧光体层(未示出)可以被夹在每个光学元件内部,各自的光学元件较宽的平面附近并与各自的发光源相对。

[0084] 下面参考图 9A 和图 9B,二维阵列的透镜被示出了,通常被标记为 900。如图 9A 所示,高效光源装置的 $N \times M$ 阵列被放置于光管 912 的顶部。光源装置的其中三个被标记为 910、920 和 930。 $N \times M$ 阵列中剩余的光源装置与光源装置 910、920 或 930 中的任一个相同。依此类推,这些光源装置中的任一个可以类似于图 7 中的装置 700。

[0085] 图 9B 中所示,每个光源装置 910、920 和 930 都包括光发射器 902,透镜 904 和类似于图 6 中的荧光体层 604 的荧光体层(未示出)。还包括反射器 906,用以改变从光发射器 902 发来的透射光和发射光的方向使其朝向矩形光管 912。

[0086] 光管 912,如图所示,包括与光源装置 910、920 和 930 邻接的内侧面 914,和远离光源装置的另一相反侧面 916。在相反侧面 916 顶部,被沉积有荧光体层 918 和微透镜层 920。微透镜层可以粘接在被沉积的荧光体层上。

[0087] 图 10A 和 10B 举例说明了高效光源的另一示例性实施例,通常被标记为 1030,其中光源装置(类似于图 7 中的光源装置 700)被围绕光管边缘隔开布置。如图 10A 所示,几个光源装置,例如光源装置 1020、1022、1024、1026 等,被放置于光管 1000 边缘周围。

[0088] 高效光源 1030 的截面图在图 10B 中被示出了。如图所示,光源装置 1018 被设置以直接将发射光传导至光管 1000 内。光源装置 1018 包括光发射器 1020,光学透镜 1022 和与光发射器 1020 相对的荧光体层(未示出)。还包括反射器 1024 用以改变从光发射器 1020 发射来的透射光和反射光的方向使其射向光管 1000 的边缘或射入光管 1000 内部。

[0089] 光管 1000 包括边缘 1004,顶侧 1006 和底侧 1008。在顶侧 1006 内,被放置有荧光体层 1010 和微透镜散射层 1012。类似的,在底侧 1008,被设置有荧光体层 1014 和微透镜散射层 1016。每个微透镜层都被粘接到各自的荧光体层上。

[0090] 图 11 举例说明了本发明的另一示例性实施例。如图所示,装置 1110 包括光源 1100,透镜 1102 和荧光体层 1104。荧光体层被沉积于透镜 1102 顶部,以使荧光体层远离 LED,与图 6 中示出的形式类似。光源/透镜/荧光体结构被具有高反射比的反射器 1106 环绕。在示例性实施例中,被测得的反射比可以在 90%至 97%的范围内。另外,高效微透镜散射层 1108 被横放在反射器 1106 顶部。在示例性实施例中,微透镜散射层可以显示出高于 95%的效率。

[0091] 图 12 举例说明了本发明的另一示例性实施例。如图所示,装置 1210 包括朝向荧光体层 1202 的光源 1200 和反射器 1206。透明介质 1204 可以填满光源 1200 和荧光体层

1202 之间的空间。在示例性实施例中,荧光体层 1202 可以是抛物面形状,或其它弯曲形状,类似于前面列举的几何形状中的一种。反射器 1206 可以被放置于远离荧光体层和光源的位置。透明介质 1208 可以被用来填满荧光体层和反射器之间的空间。如图所示,荧光体层 1202 被放置于光源 1200 和反射器 1206 之间。

[0092] 我们已经熟悉,用于白光发光二极管(LED)中的荧光体将一半以上的发射光反向散射,至今没有人说明这些光可以像光子一样被回收以增加白光源的整体功效。发明人已经用试验验证了本发明的各种实施例所提供的散射光子提取(SPE)方法,有效地增加了白光源的整体功效。电流低的时候,散射光子提取组件显示了光效超过 80lm/W 的白光,其色差非常接近黑体轨迹。

[0093] 可以产生白光的不同方法中,荧光转换发射方法是最常用的。第一荧光转换白光 LED 使用掺杂铈的钇铝石榴石(YAG:Ce)荧光体与蓝基氮化镓(GaN)LED 相结合。在典型的白光 LED 封装中,荧光体被嵌入环绕 LED 晶片的环氧树脂中。由氮化镓(GaN)LED 发射的一部分短波长射线被荧光体降频转换,而组合光被人眼当做白光觉察到。虽然这些产品证明了白光 LED 概念并被应用于很多壁龛照明电器中,它们不适用于一般的照明电器,因为它们的整体发光量低,功效低。

