



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103283048 B

(45)授权公告日 2017.04.12

(21)申请号 201180063697.1

(22)申请日 2011.12.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103283048 A

(43)申请公布日 2013.09.04

(30)优先权数据

61/428,034 2010.12.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.06.28

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/065775 2011.12.19

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/091971 EN 2012.07.05

(73)专利权人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 A·J·乌德柯克

R·帕拉尼斯瓦米 A·杰瑟多斯

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄧迅 郑振

(51)Int.Cl.

H01L 33/60(2006.01)

H01L 33/50(2006.01)

审查员 林少华

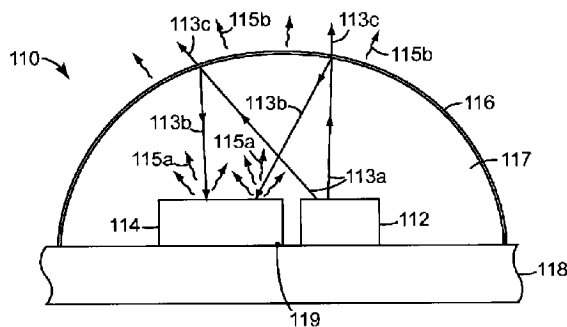
权利要求书2页 说明书16页 附图13页

(54)发明名称

远程荧光粉LED的构造

(57)摘要

本发明公开了一种白色光源,所述白色光源包括短波长LED和发射较长可见光波长的光的荧光粉层。二向色反射器透射所述较长波长的光,并且将一些LED光反射到所述荧光粉上,使得光在从所述LED传播到所述二向色反射器时不穿过所述荧光粉。所述LED可发射蓝光,并且所述二向色反射器可透射所述LED光的第二部分,使得所述光源输出光包括所述LED光的第二部分和所述较长波长的荧光。所述LED可被装在具有凹腔区域和相邻区域的柔性基底上,而所述LED被装在所述凹腔区域中。介质层在所述凹腔区域中比在所述相邻区域中更薄,或者孔可以完全延伸穿过所述凹腔区域中的所述介质层。



1. 一种光源,包括:

第一蓝光LED;

荧光粉材料层,所述荧光粉材料层适于响应来自所述第一LED发射的所述蓝光的激发而发射较长可见光波长的光;

二向色反射器,所述二向色反射器被构造成可将由所述第一LED发射的光的第一部分反射到所述荧光粉材料层上,使得光在从所述第一LED传播到所述二向色反射器时不穿过所述荧光粉材料层,所述二向色反射器基本上透射所述较长可见光波长的光;

其中所述二向色反射器被构造成可透射由所述第一LED发射的所述光的第二部分,使得所述光源发射宽带光,所述宽带光包括由所述第一LED发射的所述光的第二部分和由所述荧光粉材料发射的较长波长的光的组合。

2. 根据权利要求1所述的光源,其中所述第一LED和所述荧光粉材料层基本上共面。

3. 根据权利要求1所述的光源,还包括其上设置至少所述第一LED的基底,其中所述荧光粉材料层也设置在所述基底上。

4. 根据权利要求3所述的光源,还包括设置在所述基底上的第二蓝光LED。

5. 根据权利要求3所述的光源,其中所述基底为柔性的并且包括具有凹腔区域和邻近所述凹腔区域的相邻区域的介质层,所述第一LED设置在所述凹腔区域中。

6. 根据权利要求5所述的光源,其中所述凹腔区域通过完全延伸穿过所述介质层的孔来表征。

7. 根据权利要求5所述的光源,所述基底还包括设置在所述介质层上的导电材料,所述LED设置在所述导电材料上,其中所述导电层设置在所述介质层的第一侧面上,所述基底还包括设置在相对于所述第一侧面的所述介质层的第二侧面上的导热层。

8. 一种光源,包括:

柔性基底;

适于发射LED光的第一LED,所述第一LED设置在所述柔性基底上;

荧光粉材料层,所述荧光粉材料层适于响应来自所述第一LED光的激发而发射较长波长的光;

二向色反射器,所述二向色反射器被构造成可将由所述第一LED发射的所述光的至少第一部分反射到所述荧光粉材料层上,使得光在从所述第一LED传播到所述二向色反射器时不穿过所述荧光粉材料层,所述二向色反射器基本上透射所述较长波长的光;

其中所述柔性基底包括具有凹腔区域和邻近的相邻区域的介质层,所述第一LED设置在所述凹腔区域中;并且

其中所述光源发射宽带光,所述宽带光包括由所述荧光粉材料发射的较长波长的光。

9. 根据权利要求8所述的光源,其中所述第一LED发射蓝光,其中所述二向色反射器被构造成可透射由所述第一LED发射的光的第二部分,并且其中由所述光源发射的所述宽带光包括白光并且包括由所述LED发射的所述光的第二部分和由所述荧光粉材料发射的较长波长的光的组合。

10. 根据权利要求8所述的光源,其中所述第一LED发射紫外光,其中所述二向色反射器被构造成可透射由所述第一LED发射的所述光中的极少量或零量,并且由所述光源发射的所述宽带光包括白光并且包括由所述荧光粉材料发射的所述较长波长的光和由所述第一

LED发射的所述光中的极少量或零量。

远程荧光粉LED的构造

技术领域

[0001] 本发明一般地涉及光源,就具体应用而言涉及包括发光二极管(LED)和荧光粉的固态光源。本发明还涉及相关的制品、系统和方法。

背景技术

[0002] 发射宽带光的固态光源已经公知。在一些情况下,此类光源是通过将发射黄光的荧光粉层施加到蓝光LED上来制备的。当来自蓝光LED的光穿过荧光粉层时,蓝光中的一些被吸收,并且所吸收能量中的相当大一部分被荧光粉再发射为可见光谱中的较长波长的斯托克斯频移光,通常为黄光。荧光粉厚度足够薄,使得蓝色LED光中的一些完全穿过荧光粉层,并且与来自荧光粉的黄光组合,从而得到显现白色的宽带输出光。

[0003] 了其他的LED泵浦型荧光粉光源。在美国专利7,091,653中,描述了其中将LED的紫外(UV)光通过长通反射器反射到荧光粉层上的光源。荧光粉层发射被长通反射器基本上透射的可见光(优选地为白光)。LED、荧光粉层、和长通滤波器被布置为使得紫外光在从LED传播到长通反射器时不穿过荧光粉层。

发明内容

[0004] 我们已经开发出新系列的宽带固态光源。这些光源采用由来自一个或多个LED的光来泵浦或激发的荧光粉层或材料。所述光源也包括将LED光中的至少一些反射到荧光粉层上的二向色反射器。当光从LED传播到二向色反射器时,其并不穿过荧光粉层。

[0005] 在一些情况下,LED发射蓝光,并且二向色反射器将蓝色LED光的第一部分反射到荧光粉层上,所述二向色反射器还透射蓝色LED光的第二部分。透射的蓝色LED光与由荧光粉发射的较长波长的光(其也被二向色反射器透射)相组合,从而得到例如显现白色的宽带输出光束。我们已经发现,通过此类光源发射的光可显现惊人程度的空间色均匀性。

[0006] 在一些情况下,LED和/或荧光粉设置在具有凹腔区域和相邻区域的柔性基底上,其中所述LED和/或荧光粉安装在或附着在凹腔区域中的基底上。柔性基底优选地包括介质层,所述介质层在凹腔区域中比在相邻区域中薄。在一些情况下,孔可以完全延伸穿过凹腔区域中的介质层,并且柔性基底的一个或多个其它组成部分(例如导电层和/或导热层)可为凹腔区域中的LED和/或荧光粉提供物理支承。我们已经发现,无论孔是否完全延伸穿过凹腔区域中的介质层,此类光源均可提供示例性的热、机械、和光学特性。

[0007] 因此本专利申请特别公开了下述光源,所述光源包括第一蓝光LED、荧光粉材料层、和二向色反射器。荧光粉材料可适于响应来自第一LED发射的蓝光的激发而发射波长比LED发射光长的可见光。二向色反射器可被构造成可将由第一LED发射的光的第一部分反射到荧光粉材料层上,以使得光在从第一LED传播到二向色反射器时不穿过荧光粉材料层,所述二向色反射器还基本上透射由荧光粉发射的较长可见光波长的光。二向色反射器可被构造成可透射由第一LED发射的蓝光的第二部分,以使得光源发射宽带光(例如白光),所述宽带光包括由第一LED发射的光的第二部分和由荧光粉材料发射的较长波长的光的组合。

[0008] 在一些情况下,第一LED和荧光粉材料层可基本上共面。在一些情况下,所述光源还可包括其上设有至少第一LED的基底。在一些情况下,荧光粉材料层也可设置在基底上。在一些情况下,所述光源也可包括设置在基底上的第二蓝光LED。在一些情况下,基底可为柔性的并且可包括具有凹腔区域和邻近凹腔区域的相邻区域的介质层,其中第一LED和/或荧光粉设置在凹腔区域中。在一些情况下,所述凹腔区域可以由介质层中的凹陷来表征,其中介质层在相邻区域中具有第一厚度并且在凹腔区域中具有第二厚度,所述第二厚度大于零但小于所述第一厚度。在一些情况下,第一厚度可为至少20微米,并且第二厚度可不超过10微米。在一些情况下,所述凹腔区域可以由完全延伸穿过介质层的孔来表征。在一些情况下,基底还可包括设置在介质层上的导电材料,其中LED设置在导电材料上。在一些情况下,导电层可设置在介质层的第一侧面上,并且基底还可包括设置在背对第一侧面的介质层的第二侧面上的导热层。

[0009] 我们还公开了包括柔性基底、第一LED、荧光粉材料层、和二向色反射器的光源。第一LED适于发射LED光,并且可设置在柔性基底上。荧光粉材料适于响应来自第一LED光的激发而发射较长波长的光。二向色反射器可被构造成可将由第一LED发射的光的第一部分反射到荧光粉材料层上,以使得光在从第一LED传播到二向色反射器时不穿过荧光粉材料层。二向色反射器还可基本上透射由荧光粉发射的较长波长的光。柔性基底可包括具有凹腔区域和邻近的相邻区域的介质层,并且第一LED和/或荧光粉材料可设置在凹腔区域中。光源可发射宽带光,所述宽带光包括由荧光粉材料发射的较长波长的光。

[0010] 在一些情况下,第一LED可发射蓝光。在一些情况下,二向色反射器可被构造成可透射由第一LED发射的光的第二部分,并且由光源发射的宽带光可包括白光并可包括由LED发射的光的第二部分和由荧光粉材料发射的较长波长的光的组合。

[0011] 在一些情况下,第一LED可发射紫外光。在一些情况下,二向色反射器可被构造成可透射极少或不透射由第一LED发射的光,并且由光源发射的宽带光可包括白光并可包括由荧光粉材料发射的较长波长的光以及极少或没有由第一LED发射的光。