[0094] 为了使白光 LED 达到更高的光效,以下几个阶段需要改进:内量子效率,提取效率,以及荧光转换效率。一些学者已经在挑战研究半导体的材料和成长特性以提高内量子效率。其他的学者在研究成型晶片,荧光体晶体,微米量级 LED,和其它的新颖方法以提供光提取效率。更有一些学者在调研新的具有更高降频转换效率和更好光学性能的荧光体。

[0095] 虽然已有的文献已经表明,光的相当多一部分被荧光体后向散射由于被吸收而丢失在 LED 中,但是尽发明人所知,至今没有人试图利用本发明的实施例提供的散射光子提取方法通过提取这些被后向散射的光子来改进性能,本发明通过回收被散射的光子有效地增加了荧光转换白光 LED 的整体发光量和光效。

[0096] 为了更好地了解原短波长光和荧光体之间的相互作用和量化前散射光量和后散射光量,发明人用 2mg/cm 至 8mg/cm 密度范围内的不同密度的掺杂铈的钇铝石榴石(YAG:Ce)荧光体遮住几个直径 5cm 的圆形玻璃板。这些荧光体板被放置于并排结合为一体的两个球之间,并用荧光体层遮住右边球。荧光体材料被从放置于离玻璃板 2.5mm 的右边球内的 5mm 蓝光 LED 中发射出的射线所激励。分光计通过测量端口测量每个球的发光量。从左球和右球测得的发光量分别显示了通过荧光体层传输的光量和从荧光体层上反射的光量。根据 LED 发射的辐射能和从 YAG:Ce 荧光转换的能量,对分光计上的数据进行分析,以确定蓝光区域和黄光区域内的光通量。试验结果显示,传输辐射和反射辐射的光谱能量分布是不同的,尤其蓝光通量与黄光通量的比例。传输辐射和反射辐射的量值取决于荧光体密度,密度低,传输辐射所占百分比就比较高。典型地,可以控制荧光体密度,使传输蓝光和传输黄光处于恰当的比例中以产生色度适合的白光,白光的色度将典型地位于或接近黑体轨迹。从收集的数据来看,可以估计当产生和谐白色光时,40%的光被传输,而其余的 60%被反射。Yamada 等人发现了类似的结果,如 K. Yamada、Y. Imai、K. Ishii 在 Journal of Light and Visual Environment 27(2), (2003) 所公开的一样。在传统的白光 LED 中,相当大部分的这种反射光被晶片周围的部件吸收,这是导致其光效低的原因之一。

[0097] 图 13 举例说明了一种可以回收大部分反射光的方法,图中示意性示出了实现散

射光子提取的 LED 组件。与传统典型的白光 LED 组件不同,其荧光体被散布在晶片周围,在本发明的 SPE 组件中,荧光体层被移开远离晶片,只在晶片和荧光体之间留下透明介质。组件的有效几何形状可以通过射线轨迹分析确定。组件的几何形状起了很重要的作用,而图 13 中示出的几何形状有效地将光传递出 GaN 晶片到荧光体层上,并允许大部分后向散射光从荧光体层上逃离光学元件。与传统典型的组件相比,这种 SPE 组件可以回收更多的光子。此处荧光体的密度还确定了最后白光的色度。

[0098] 值得注意的是, SPE 组件需要不同的荧光体密度以产生色度坐标类似于传统的白光 LED 组件的白光。这些不同是因为 SPE 组件将透射光和后反射光与不相似的光谱相混和了,而传统的组件则使用占优势的透射光的缘故。

[0099] 为了验证图 13 中示出的 SPE 组件提供了更高的发光量和光效,用同一制造商提供的十二个传统高磁通 LED,六个 3W 蓝光 LED 和六个 3W 白光 LED 进行了试验。符合 SPE 组件的侧面要求的商业光学元件被发明了,并且有几个已经被得到用于和 LED 一起做试验。虽然这些光学元件不具有图 13 中所示出的几何形状以提取大部分的后向散射光,但已经足够证明假设了。试验中第二光学元件的顶部平面部分被预定量的 YAG:Ce 荧光体遮盖。所需的荧光体密度,在单独的试验中通过系统地变化荧光体密度值分析所产生结果的色度然后选择产生与在试验中使用的商业白光 LED 色度接近的密度值,来确定。比较两种组件概念的性能,白光 LED 被与未被遮盖的第二光学元件符合。在整体球内测量了商业白光 LED 的发光量和光谱,并且还测量了激励 LED 所需的电流和电压。对包括与荧光体遮盖的第二光学元件符合的蓝光 LED 的 SPE 组件进行同样地重复测量,如图 13 中所示。