[0012] 在一些情况下,所述凹腔区域可以由介质层中的凹陷来表征,其中介质层在相邻区域中具有第一厚度并且在凹腔区域中具有第二厚度,所述第二厚度大于零但小于所述第一厚度。在一些情况下,第一厚度可为至少20微米,并且第二厚度可不超过10微米。在一些情况下,所述凹腔区域可以由完全延伸穿过介质层的孔来表征。在一些情况下,基底还可包括设置在介质层上的导电材料,并且第一LED可设置在导电材料上。在一些情况下,导电层可设置在介质层的第一侧面上,并且导热层可设置在背对第一侧面的介质层的第二侧面上。在一些情况下,荧光粉材料层还可设置在柔性基底上。在一些情况下,所述光源还可包括设置在柔性基底上的第二LED。

[0013] 本发明还讨论了相关方法、系统和制品。

[0014] 本专利申请的这些和其他方面从以下具体实施方式中将显而易见。然而,在任何情况下都不应将上述发明内容理解为是对要求保护的主题的限制,该主题仅由所附权利要求书限定,并且在审查期间可以进行修改。

附图说明

[0015] 图1为一种宽带光源的示意性侧视图或剖面图;

- [0016] 图2为一种宽带光源的示意性透视图；
- [0017] 图3a为示例性蓝光LED和示例性荧光粉的光谱强度分布的理想曲线图；
- [0018] 图3b为示例性二向色反射器的光谱反射率或透射率的理想曲线图；
- [0019] 图3c为示出来自蓝光LED的一些光可如何与由荧光粉发射的较长波长的光组合而形成宽带白色输出光的示意图；
- [0020] 图4为一种宽带光源的示意性平面图；
- [0021] 图4a为具有类似于图4的设计的光源的作为横向位置的函数的模拟/计算辐照度的曲线图,所述辐照度在光源上方或前方的平面内测得；
- [0022] 图4b为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图4a的辐照度分布的CIE x颜色坐标的曲线图；
- [0023] 图4c为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图4a的辐照度分布的CIE y颜色坐标的曲线图；
- [0024] 图5为包括两个LED的宽带光源的示意性平面图；
- [0025] 图5a为具有类似于图5的设计的光源的作为横向位置的函数的模拟/计算辐照度的曲线图,所述辐照度在光源上方或前方的平面内测得；
- [0026] 图5b为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图5a的辐照度分布的CIE x颜色坐标的曲线图；
- [0027] 图5c为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图5a的辐照度分布的CIE y颜色坐标的曲线图；
- [0028] 图6为包括三个LED的宽带光源的示意性平面图；
- [0029] 图6a为具有类似于图6的设计的光源的作为横向位置的函数的模拟/计算辐照度的曲线图,所述辐照度在光源上方或前方的平面内测得；
- [0030] 图6b为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图6a的辐照度分布的CIE x颜色坐标的曲线图；
- [0031] 图6c为测得的作为沿两个正交轴线的位置的函数的图6a的辐照度分布的CIE y颜色坐标的曲线图；
- [0032] 图7为一种宽带光源的示意性侧视图或剖面图,其中示出了示例性柔性基底的构造的细节；
- [0033] 图8为包括示例性柔性基底的另一种宽带光源的示意性侧视图或剖面图；
- [0034] 图9a为示例性紫外光LED和示例性荧光粉的光谱强度分布的理想曲线图；
- [0035] 图9b为示例性二向色反射器的光谱反射率或透射率的理想曲线图；
- [0036] 图9c为示意图,其示出了在极少或者没有来自LED的光的情况下由荧光粉发射多长波长的光才能提供用于光源的宽带白色输出光；
- [0037] 图10为热模拟的宽带光源的示意性侧视图或剖面图；
- [0038] 图11a为具有两个LED的模拟宽带光源的计算强度相对于位置的曲线图,其中所述两个LED在基底上的位置已被优化；并且
- [0039] 图11b为图11a的凡例图,其中示出了灰度水平如何与辐照度相对应。
- [0040] 在这些附图中,类似参考标号指代类似元件。

具体实施方式

[0041] 如上所述,本专利申请描述了一些宽带固态光源,所述宽带固态光源利用由来自一个或多个LED的光来泵浦或激发的荧光粉层或材料。所述光源还包括将LED光中的至少一些反射到荧光粉层上的二向色反射器。当光从LED传播到二向色反射器时,其并不穿过荧光粉层。在一些情况下,LED发射蓝光,二向色反射器将蓝色LED光的第一部分反射到荧光粉层上,并且二向色反射器还透射蓝色LED光的第二部分。透射的蓝色LED光与由荧光粉发射的较长波长的光(其也被二向色反射器透射)相组合,从而得到例如显现白色的宽带输出光束。在一些情况下,LED和/或荧光粉设置在具有凹腔区域和相邻区域的柔性基底上,所述LED和/或荧光粉安装在或附着在凹腔区域中的基底上。柔性基底包括介质层,所述介质层在凹腔区域中比在相邻区域中薄。

[0042] 在这方面,“发光二极管”或“LED”是指发光的二极管,不管发出的是可见光、紫外光还是红外光。发光二极管包括作为“LED”(不论是常规的还是超辐射的类型)销售的非相干的封闭或封装的半导体器件。“LED裸片”为LED最基本的形态,即经半导体加工方法制成的单个元件或芯片。例如,LED裸片可由一种或多种III族元素的组合和一种或多种V族元素的组合形成(III-V半导体)。合适的III-V半导体材料的实例包括氮化物(例如氮化镓)和磷化物(例如磷化镓)。还可使用其它类型的III-V族材料以及元素周期表中其它族的无机材料。元件或芯片可包括适用于施加电力以使装置通电的电触点。实例包括引线结合、卷带式自动接合(TAB)或倒装焊接。元件或芯片的各个层和其他功能元件通常以晶片级形成,然后将加工好的晶片切成单个元件,以生产大量的LED裸片。LED裸片可经配置以进行表面安装、芯片直接贴装或其他已知的安装配置。一些封装的LED通过在LED裸片和相关反射杯之上形成聚合物密封剂而制成。就本专利申请而言,“LED”还应理解为包括通常称为OLED的有机发光二极管。

[0043] 采用蓝光LED的宽带固态光源的所有本发明所公开的实施例可以使用或不使用示例性柔性基底,并且采用示例性基底的所有本发明所公开的实施例可以使用或不使用蓝光LED。我们先来讨论一些包括一个或多个蓝光LED的实施例。

[0044] 在图1中,示出了宽带光源110的示例性侧视图或剖面图。光源110包括附装于基底118的蓝光LED 112和荧光粉层114。LED 112从其暴露的外表面沿所有方向发射蓝光113a,图中标出两条这种光线。

[0045] 来自LED 112的蓝光113a照射到二向色反射器116上。二向色反射器(有时也称为二向色镜)是被设计为对于一些光波长具有高反射率(和低透射率)并且对于其他光波长具有低反射率(和高透射率)的反射器。至少对于可见光和近红外波长而言,此类反射器的吸收通常可忽略,以致未被反射的任何光基本上被透射,反之亦然。此类反射器包括光学薄的微层的叠堆(通常呈具有大折射率失配的材料交替排列,例如二氧化硅和二氧化钛的交替层),但也可使用其他合适的无机或有机材料。此类反射器可通过将交替的层真空沉积到玻璃或其他合适的基底上来制备。作为另外一种选择,可通过连续工艺来制备合适的反射膜,所述连续工艺可涉及共挤出交替的聚合物材料以及拉伸所得多层聚合物幅材,例如,如美国专利5,882,774和6,783,349中所述。无论用于二向色反射器的材料和所用的制备方法如何,反射器均具有用于微层叠堆的层厚分布,所述微层叠堆被定制成可提供随波长而变

化的所需反射特性,如文中别处所述。在这方面,参见美国专利6,967,778。厚度可被定制成可提供用作(例如)长通滤波器或陷波滤波器的二向色反射器。在一些情况下,二向色反射器可为或可包括多层反射镜膜、反射型偏振器、和/或部分偏振型反射器(例如在给定波长下,反射光的一种偏振的全部并且部分地反射正交偏振的反射镜)。

[0046] 二向色反射器116被定制成可反射蓝色LED光的第一部分,并且透射蓝色LED光的基本上互补的第二部分。反射器116还被成形为或者以其他方式构造成可将反射的蓝光113b导向荧光粉层114。例如,如图所示,二向色反射器可具有开口朝向LED和荧光粉或者包围LED和荧光粉的凸面形状。凸面形状可为单个半球体或球体的其他部分,或者其可为抛物线形、椭圆形、或任何其他规则的或不规则的非球体形状,或者其可为分段半球体或非球体(例如,由被设置成逼近所需平滑形状的多个小平面或大平面制成)。在一些情况下,二向色反射器可为独立式的,而在其它情况下其可(例如)作为薄膜施加于另一个元件的内表面、外表面、或嵌入表面上。例如,就光源110而言,内部空间117可包括包封LED和荧光粉的合适透光性玻璃或聚合物材料,并且二向色反射器可施加于此类封壳的外表面上。封壳可不仅为光源设计提供结构完整性和稳固性,而且其也可降低通过LED裸片内的全内反射截获的光量,从而改善光源的效率。作为另外一种选择,内部空间117可为未填充的,例如其可以仅包括空气或真空。

[0047] 在示例性实施例中,二向色反射器可被定制成可反射来自LED的蓝光的50至95%范围内的量并且透射这种光的其余部分。示例性的二向色反射器也可透射由荧光粉发射的较长波长可见光的大部分,例如,优选地超过这种光的75%、80%、85%、或90%。

[0048] 二向色反射器116的形状或其它构型优选地被定制成可将来自蓝光LED的反射光113b导向荧光粉层114。优选地,所述反射器将反射光导向成在荧光粉层的至少一部分上形成LED或其一部分的大致的像。在这方面,“像”不必为摄影意义上的高品质像,而可以仅为增强亮度的区域,所述区域的形状至少接近LED或其任何发光部分的形状。在一个简单实施例中,反射器116可具有半球体或球体的其它部分的形状,所述半球体或球体的曲率中心示为图1中的点119。球形反射表面具有等于其曲率半径的一半的(近轴)焦距,并且包括曲率中心的平面内的任意物点被球形表面成像到位于同一平面内的像点,并且连接物点与像点的线段被曲率中心二等分。在图1的实施例中,LED 112示为偏置于曲率中心119的右侧,并且荧光粉层114示为偏置于左侧。尽管LED 112的上发射表面可并非精确地位于包括点119的水平面内(应当指出的是,在附图的示意图中夸大地示出了LED 112的高度),但在许多情况下其将为足够靠近的,使得在点119的对侧形成与LED发射表面具有类似尺寸和形状的大致的像。在此处设置荧光粉层114,以便有效地截获被反射LED光。应当指出的是,尽管荧光粉层可被图案化为与LED具有相同或类似的尺寸和形状,但通常不必如此,并且在许多情况下,有利的是将荧光粉层制备成大于LED或者超过LED或其像的尺寸,以使得尽可能多的反射LED光为荧光粉层所截获。例如,甚至在图1的示意图中,可以看出荧光粉层114比LED 112具有更大的横向尺寸(面内)。

[0049] 将LED保持为靠近曲率中心119并且靠近光源的光学轴线(本例中,其为垂直于基底118并且穿过点119的轴线)具有多个优点。通过将LED及其像保持为靠近光学轴线,输出光可得到较好地准直,并且可具有较低的光学扩展量。如果使用多个LED,则通常可通过将每个LED设置为尽可能地靠近光学轴线,且不阻挡其它LED的像来获得较低的光学扩展量。

热管理也可以在确定多个LED的最佳布置中起作用,因为窄间距的LED可导致较高的工作温度,这样可不利地影响LED的输出功率。

[0050] 除了设置在曲率中心119的相对侧之外,LED和荧光粉层还通常有利地被设置成大致为共面。在这方面,“共面”不需要LED的给定表面精确地位于与荧光粉层的表面相同的几何平面内,反之亦然,但也可理解为包括如下情况,其中元件充分地靠近同一平面,以使得荧光粉层拦截来自LED的反射光的全部或至少相当大一部分。

[0051] 光源110和本文所公开的其它光源的显著设计特征在于当光从LED传播到二向色反射器时,其并不穿过荧光粉层114。此设计特征不同于多种LED泵浦型荧光粉光源的设计,在那些光源中来自LED的光先穿过荧光粉层再照射到LED光的任何反射器上。本发明所公开的设计的显著有益效果在于反射LED光最初照射的荧光粉层的侧面或表面也为面向光源的输出侧的荧光粉层的侧面或表面。换句话说,参照图1,来自LED的反射光最初照射到荧光粉层114的上表面,该上表面朝上或朝外地面向光源110的输出侧。被反射LED光一定程度地穿透到荧光粉层114内(这取决于该层内的吸收量和散射量),但在任何情况下,这种光的强度随着上表面以下深度的增加而降低。因此,在荧光粉层114的体积内产生的荧光的强度在上表面处最大,并且随表面下的深度的增加而降低。这种布置方式能够降低LED光和荧光的吸收和散射,提高光源的总体效率。

[0052] 在一些情况下,荧光粉层114的物理厚度和荧光粉层114在特定波长的LED光下的吸收系数可被定制为使得照射到荧光粉层上的LED光中的基本上全部均被吸收或者说是被散射,这样基本上没有光到达荧光粉层的后表面即背表面,该表面有可能接触基底118。

[0053] 在其它情况下,可减少荧光粉层的物理厚度、和/或其在特定LED波长下的吸收系数,以使得照射LED光的相当大一部分可到达荧光粉层的后表面或背表面。在后述的一些情况中,可在荧光粉层的后表面处设置反射层,使剩余的LED光能够再次穿过荧光粉层的厚度,以产生更多的荧光。从热管理的观点来看,采用厚度减小的荧光粉层的实施例通常为有利的,因为荧光粉层的厚度减小可用于改善荧光粉层上部与下面散热器的通常不良的热耦合。荧光粉层通常具有显著低于LED的导热率,并且可有助于从荧光粉层吸走热量的任何设计技术能够有利地帮助降低荧光粉的工作温度。

[0054] 如文中别处所述,荧光粉材料通过吸收LED光并且以较低的能量(较长波长)辐射将所吸收能量发射而发射通常短于LED的波长的光。光转换过程涉及与转换至较低能量的斯托克斯频移相关的损耗以及非辐射损耗,所有这些损耗通常本身表现为产生于荧光粉层中的热量。示例性的荧光粉材料吸收蓝光(例如约430至470nm波长范围内的光),并且提供可见光谱的低能量部分中(例如500至700nm的范围内)的荧光发射。示例性的荧光粉材料为铈掺杂钇铝石榴石(Ce:YAG)。其它合适的荧光粉材料包括其它已知类型的掺杂YAG、原硅酸酯、氮化物、或硫化物材料。在一些情况下,荧光粉层或材料可包括一种或多种荧光粉颗粒在合适的粘结剂材料中的混合物。

[0055] 由荧光粉层发射的较长可见光波长的光在图1中标记为115a。二向色反射器116被定制成可显著透射这些较长波长的光。因此,荧光115a有效地透射为荧光115b,此光还有可能在反射器116处折射,这取决于填充内部空间117的材料(例如果有的话)和反射器116的外侧或相对侧上的材料(例如果有的话)。在示例性实施例中,内部空间117可由透明的玻璃或聚合物密封剂填充,并且反射镜116的相对侧的空间可为空气或真空,以使得由封壳产生

的折射对于来自LED和荧光粉层的光提供某种程度的准直,前提条件是这些元件被较为靠近曲率中心119或光源的光学轴线地设置。除了透射荧光115a之外,二向色反射器116还被定制成可透射LED光113a的一部分,这种透射的LED光在附图中标记为113c。透射光113c和透射光115b在空间上组合而形成光源110的宽带输出光。

[0056] 可使用任何合适的基底来作为承载LED 112和荧光粉层114的基底118。基底可包括向LED传送电能的导电层或迹线。基底还优选地具有相对较高的导热性和相对较低的热阻,以有效地从LED和/或荧光粉层带走热量,由此来保持其较低的工作温度。为促成这种较低的工作温度,基底可包括或可热耦合到合适的散热器,如较厚的铜层、铝层、或其它合适的金属层、或者其它导热材料层。在一些情况下,基底可为或可包括高反射表面(例如金属反射镜、具有增强反射性的介电涂层的金属反射镜)、或漫反射表面(例如有微孔隙的聚酯或二氧化钛填充聚合物)、或者多层光学膜(例如,3M™ Vikuiti™增强型镜面反射器(ESR)膜)。基底也可为或可包括文中别处讨论的基底中的任何一个。

[0057] 图2示出了另一个宽带光源210的示意性透视图。光源210包括设置在基底218上的两个蓝光LED 212a、212b,所述基底上还有在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光的荧光粉层214。LED 212a、212b优选地发射相同颜色的蓝光,即它们具有相同或类似的发射光谱。LED还可具有相同的尺寸和形状,但这并非必需的,并且还可想到具有不同尺寸和形状的LED、以及具有稍许不同的蓝光发射光谱的LED。

[0058] 光源210还包括具有二向色反射器216,所述二向色反射器216具有开口朝向并且包围LED和超大荧光粉层214的盘形部分的凸面形状。盘形部分的中心标记为点219,该点也相当于反射器216的曲率中心。LED 212a、212b被设置成较为靠近点219,但沿着正交面内轴线布置,以使得两个LED中的任何一个均不阻挡由凸面二向色反射器形成的另一个LED的像。

[0059] 光源210和光源110之间的一个区别在于荧光粉的横向尺寸相对于LED和二向色反射器的基底的横向尺寸的比率。在光源110中,荧光粉层具有类似于LED并且显著小于二向色反射器基底的横向尺寸。在光源210中,荧光粉层具有远大于LED并且与二向色反射器基底相同的横向尺寸。事实上,光源210的荧光粉层214完全地填充二向色反射器216的外周边或基部。此方法的一个优点在于无需相对于LED或相对于二向色反射器来对准荧光粉层。缺点在于一些荧光粉材料被不必要地使用,因为整个荧光粉层214的仅一小部分将被来自LED的反射光激发,荧光粉层的此小部分也就是对光源的输出光有贡献的部分。光源110相对于光源210的方法的对应优点在于更有效地设置荧光粉材料。

[0060] 结合图1并且在本文别处讨论的LED、荧光粉、二向色反射器、基底、和其它光源元件的设计细节应理解为同样适用于光源210的对应元件。

[0061] 图3a为示例性蓝光LED和示例性荧光粉的光谱强度分布的理想曲线图。具体地讲,曲线310示意性地表示蓝光LED的近似光谱分布。曲线312示意性地表示示例性荧光粉材料在暴露于来自蓝光LED的光时所发射的光的近似光谱分布。读者应当理解,这些曲线用来辅助理解本发明,并无意进行限制。读者还应当理解,曲线310的光与曲线312的光的组合可达成显现出基本上白色或其它所需色彩的宽带输出光。通过改变蓝色LED光和较长波长荧光的相对比率,可以形成色温可被调至所需值的白色输出光。3000至7000开氏度范围内的色温为本发明的范围所涵盖。

[0062] 图3b为与蓝光LED和黄光或其它宽带可见光发射荧光粉结合使用的示例性二向色反射器的光谱反射率或透射率的理想曲线图。同样地,读者应当理解,这些曲线用来辅助理解本发明,并无意进行限制。曲线320示意性地表示二向色反射器对于垂直入射光的反射百分比,并且曲线322表示相应的透射百分比。这些曲线因大多数二向色反射器的低损耗特性而基本上互补。不以垂直入射角度照射二向色反射器的光可能有类似于或显著不同于曲线320、322的透射和反射特性,其中类似或差异的程度取决于入射角并且还取决于光的偏振态。通常,以适度的非垂直角入射的光具有相对于垂直入射曲线320、322而言仅偏向左侧(朝向较短波长)的反射和透射特性。在大多数情况下,来自LED或荧光粉层的光在入射角的某个分布或范围内照射到二向色反射器的给定部分上,并且所述范围或分布随所考虑的二向色反射器的部分而变化。

[0063] 部分地因为与二向色反射器相关的这些可能复杂的几何因素,通常有利的是,将LED设置成使它们较为靠近光源的光学轴线和二向色反射器的曲率中心。这种布置方式可有助于将来自LED的光和来自荧光粉的光的入射角在二向色反射器的区域上保持为适度地接近于垂直入射。

[0064] 读者应当注意,曲线322对于蓝光(例如430至470nm附近)具有较小但非零值的透射率。以这种方式定制二向色反射器可确保蓝色LED光中的一些会被二向色反射器透射并且与来自荧光粉的较长波长光相混合,从而得到宽带输出光。可对二向色反射器进行合适的调节,以改变输出光束中蓝色LED光相对较长波长荧光的比率,所述合适的调节可涉及增加或降低蓝色光谱区域中和/或500至700nm的较长波长区域中的反射率或透射率的渐近程度、和/或将曲线320、322偏移至较短或较长的波长。此类改变可便于对白色输出光的色温进行调节,如上文所述。

[0065] 图3c为示出其中来自蓝光LED 332的一些光与由荧光粉334发射的较长波长光组合而形成宽带白色输出光的光源330的示意图。来自荧光粉的长波长光可取决于所用的荧光粉材料而具有黄色外观或其它颜色。二向色反射器336(同样仅示意性地示出)允许来自LED 332的一些蓝光被透射,并且将剩余的蓝色LED光反射到荧光粉334上。反射的蓝色LED光激发荧光粉,并且使其发射经斯托克斯频移的较长波长光,所述较长波长光被二向色反射器336高度透射。来自LED的蓝光与来自荧光粉的较长波长光组合或混合而形成宽带输出光,如白光。

[0066] 图4为在多个方面类似于图1和2的光源的宽带光源410的示意性平面图。光源410具有设置在基底418上的仅一个蓝光LED 412,所述基底上还有超大的荧光粉层414,所述荧光粉层414在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光。