[0100] SPE LED 组件的平均光通量和对应的平均光效被发现分别为 90.7lm 和 36.3lm/W。典型的白光 LED 组件的平均光通量和对应的平均光效分别为 56.5lm 和 22.6lm/W。因此 SPE LED 组件平均具有 61% 的更多发光量和 61% 的更高光效。类似的 LED 的光通量和对应光效的变化很小,其标准偏差小于 4%。与传统典型的白光 LED 组件相比, SPE 组件一贯具有更高的流明输出和更高的光效。

[0101] 电流对发光量和光效的影响也在两个 LED 组件上被测量了,一个是典型的白光 LED 另一个是 SPE 组件。这两个 LED 都经历了同一个发光量测量程序,但它们的输入电流被分几步从 700mA 减至 50mA,并收集其对应的光度数据和电子数据。电流非常低的时候, SPE 组件的光效超过 80lm/W,相比之下,传统组件的光效为 54lm/W。

[0102] 利用 SPE 组件,后向散射光子在被 LED 内部件吸收之前被提取。很有必要地,荧光体层被放置于进一步远离晶片的位置,而后向散射光子在组件内经受多重反射之前被提取。移动荧光体移远离晶片具有另外的好处:白光 LED 的寿命也被提高了,如早期论文所阐述的一样 (Narendran, N., Y. Gu, J. P. Freyssinier, H. Yu, and L. Deng. 2004. Solid-state lighting: Failure analysis of white LEDs. Journal of Crystal Growth 268(3-4): 449-456)。

[0103] 本发明的用以回收一部分后向散射光的可替代方法是用反射材料遮住第二光学设备的侧面,如图 5A 和 5B 中所示。虽然相对传统的白光 LED 组件来说,光效可以被提高,但收益不太多,因为后向散射光在荧光体层和反射器之间前后来回弹射,而这种光的大部分被吸收并作为热消失了。这种方法的缺点是通过周围的环氧材料增加短波长光传播的路径长度,环氧树脂退化更快,从而缩短了白光 LED 的使用寿命。

[0104] 应了解,图 13 中示出的 SPE 组件的几何形状不仅限于这些特殊的形状。当提出其它设计关心的问题例如颜色和寿命时,可替代的形状也可以被使用以更有效地回收后向散射光子。作为一个实施例,在图 13 的结构中,发明人发现顶表面直径的优选尺寸约为 20mm,而高度优选尺寸约为 11mm。

[0105] 总而言之,本发明回收了从荧光体层后向散射的光。另外,白光 LED 的整体发光量 and 对应的光效与传统的白光 LED 相比可以被有效地增加。电流低的时候,SPE 方法显示出超过 80lm/W 光效的白光,而其色度非常接近黑体轨迹。

[0106] 虽然本发明已经针对示例性实施例进行了介绍,但它不仅限于此。相反,权利要求将被解释为还包括可能由本领域技术人员做出的不偏离本发明的精神和范围的其它变化和实施方式。