[0067] 光源410还包括二向色反射器416。在图4的平面图中,仅看到二向色反射器的下部基底的形状或圆周,但读者应当理解,该反射器具有类似于图1和2的二向色反射器的凸面形状。反射器416开口朝向并且包围LED和荧光粉层414的盘形部分。盘形部分的中心标记为点419,该点也相当于凸面反射器416的曲率中心。LED 412被设置成较为靠近点419。凸面反射器416在成像区域412'中产生LED 412的像。

[0068] 利用LightToolsTM光学设计软件来对光源410的实施例作了模拟。一些相关的设计参数包括:

[0069] ● 荧光粉层被假定由浸入硅树脂粘结剂(折射率为1.41)的Ce:YAG颗粒(折射率为

1.8) 构成,该层具有0.1mm的物理厚度;

[0070] ●LED被假定是具有 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的面内尺寸的方形、具有10微米的厚度和460nm的输出波长。LED还被假定在其后表面(邻近荧光粉层)上具有薄反射涂层,该反射涂层具有50%的反射率和50%的吸收率;

[0071] ●二向色反射器被假定设置在由BK7玻璃制成的平凸透镜的半球形凸面表面上,该透镜具有5mm的直径和2.5mm的曲率半径。二向色反射器被假定对于460nm的LED波长的垂直入射光具有90%的反射率和10%的透射率。二向色反射器被假定对于波长为490nm或更长的垂直入射光具有约100%的透射率;

[0072] ●平凸透镜被摆放成使其平坦面设置在LED的顶部表面处,并且透镜的平坦面与荧光粉层的顶部之间的空间由折射率为1.41的硅树脂材料填充,该硅树脂材料因而还包封LED。

[0073] 用LightTools软件对由光源410的此实施例提供的输出光作了模拟。尤其受关注的是在观察平面内看到的输出光的物理分布,所述观察平面设置在LED平面的上方5mm处,即平凸透镜和二向色反射器416的顶点上方约2.5mm处。图4a给出了此观察平面内的输出光的总辐照度或亮度随平面内的位置而变化的图示。图4b和4c示出了观察平面内的输出光沿两条正交的面内轴线的CIE色度坐标,其中曲线430和432示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“x”坐标,并且曲线440和442示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“y”坐标。(读者不应将这些CIE“x”和“y”色度坐标与图4a中的空间x和y坐标(其是在观察平面内以毫米为单位给出的相对于光学轴线的位移)相混淆。)曲线430和440对应于沿一条面内轴线的测量结果,并且曲线432和442对应于沿观察平面内的正交面内轴线的测量结果。

[0074] 图4a表明光源410能够发射高亮度、低光学扩展量的输出光束。图4b和4c中的曲线的比较显示,在输出光束的区域上,输出光束具出乎意料地均一的颜色分布,尽管在凸面二向色反射器下方的不同位置或部位处产生的颜色有显著不同。例如,在LED和荧光粉的平面内,LED 412发射蓝光,而荧光粉层中位于成像区域412'的部分则发射基本上黄色的光。

[0075] 图5为类似于图4的光源410的宽带光源510的示意性平面图,不同的是光源510具有两个蓝光LED 512a、512b。LED 512a、512b设置在基底518上,所述基底上还有在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光的超大荧光粉层514。

[0076] 光源510还包括二向色反射器516。在图5的平面图中,仅看到二向色反射器的下部基底的形状或圆周,但读者应当理解,该反射器具有类似于图1和2的二向色反射器的凸面形状。反射器516开口朝向并且包围LED和荧光粉层514的盘形部分。盘形部分的中心标记为点519,该点也相当于凸面反射器516的曲率中心。LED 512a、512b沿着正交的面内轴线设在较接近点519处。凸面反射器516在成像区域512a'中产生LED 512a的像,并且在成像区域512b'中产生LED 512b的像。

[0077] 利用LightToolsTM光学设计软件以类似于根据光源410对光源模拟的方式对光源510的实施例作了模拟。光源510的模拟实施例的一些相关设计参数包括:

[0078] ●荧光粉层被假定由浸入硅树脂粘结剂(折射率为1.41)的Ce:YAG颗粒(折射率为1.8)构成,该层具有0.1mm的物理厚度;

[0079] ●LED被假定各自为具有 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的面内尺寸的方形、具有10微米的厚度和460nm的输出波长。每个LED还被假定在其后表面(邻近荧光粉层)上具有反射涂层,该反射涂层具

有50%的反射率和50%的吸收率；

[0080] ●二向色反射器被假定设置在由BK7玻璃制成的平凸透镜的半球形凸面表面上，该透镜具有5mm的直径和2.5mm的曲率半径。二向色反射器被假定对于460nm的LED波长的垂直入射光具有90%的反射率和10%的透射率。二向色反射器被假定对于波长为490nm或更长的垂直入射光具有约100%的透射率；

[0081] ●平凸透镜被摆放成使其平坦面设置在LED的顶部表面处，并且透镜的平坦面与荧光粉层的顶部之间的空间由折射率为1.41的硅树脂材料填充，该硅树脂材料因而还包封LED。

[0082] 用LightTools软件对由光源510的此实施例提供的输出光作了模拟。尤其受关注的是在观察平面内看到的输出光的物理分布，所述观察平面设置在LED平面的上方5mm处，即平凸透镜和二向色反射器516的顶点上方约2.5mm处。图5a给出了此观察平面内的输出光的总辐照度或亮度随平面内的位置而变化的图示。图5b和5c示出了观察平面内的输出光沿两条正交的面内轴线的CIE色度坐标，其中曲线530和532示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“x”坐标，并且曲线540和542示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“y”坐标。（读者不应将这些CIE“x”和“y”色度坐标与图5a中的空间x和y坐标（其是在观察平面内以毫米为单位给出的相对于光学轴线的位移）相混淆。）曲线530和540对应于沿一条面内轴线的测量结果，并且曲线532和542对应于沿观察平面内的正交面内轴线的测量结果。

[0083] 图5a表明光源510能够发射高亮度、低光学扩展量的输出光束。图5b和5c中的曲线的比较显示，在输出光束的区域上，输出光束具出乎意料地均一的颜色分布，尽管在凸面二向色反射器下方的不同位置或部位处产生的颜色有显著不同。例如，在LED和荧光粉的平面内，LED 512a、512b发射蓝光，而荧光粉层中位于成像区域512a'、512b' 处的部分发射基本上黄色的光。

[0084] 图6为类似于图4的光源410和图5的光源510的宽带光源610的示意性平面图，不同的是光源610具有三个蓝光LED 612a、612b、612c。LED 612a、612b、612c设置在基底618上，所述基底上还有在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光的超大荧光粉层614。

[0085] 光源610还包括二向色反射器616。在图6的平面图中，仅看到二向色反射器的下部基底的形状或圆周，但读者应当理解，该反射器具有类似于图1和2的二向色反射器的凸面形状。反射器616开口朝向并且包围LED和荧光粉层614的盘形部分。盘形部分的中心标记为点619，该点也相当于凸面反射器616的曲率中心。LED 612a、612b、612c沿着彼此间隔开约120度角度的不同面内轴线设置成上较为靠近点619。凸面反射器616在成像区域612a' 中产生LED 612a的像，在成像区域612b' 中产生LED 612b的像，并且在成像区域612c' 中产生LED 612c的像。

[0086] 利用LightTools™光学设计软件以类似于根据光源410和510对光源模拟的方式对光源610的实施例作了模拟。光源610的模拟实施例的一些相关设计参数包括：

[0087] ●荧光粉层被假定由浸入硅树脂粘结剂（折射率为1.41）的Ce:YAG颗粒（折射率为1.8）构成，该层具有0.1mm的物理厚度；

[0088] ●LED被假定各自为具有1mm×1mm的面内尺寸的方形、具有10微米的厚度和460nm的输出波长。每个LED被假定在其后表面（邻近荧光粉层）上具有反射涂层，该反射涂层具有50%的反射率和50%的吸收率；

[0089] ●二向色反射器被假定设置在由BK7玻璃制成的平凸透镜的半球形凸面表面上,该透镜具有5mm的直径和2.5mm的曲率半径。二向色反射器被假定对于460nm的LED波长的垂直入射光具有90%的反射率和10%的透射率。二向色反射器被假定对于波长为490nm或更长的垂直入射光具有约100%的透射率;

[0090] ●平凸透镜被摆放成使其平坦面设置在LED的顶部表面处,并且透镜的平坦面与荧光粉层的顶部之间的空间由折射率为1.41的硅树脂材料填充,该硅树脂材料因而还包封LED。

[0091] 利用LightTools软件对由光源610的此实施例提供的输出光作了模拟。尤其受关注的是在观察平面内看到的输出光的物理分布,所述观察平面设置在LED平面的上方5mm处,即平凸透镜和二向色反射器616的顶点上方约2.5mm处。图6a给出了此观察平面内的输出光的总辐照度或亮度随平面内的位置而变化的图示。图6b和6c示出了观察平面内的输出光沿两条正交的面内轴线的CIE色度坐标,其中曲线630和632示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“x”坐标,并且曲线640和642示出了随观察平面内的位置而变化的CIE“y”坐标。(读者不应将这些CIE“x”和“y”色度坐标与图5a中的空间x和y坐标(其是在观察平面内以毫米为单位给出的相对于光学轴线的位移)相混淆。)曲线630和640对应于沿一条面内轴线的测量结果,并且曲线632和642对应于沿观察平面内的正交面内轴线的测量结果。

[0092] 图6a表明光源610能够发射高亮度、低光学扩展量的输出光束。图6b和6c中的曲线的比较显示,在输出光束的区域上,输出光束具出乎意料地均一的颜色分布,尽管在凸面二向色反射器下方的不同位置或部位处产生的颜色有显著不同。例如,在LED和荧光粉的平面内,LED 612a、612b、612c发射蓝光,而荧光粉层中位于成像区域612a'、612b'、612c'处的部分发射基本上黄色的光。

[0093] 现在转到图7,可观察到宽带光源710的示例性侧视图或剖面图,其中示出了作为光源元件包括的示例性柔性基底的构造的细节。除了基底及其组成元件之外,光源710的差不多所有其他示出元件均在图1的光源110中具有对应元件。

[0094] 因此,光源710包括设置在基底718上的蓝光LED 712,所述基底上还有在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光的荧光粉层714。LED 712可通过线焊720连接到导电迹线。

[0095] 光源710还包括二向色反射器716,所述二向色反射器716具有开口朝向并且包围LED和荧光粉层714的凸面形状。反射器716的曲率中心标记为点719。LED 712被设置成较为靠近点719,荧光粉层714也被同样设置。正如图1中所示,荧光粉层714的尺寸略大于LED。

[0096] 也类似于图1,由LED 712发射的蓝光713a被二向色反射器716部分地反射而产生反射LED光713b,并且被部分地透射而产生透射LED光713c。反射LED光713b被导向到荧光粉层714上,由此激发荧光粉并且导致荧光粉层发射较长波长的光715a。此较长波长的光被二向色反射器716高度透射而产生荧光715b。透射光713c和透射光715b在空间上组合而得到光源710的宽带输出光,例如白光。内部空间717可包括包封LED和荧光粉的合适透光性玻璃或聚合物材料,并且可将二向色反射器施加于此类封壳的外表面上。作为另外一种选择,内部空间717可为未填充的。