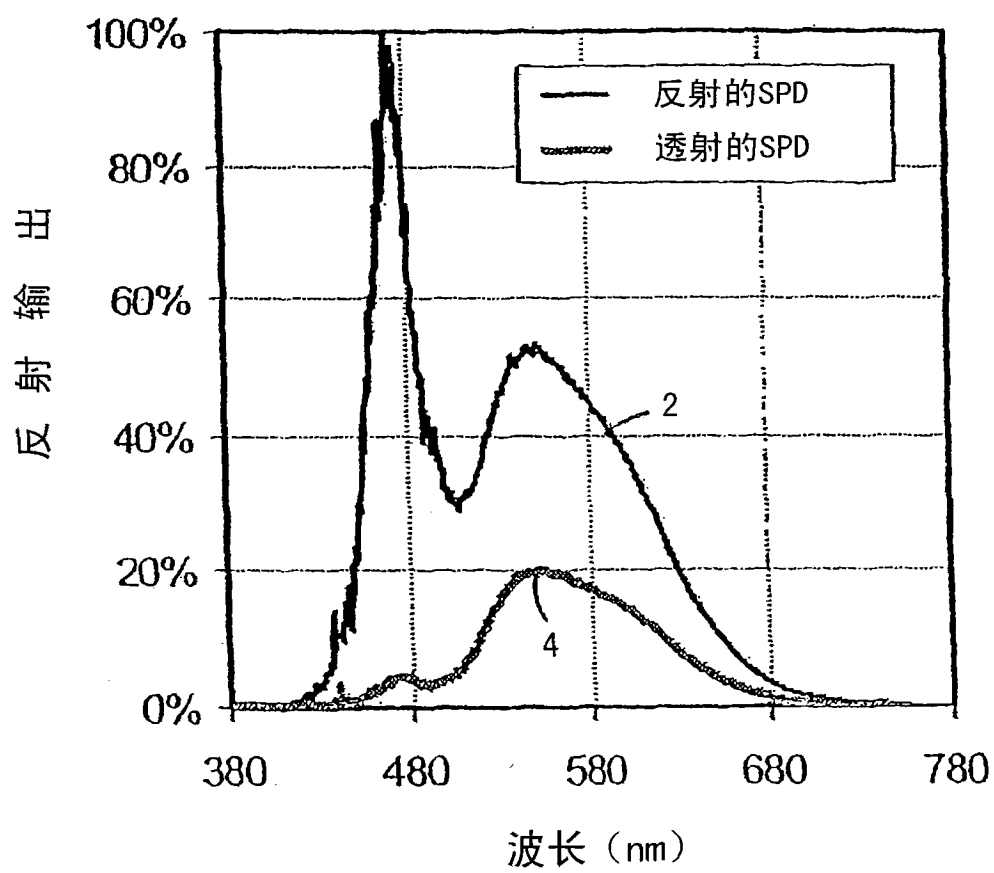


图 1

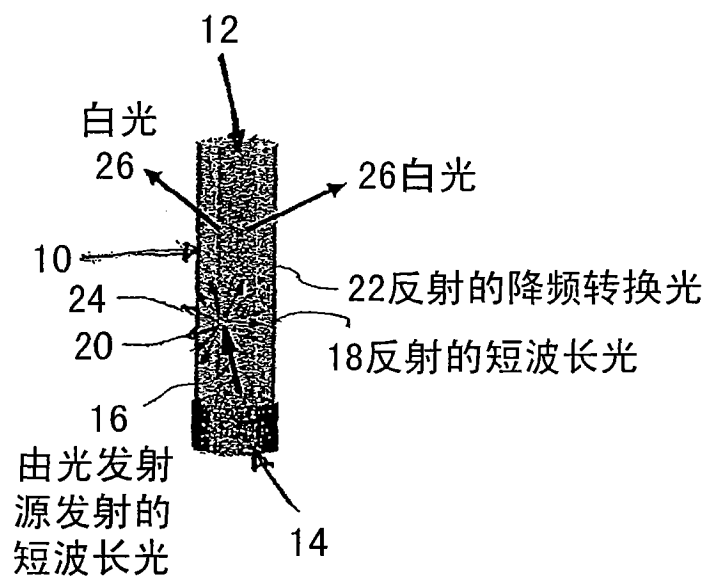


图 2

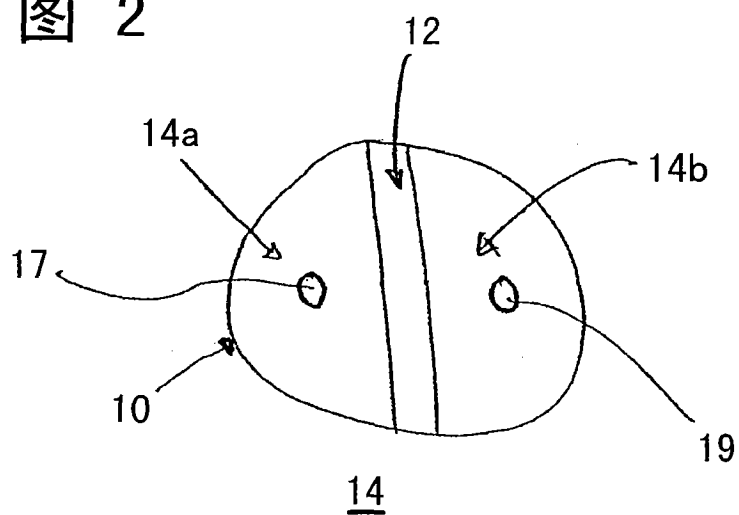


图 3

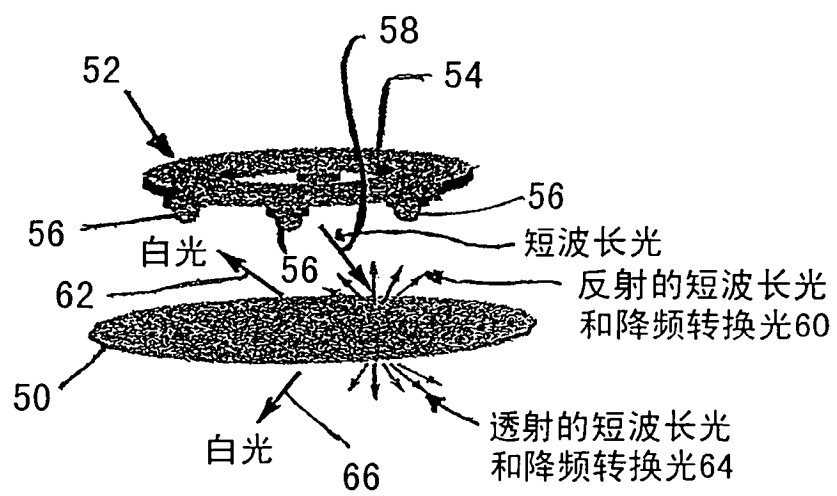
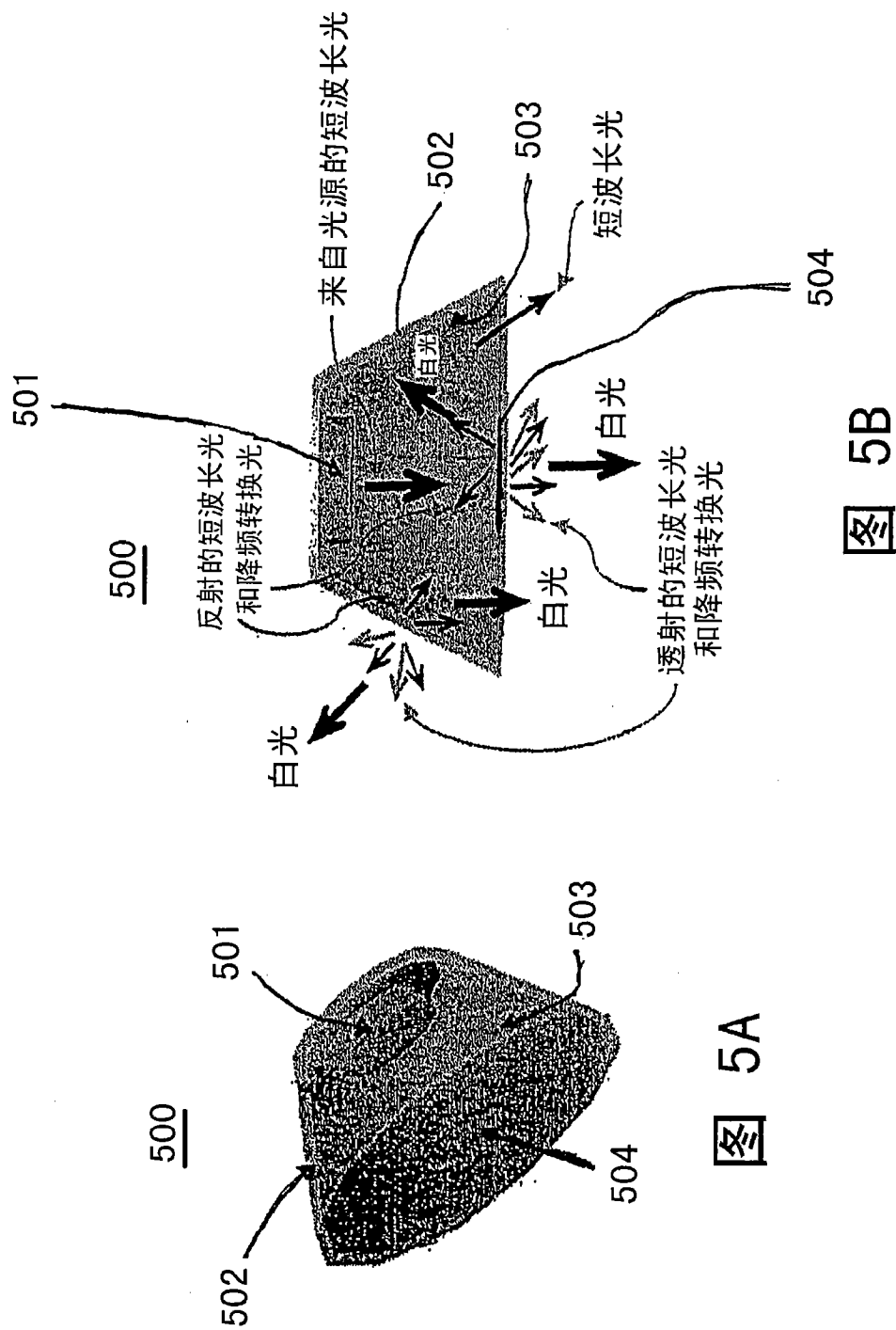