[0097] 光源710和光源110之间的一个区别在于光源的基底部分设置的细节。在光源710中,基底718优选地为薄的,以便提供柔性、对下面散热器(未示出)的较高导热性(和较低热

阻)并且节省空间。虽然基底718总体上是薄的,但其被合乎需要地模制、蚀刻、或以其他方式成形为比邻近或相邻区域721b更薄的凹腔区域721a,其中这些区域示为由斜面过渡区域隔开。在凹腔区域中提供比相邻区域更高导热性的减小厚度合乎需要地与形成基底的部分的介质层718a的减小厚度相联接。在此图中,介质层718a被示为在相邻区域721b中具有厚度T1,并且在凹腔区域721a中具有较小的厚度T2。导电层718b设置在介质层718a的顶部,所述导电层718b可根据需要进行图案化,以便为LED提供电能。与层718b不同,导热层718c设置在介质层的另一侧的主表面上。在一些情况下,层718b、718c可由相同的材料(例如,铜)构成,而在其它情况下可使用不同的材料。因此,导电层718b也可以导热,并且导热层718也可以导电。优选地(例如)使用合适的热界面材料来将导热层718c粘合到合适的散热器。

[0098] 基底718的较薄区域优选地与介质层718a的相应较薄区域相联接,所述介质层718a在多种情况下为基底的关键结构件。合适的介质层包括聚酯、聚碳酸酯、液晶聚合物、和聚酰亚胺。合适的聚酰亚胺包括可以商品名KAPTON得自杜邦公司(DuPont)、以APICAL得自Kaneka德克萨斯公司、以SKC Kolon PI得自SKC Kolon PI公司、以及以UPILEX和UPISEL得自宇部兴产(Ube Industries)公司的那些。以商品名UPILEX S、UPILEX SN和UPISEL VT得自日本宇部兴产公司的聚酰亚胺在许多应用中尤为有利。这些聚酰亚胺由单体制成,例如联苯四羧酸二酐(BPDA)和苯二胺(PDA)。

[0099] 可在凹腔区域中使用任何合适的方法(例如,化学蚀刻、等离子体蚀刻、聚焦离子束蚀刻、激光烧蚀、和冲压)来减薄介质层718a。就蚀刻而言,可使用任何合适的蚀刻剂,并且优选的蚀刻剂可取决于用于介质层中的材料。合适的蚀刻剂可包括:碱金属盐,例如氢氧化钾;具有增溶剂(例如,胺)和醇(例如,乙二醇)中的一者或二者的碱金属盐。合适的化学蚀刻剂可包括KOH/乙醇胺/乙二醇蚀刻剂,例如美国专利公布US2007/0120089中更详细地描述的那些,该专利以引用方式并入本文。其它合适的化学蚀刻剂可包括KOH/甘氨酸蚀刻剂,例如2010年11月3日提交的共同转让的美国专利申请61/409,791中更详细地描述的那些,该专利申请以引用方式并入本文。在蚀刻之后,可利用碱性KOH/高锰酸钾(PPM)溶液(例如,约0.7重量%至约1.0重量%的KOH和约3重量的%KMnO₄的溶液)来处理介质层。介质层可在一侧或两侧覆盖有传导层,例如图7的层718b和718c。传导层可由任何合适的导电和/或导热材料构成,但通常包含铜。如果传导层要形成电路,则它们可根据需要进行预图案化。在一些情况下,柔性基底可具有多层构造,其包括呈堆叠排列的介电材料和传导材料的多个层。

[0100] 所用减薄工序的类型可影响凹腔区域和相邻区域之间的过渡、以及过渡区域中的介质层和其它层的侧壁的特性。化学蚀刻可用于制备相对较浅的侧壁,如从柔性基底的平面测量具有约5至60度范围内、或者约25至28度范围内的典型侧壁角度。诸如冲压、等离子体蚀刻、聚焦离子束蚀刻、和激光烧蚀之类的其他技术可制备较陡的侧壁,如壁角高达约90度。在一些情况下,例如用冲压可以形成完全穿过介质层的孔,如在下文中进一步讨论。在此类情况下,柔性基底的其它层(例如传导层718b和/或718c)可用于为凹腔区域中的LED和/或荧光粉层提供物理支承。

[0101] 在示例性实施例中,凹腔区域721a中的介质层比相邻区域721b中的介质层薄得多,以增加从LED和/或荧光粉层的导热并且将这些部件保持在较低的工作温度下。例如,厚度T2可为T1的约5%至25%。此外,T2可大于零但不超过10微米,而T1可为至少20微米。在示

例性实施例中, T1可不超过200微米。除了增加热传导之外, 凹腔区域的减薄特性可提供其它优点, 例如形成可被涂覆反射性材料来达成增强效率的倾斜侧壁。另外, 将LED和/或荧光粉层附接到减薄凹腔区域内的基底上, 使得这些部件并不伸出柔性基底的平面, 由此产生较好地适用于低形状因子应用的薄型装置。

[0102] 适用于本发明所公开的实施例中的示例性柔性基底的附加设计细节可见于一些共同拥有的美国专利申请中, 这些专利申请以引用方式并入本文: 2010年11月3日提交的美国专利申请61/409,796; 2010年11月3日提交的美国专利申请61/409,801。

[0103] 图8为包括示例性柔性基底的另一个宽带光源810的示意性侧视图或剖面图。除了提供在基底的凹腔区域中的介质层内的通孔之外, 光源810的差不多所有其他示出元件均在图7的光源710中具有对应元件。

[0104] 因此, 光源810包括设置在基底818上的蓝光LED 812, 所述基底上还有在受到LED的蓝光照射时发射较长波长的可见光的荧光粉层814。LED 812可通过线焊820连接到导电迹线。

[0105] 光源810还包括二向色反射器816, 所述二向色反射器816具有开口朝向并且包围LED和荧光粉层814的凸面形状。反射器816的曲率中心标记为点819。LED 812被设置成较为靠近点819, 荧光粉层814也被同样设置。正如图1中一样, 荧光粉层814示为略超过LED的尺寸。

[0106] 也类似于图7, 由LED 812发射的蓝光813a被二向色反射器816部分地反射而产生反射LED光813b, 并且被部分地透射而产生透射LED光813c。反射LED光813b被导向到荧光粉层814上, 由此激发荧光粉并且导致荧光粉层发射较长波长的光815a。此较长波长的光被二向色反射器816高度透射而产生荧光815b。透射光813c和透射光815b在空间上组合而得到光源810的宽带输出光, 例如白光。内部空间817可包括包封LED和荧光粉的合适透光性玻璃或聚合物材料, 并且可将二向色反射器施加于此类封壳的外表面上。作为另外一种选择, 内部空间817可为未填充的。

[0107] 光源810与光源710的不同之处主要在于柔性基底818的介质层818a具有完全延伸穿过凹腔区域821a中的介质层的孔或“通孔”。因此, 凹腔区域821a中未留有介质层818a' 的任何部分, 该区域中的介质层厚度(参见图7中的T2)可视为零。相邻区域821b中的介质层818a的厚度为T1, 其可与图7中的厚度T1相同或相似。

[0108] 在介质层818a的顶部设置有导电层818b, 其可与图7的层718b相同或相似。与层818b不同, 导热层818c设置在介质层的相对主表面上, 并且此导热层可与图7的层718c相同或相似。层818b、818c中的一者或两者可被构造成可为凹腔区域821a中的LED和荧光粉层提供物理支承, 鉴于在该区域中不存在介质层818a。

[0109] 光源810的这种孔在凹腔区域中完全延伸穿过基底介质层的显著特征, 也可适用于本文讨论的其他实施例(包括结合图1、2、4、5、6、和7讨论的光源)。当然, 结合图7讨论的示例性柔性基底也可装在本文讨论的其他宽带光源(包括图1、2、4、5、和6的那些)中的任何一个内。

[0110] 本发明所公开的装有结合图7和8讨论的示例性柔性基底的宽带光源不仅可利用蓝光LED, 而且也可利用紫外(UV)光LED。因此, 对于本文讨论的采用具有凹腔区域和较厚相邻区域的示例性柔性基底的各个实施例(包括但不限于图7和8的实施例)而言, 可将各个

蓝光LED替换成基本上发射紫外光的LED。就这种替换或更换而言,也可根据需要来改变这种光源各自的两个其他部件:二向色反射器可被定制成可透射LED光(现在为紫外光)的很少部分,使得紫外光LED光的极少部分或没有任何紫外光LED光贡献于光源的宽带输出光,并且二向色反射器还可被定制成在可见光谱的蓝光区域内具有较高的透射率以更容易地透射可由荧光粉层发射的蓝光;并且可根据需要将荧光粉层替换成另一个荧光粉层,以确保荧光粉对紫外激发光有响应和/或使得由荧光粉随紫外光LED光发射的较长波长光包括可见光谱中蓝光区域的光。在受到蓝色激发光照射时发射较长波长的可见光的多种荧光粉材料也在受到紫外激发光照射时发射较长波长的可见光。

[0111] 在任何情况下,采用发射紫外光而非蓝光的一个或多个LED的宽带光源的相关方面提供于图9a、9b、和9c中。

[0112] 图9a为示例性紫外光LED和示例性荧光粉的光谱强度分布的理想曲线图。曲线910示意性地表示紫外光LED的近似光谱分布。曲线912示意性地表示示例性荧光粉材料在受到紫外光LED的光照射时所发射的光的近似光谱分布。读者应当理解,这些曲线用来辅助理解本发明,并无意进行限制。读者还应当理解,由曲线912表示的光自身就可提供显现基本上白色或其他所需色彩的宽带输出光。

[0113] 图9b为与紫外光LED和白光或其他宽带可见光发射荧光粉结合使用的示例性二向色反射器的光谱反射率或透射率的理想曲线图。同样地,读者应当理解,这些曲线用来辅助理解本发明,并无意进行限制。曲线920示意性地表示二向色反射器对于垂直入射光的反射百分比,而曲线922表示相应的透射百分比。这些曲线因大多数二向色反射器的低损耗特性而基本上互补。以不垂直入射的角度照射二向色反射器的光可能有类似于或显著不同于曲线920、922的透射和反射特性,其中类似或差异的程度取决于入射角并且还取决于光的偏振态,如上文结合图3b所讨论的。因此,针对类似原因,通常有利的是将紫外光LED设置成使其较为靠近光源的光学轴线和二向色反射器的曲率中心。这种布置方式可有助于将来自LED的光和来自荧光粉的光的入射角在二向色反射器的区域上保持为适度地接近于垂直入射。

[0114] 在一些情况下,曲线922可表现出对于紫外光(例如,在400nm或更低的范围内)具有极低的或不具有透射性,使得来自LED的极少紫外光或没有紫外光包括在宽带光源的输出光中(并且使得照射到二向色反射器上的紫外光LED光的几乎全部均被反射到荧光粉层上)。在其他情况下,有一些紫外光可能被二向色反射器透射,而宽带光源的输出中有些紫外光可能并不被视为有害。曲线922可被调整成在可见光波长光谱的大部分上(例如,在可见光谱的红色、绿色、和蓝色区域上)具有高透射率。二向色反射器的这种特征不仅允许红光和绿光而且允许由荧光粉层发射的蓝光包括在宽带光源的输出中。来自光源的宽带输出光可为基本上白色的,并且可基本上由荧光粉层发射的光构成,其中极少或没有来自紫外光LED的光。这种白光的色温可通过审慎地设计荧光粉层来调整,例如通过选择用于混合物中的不同荧光粉材料的适当的相对含量来确保红光、绿光、和蓝光波长的所需比例、或者其他选定波长或颜色的所需比例,从而达到目标色温或色彩。

[0115] 图9c为示出其中使用来自紫外光LED 932的光在荧光粉934中激发较长波长光的光源930的示意图,所述较长波长光自身能提供光源的宽带(如白色)可见输出光。取决于所用的荧光粉材料,来自荧光粉的长波长光可显现白色或其它颜色。二向色反射器936(同样

仅以示意性方式示出)可允许极少或不允许来自LED 932的紫外光透射,并且可将入射紫外光LED光中的基本上全部反射到荧光粉934上。反射的紫外光LED光激发荧光粉,并且使其发射经斯托克斯频移的较长波长光,所述较长波长光被二向色反射器936高度透射。来自荧光粉的较长波长光自身可提供宽带输出光,例如白光。

[0116] 图10为热模拟的宽带光源1010的一部分的示意性侧视图或剖面图。光源包括设置在薄柔性基底1018上的LED 1012和荧光粉层1014。该LED被假定由GaN构成的蓝光LED,其具有25%的外部效率。柔性基底1018可视为包括或者基本上包括由聚酰亚胺构成的介质层1034、设置在介质层的一个主表面上的由铜构成的导电层1032、以及设置在介质层的相对主表面上的也由铜构成的导热层1036。介质层被图案化或以其他方式成形为在凹腔区域1021a中具有第一厚度并且在相邻区域1021b中具有第二厚度(大于第一厚度)。LED通过焊料层1030a附接至基底1018。荧光粉层1014经由反射层1030b附接于基底。在基底1018下面,使用热界面材料1038将基底附接并且热耦合到被假定由铝构成的散热器1040上。

[0117] 虽然在图10中未示出凸面二向色反射器,但该模型基本上以如下假定来包括凸面二向色反射器:由LED 1012发射的蓝光中的全部均照射到荧光粉层1014的上表面上并且此蓝光中的全部均被荧光粉层1014吸收。该模型还假定荧光粉层将得自所吸收的LED光的能量的80%转换成再发射的较长波长光,并且将得自所吸收的LED光的能量的20%转换成热。荧光粉层被假定主要由硅树脂(其内可分布荧光粉颗粒)构成,所述硅树脂的导热率低于GaN LED材料的导热率的1%。

[0118] 荧光粉层1014的厚度被假定为100微米,并且LED 1012的厚度被假定为300微米。反射器层1030b被假定为1微米厚的银层。焊料层1030a被假定为由含10%金的锡构成的30微米层。聚酰亚胺层1034被假定在相邻区域1021b中为15微米厚并且在凹腔区域1021a中为5微米厚。铜层1032、1036被假定各自为35微米厚。

[0119] 该模型然后假定 1mm^2 的LED被用来发射1瓦功率的光,并且计算了光源1010的各个部分的稳态温度。散热器1040的温度被假定为 25°C 。据发现LED 1012在几乎其整个体积内均具有 38 至 44°C 范围内的温度,该LED的少部分的温度低于 38°C 。在另一方面,据发现荧光粉层1014在其厚度方向上具有显著的温度梯度,其中层1014的最上部分具有 83 至 89°C 范围内的温度并且层1014的最下部分具有 57 至 64°C 范围内的温度。

[0120] 算出的荧光粉层的较高温度符合硅树脂的导热率与GaN的导热率之间的已知较大差异。然而,相比于在凹腔区域1021a中不包括介质层1034减薄的实施例,LED和荧光粉层的计算温度实际上均表现出显著改善,即LED和荧光粉层的稳态工作温度均降低。此外,荧光粉层的前照式构型与设置在荧光粉层后面的反射器层相结合使荧光粉层厚度能够为类似荧光粉层涂布在LED顶部反射表面上(因而不是其中来自LED的光在未穿过荧光粉层而传播到二向色反射器的构型)时所需厚度的约一半,并且这种荧光粉层厚度的降低也有助于降低荧光粉层的工作温度。

[0121] 现在重新参考图2,利用LightToolsTM光学设计软件以类似于根据光源410、510、和610对光源模拟的方式对光源210的实施例作了模拟。光源210的模拟实施例的一些相关设计参数包括:

[0122] ● 荧光粉层被假定由浸入硅树脂粘结剂(折射率为1.41)的Ce:YAG颗粒(折射率为1.8)构成,该层具有0.1mm的物理厚度;

[0123] ●LED被假定各自为具有 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的面内尺寸的方形、具有10微米的厚度和460nm的输出波长。每个LED被假定在其后表面(邻近荧光粉层)上具有反射涂层,该反射涂层具有50%的反射率和50%的吸收率;

[0124] ●二向色反射器被假定设置在由BK7玻璃制成的平凸透镜的半球形凸面表面上,该透镜具有5mm的直径和2.5mm的曲率半径。二向色反射器被假定对于400nm至490nm范围内的波长的垂直入射光具有90%的反射率和10%的透射率。二向色反射器被假定对于波长为490nm或更长的垂直入射光具有约100%的透射率;

[0125] ●平凸透镜被摆放成使其平坦面设置在LED的顶部表面处,并且透镜的平坦面与荧光粉层的顶部之间的空间由折射率为1.41的硅树脂材料填充,该硅树脂材料因而还包封LED。

[0126] 用LightTools软件对由光源210的此实施例提供的输出光作了模拟。不同于示于图4a、5a、和6a中的模拟强度分布,本研究所关注的是内部观察平面内的输出光的物理分布,所述内部观察平面被设置为与LED 212a、212b的上表面和平凸透镜的下(平)表面基本上重合。在此内部观察平面内,光具有如图11a所示的辐照度的计算空间分布。辐照度在此图中表示为灰度图,其中用于此图的灰度与辐照度的对应性示于图11b的凡例图中。

[0127] 在此图中可观察到最明亮区域1112a、1112b,其是由LED所发射的蓝光产生的并且形状和位置分别基本上对应于LED 212b、212a。还可观察到明亮区域1112a'、1112b',其是由荧光粉层的部分所发射的较长波长(黄)光产生的并且分别基本上对应于区域1112a、1112b的像。区域1112a、1112b及其各自的像形成于中心点1119的相对侧,所述中心点1119可表示二向色反射器的大致曲率中心、和光源210的光学轴线与内部观察平面的交点。

[0128] 除非另外指明,否则本说明书和权利要求书中用来表示数量、特性量度等的所有数值都应当理解为由术语“约”修饰。因此,除非有相反的指示,否则本说明书和权利要求书中列出的数值参数均为近似值,这些近似值可根据本领域内的技术人员利用本专利申请的教导内容想要获得的所需特性而改变。每个数值参数并不旨在将等同原则的应用限制在权利要求书范围内,至少应该根据所记录的有效数位的数目和通过应用惯常的四舍五入法来解释每个数值参数。虽然本发明的大致范围中列出的数值范围和参数是近似值,但就任何数值均在本文所述具体实例中列出来,其记录尽可能地精确并合理。然而,任何数值可以包含与测试或测量限制相关的误差。

[0129] 在不脱离本发明的精神和范围的前提下,对本发明的各种修改和更改对于本领域内的技术人员将显而易见,而且应当理解,本发明不限于本文所列出的示例性实施例。例如,除非另外指明,否则读者应当假设,所公开的一项实施例的特征也可应用于所公开的所有其他实施例。还应当理解,本文引用的所有美国专利、专利申请公开案和其他专利和非专利文档均在不与上述公开内容相抵触的情况下以引用方式并入。