图 4



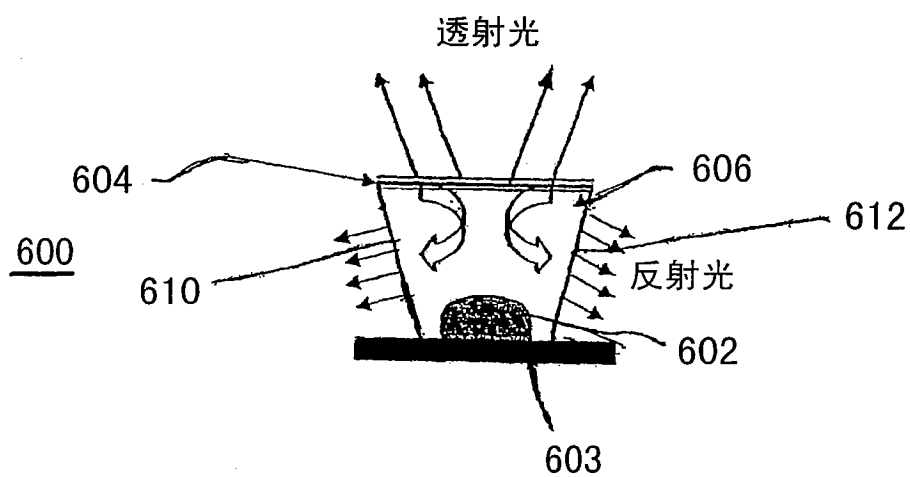


图 6

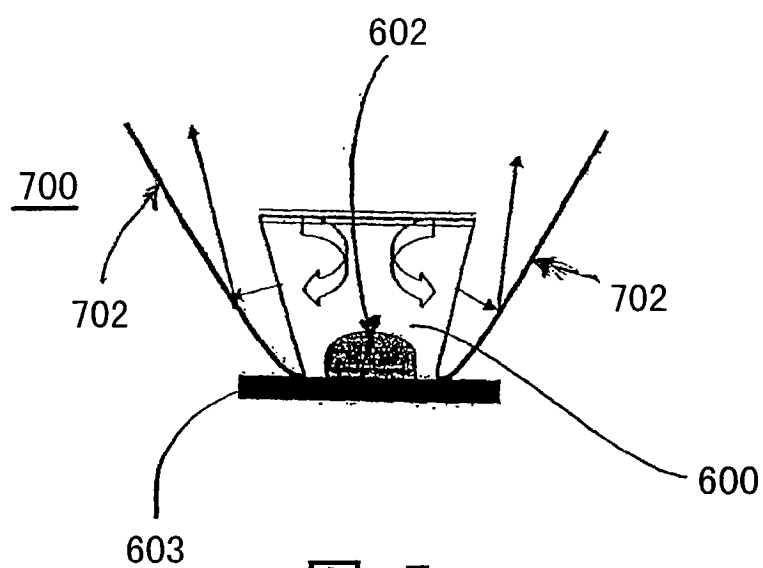


图 7

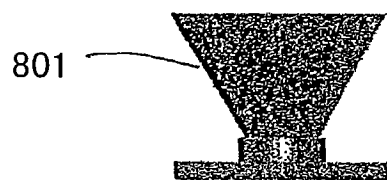


图 8A

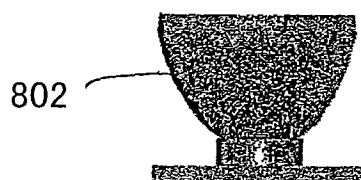


图 8B

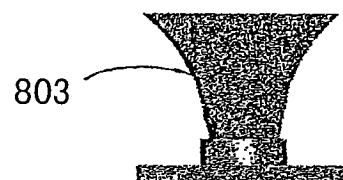