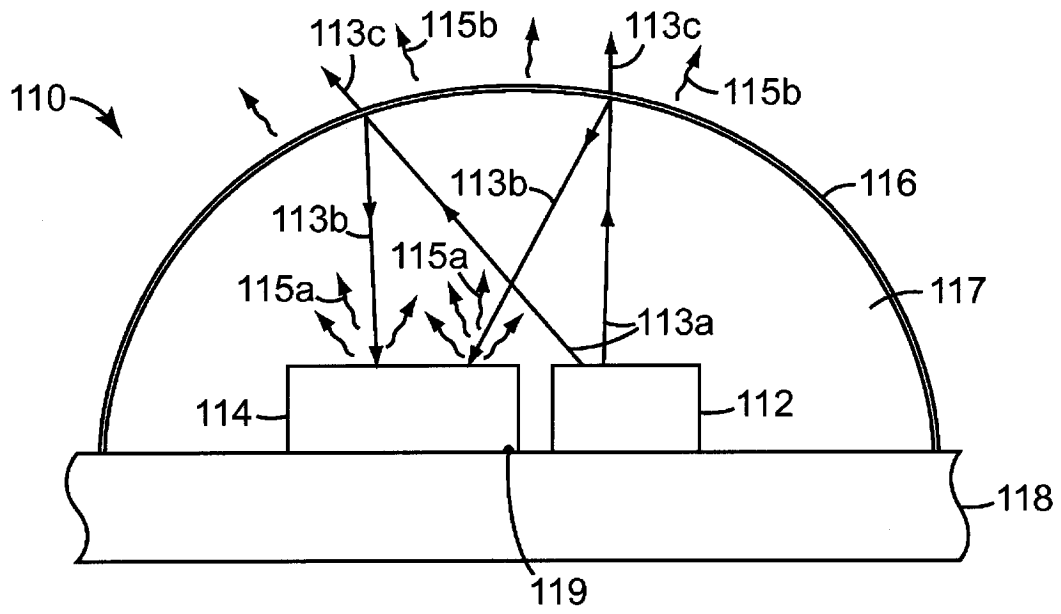


图1

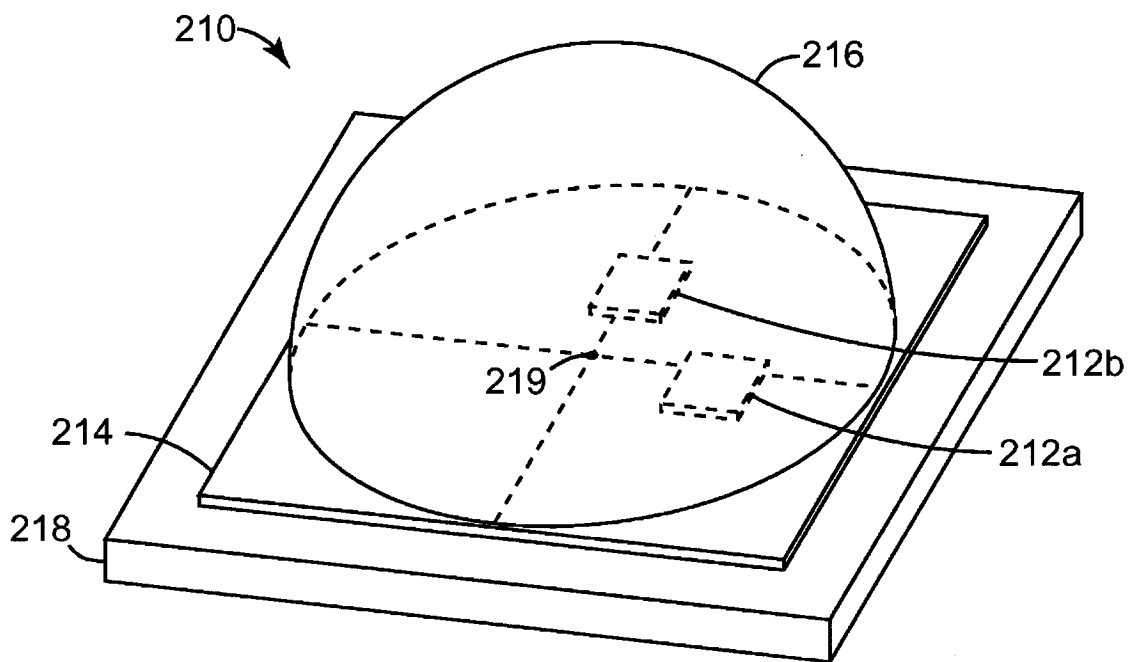


图2

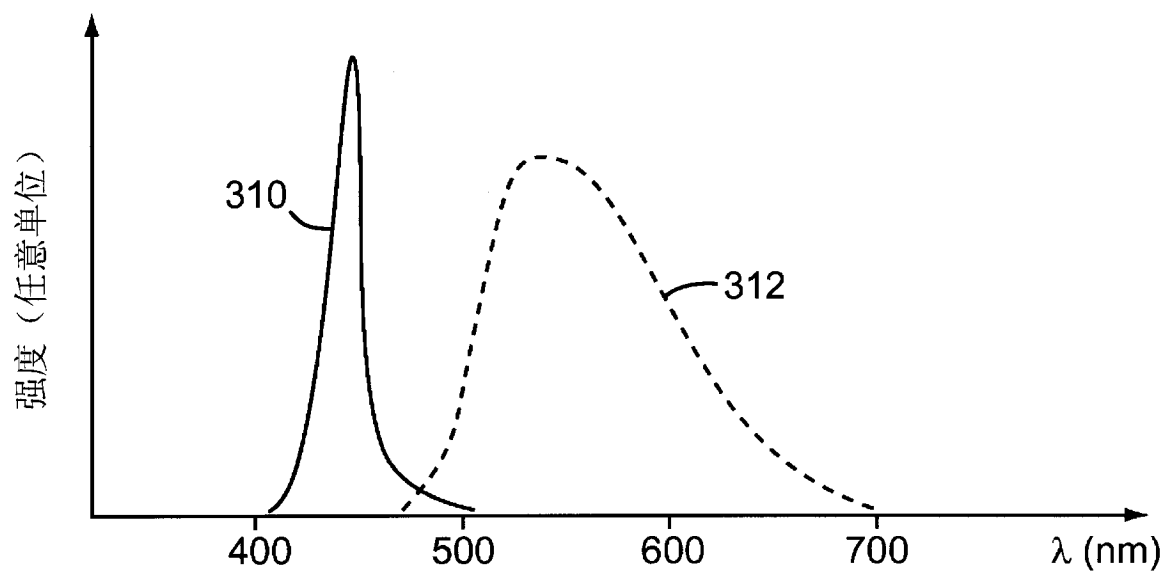


图3a

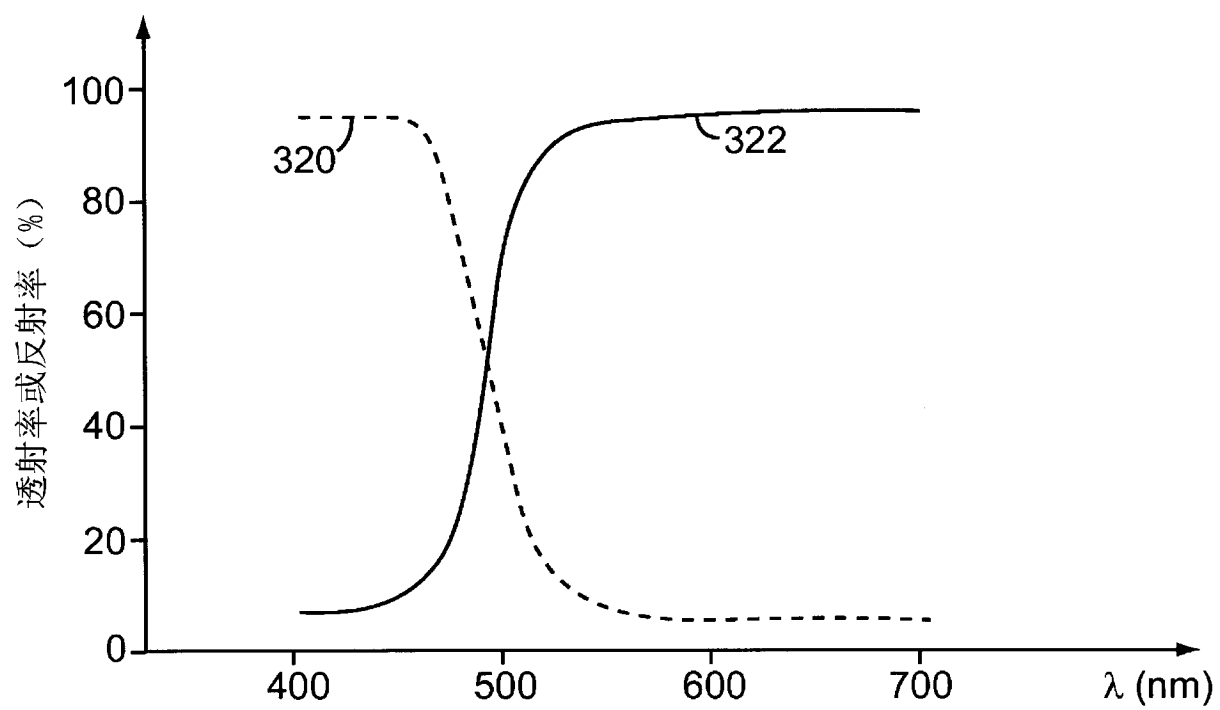


图3b

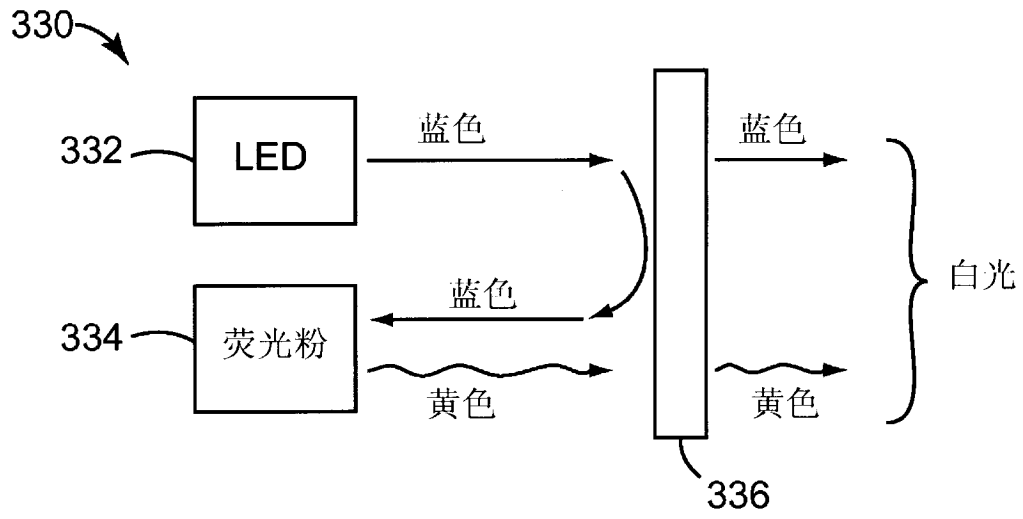


图3c

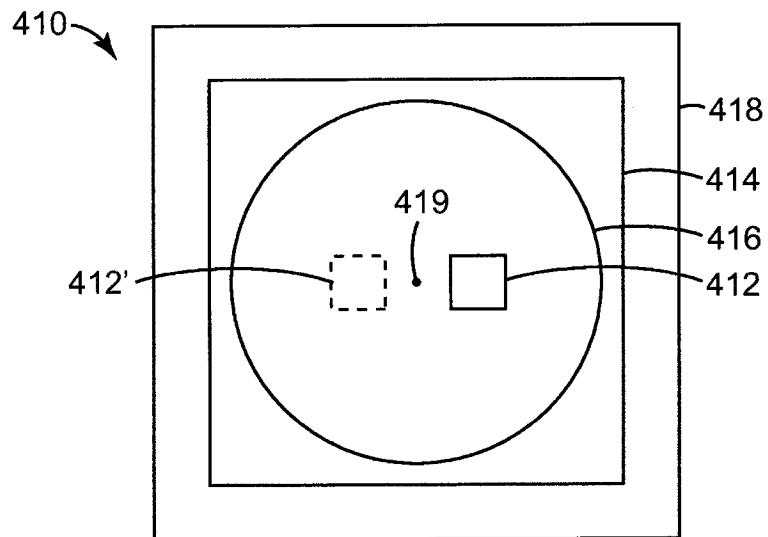


图4