图 8C

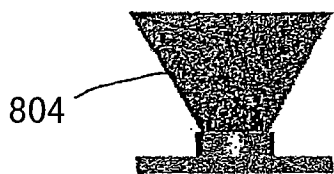


图 8D

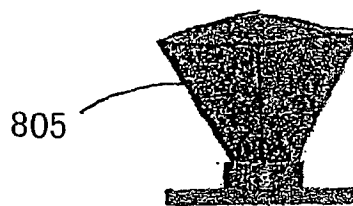


图 8E

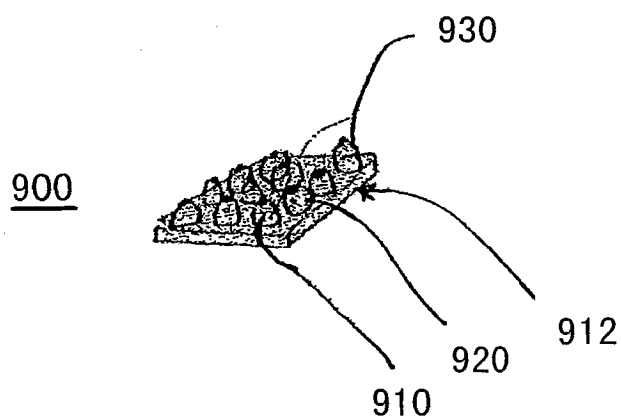


图 9A

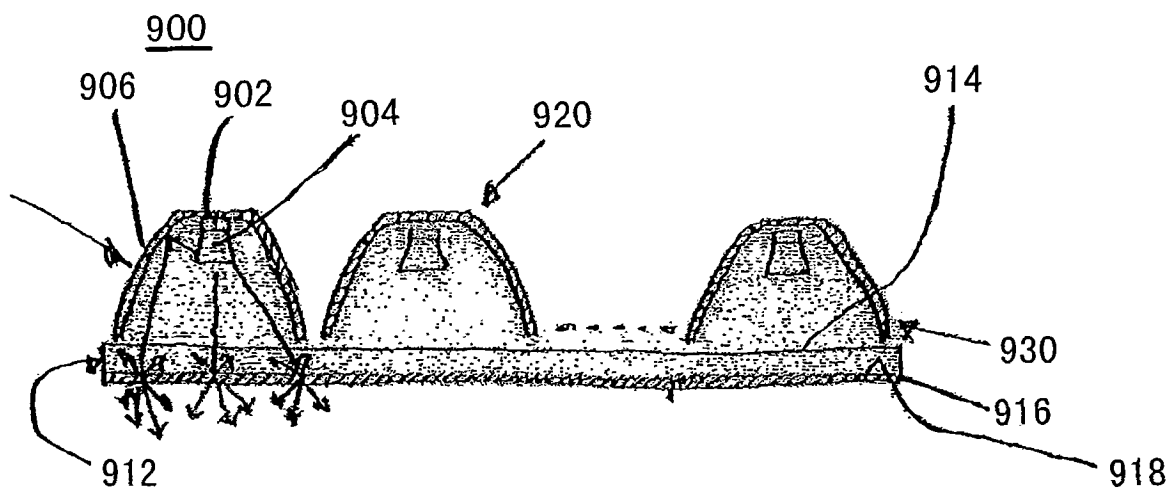


图 9B

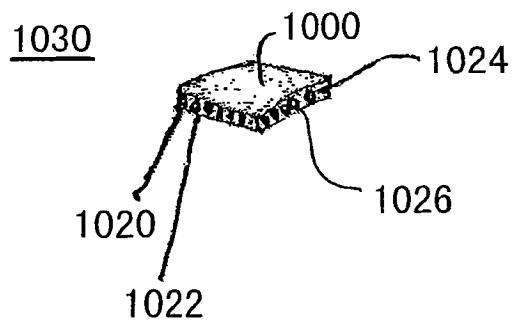


图 10A

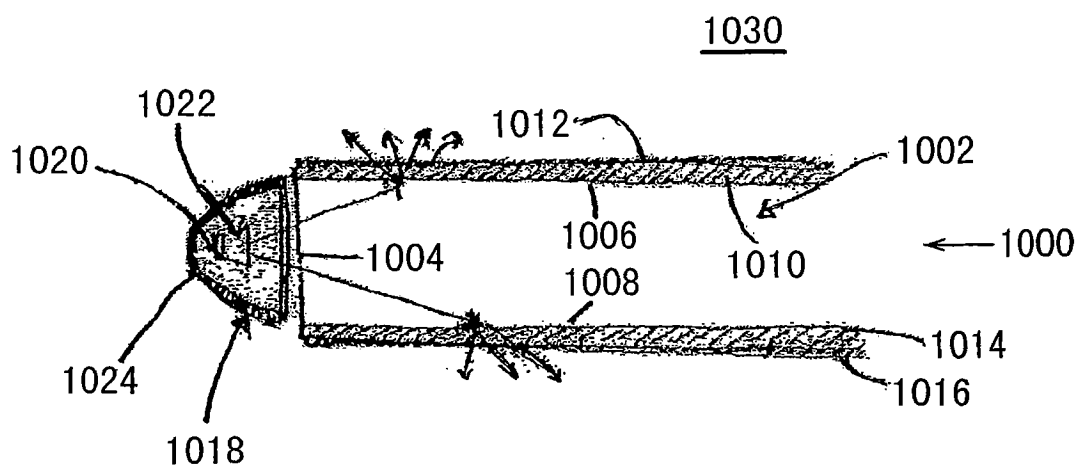


图 10B

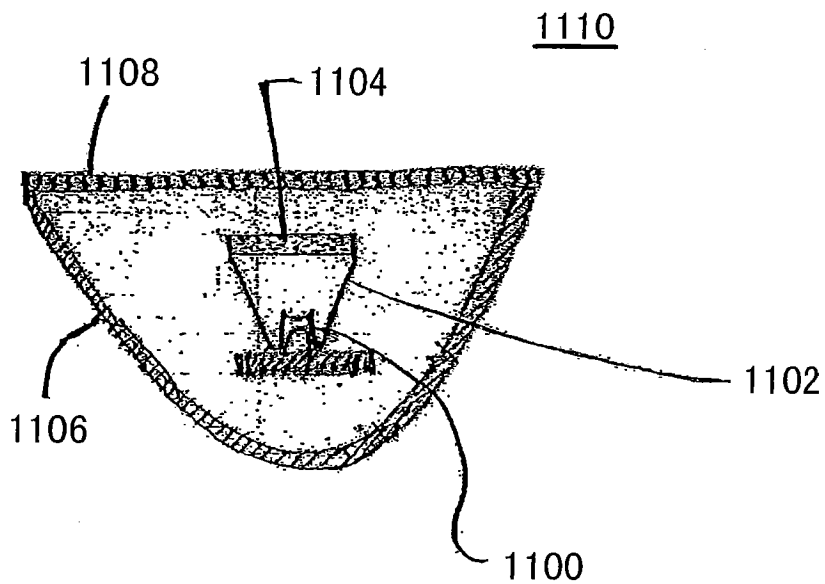


图 11

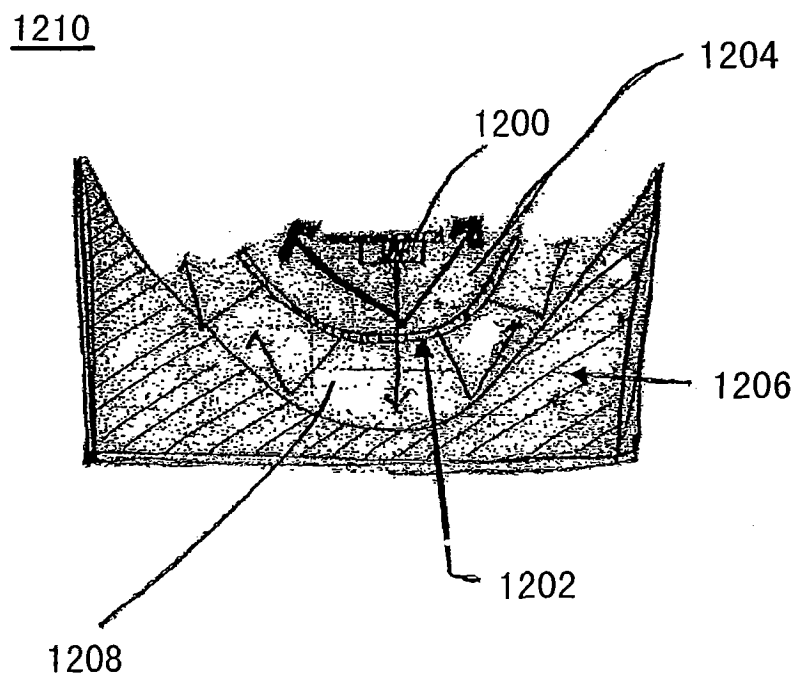


图 12

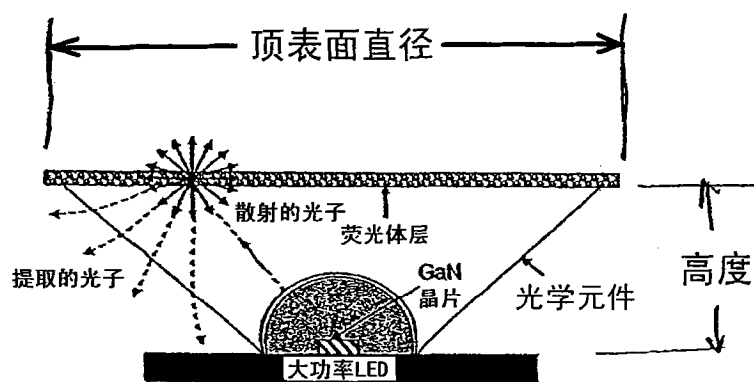


图 13