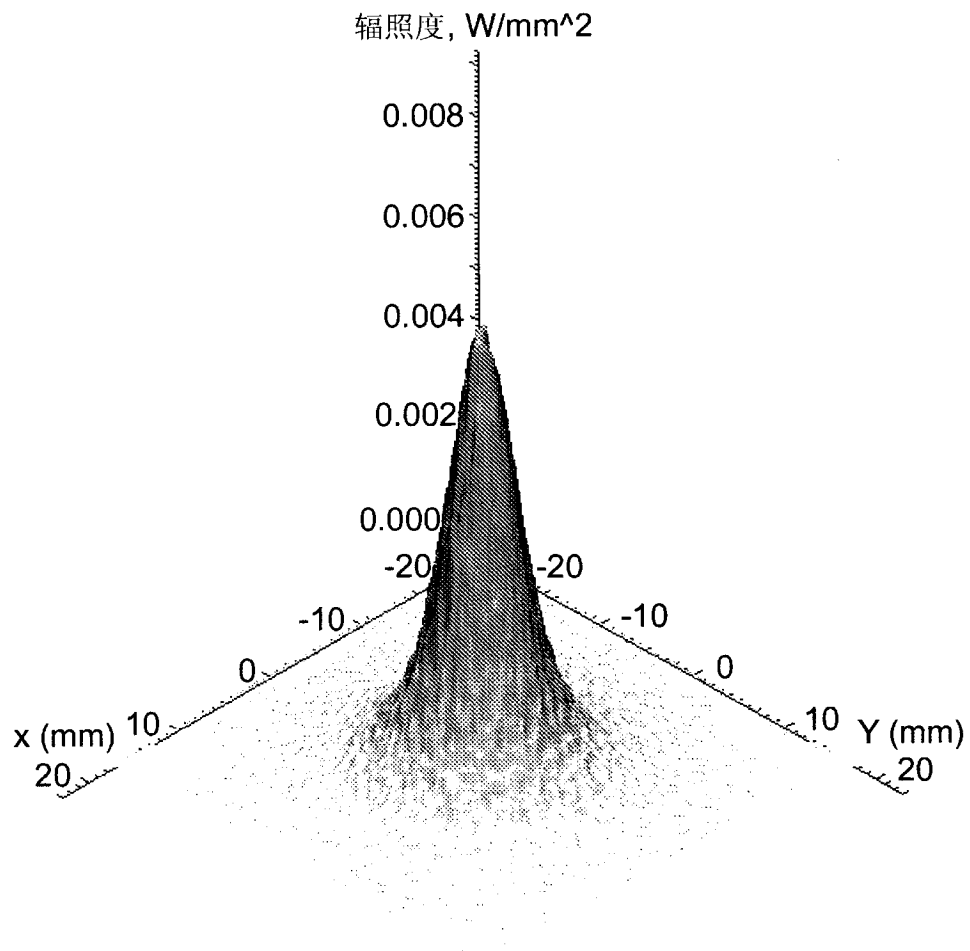


图4a

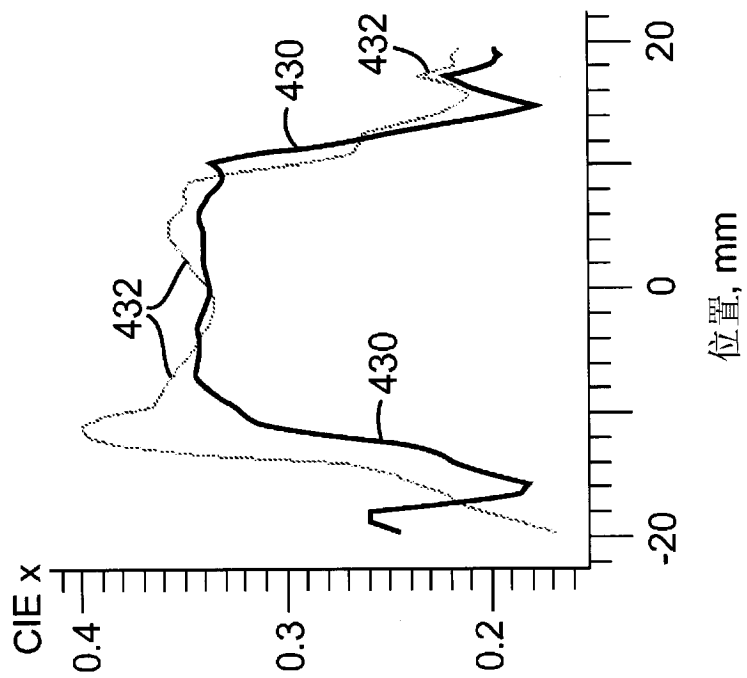


图4b

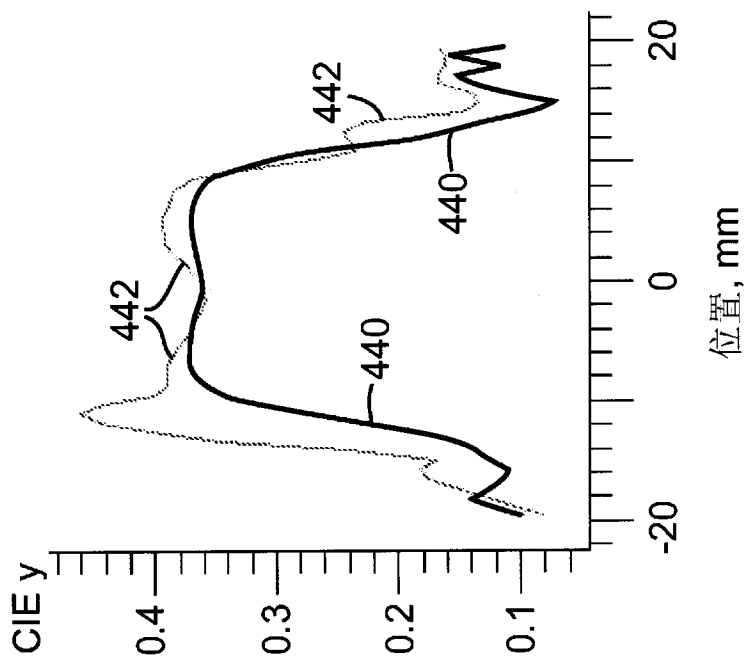


图4c

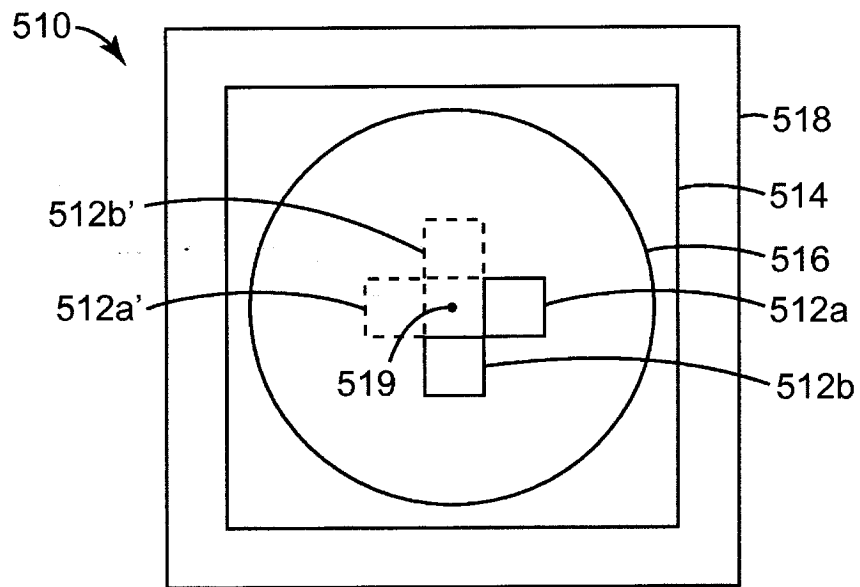


图5

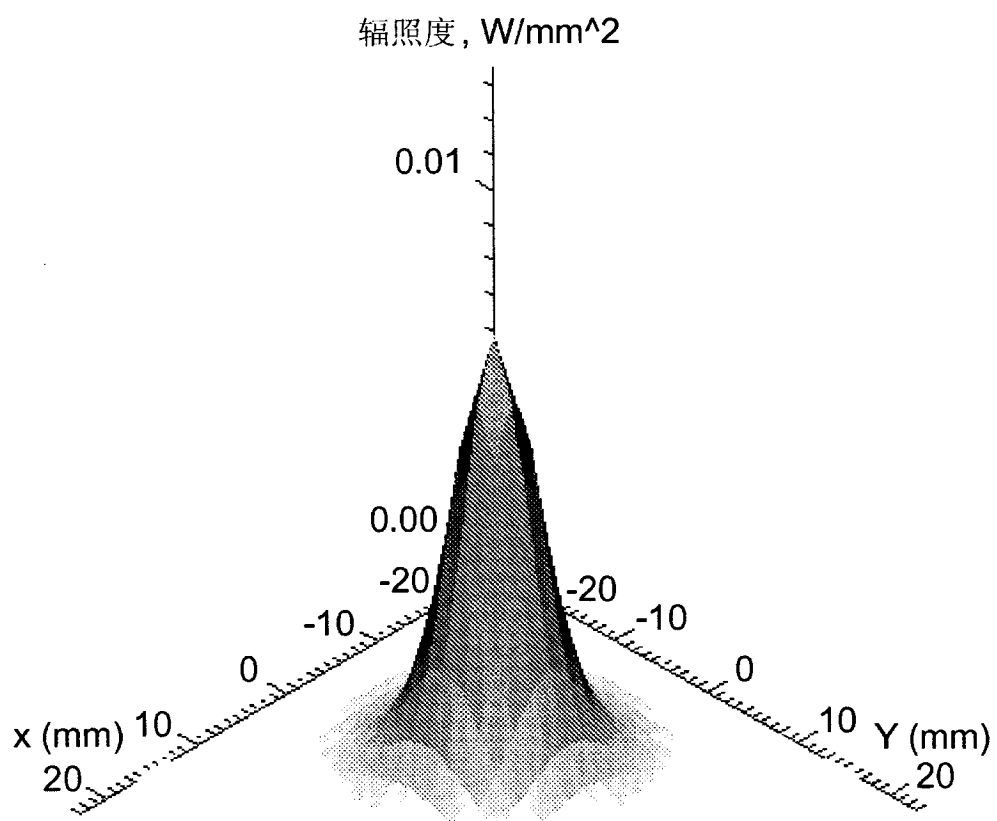


图5a

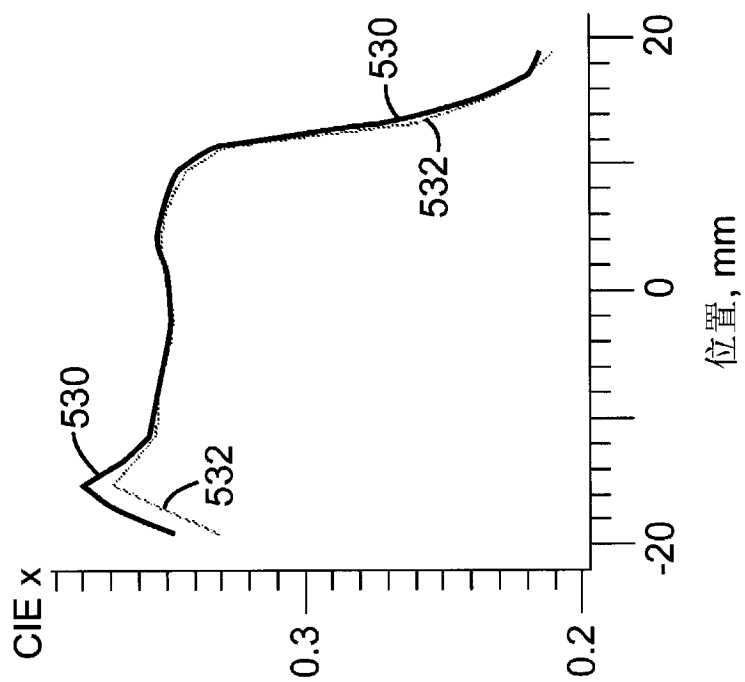


图5b

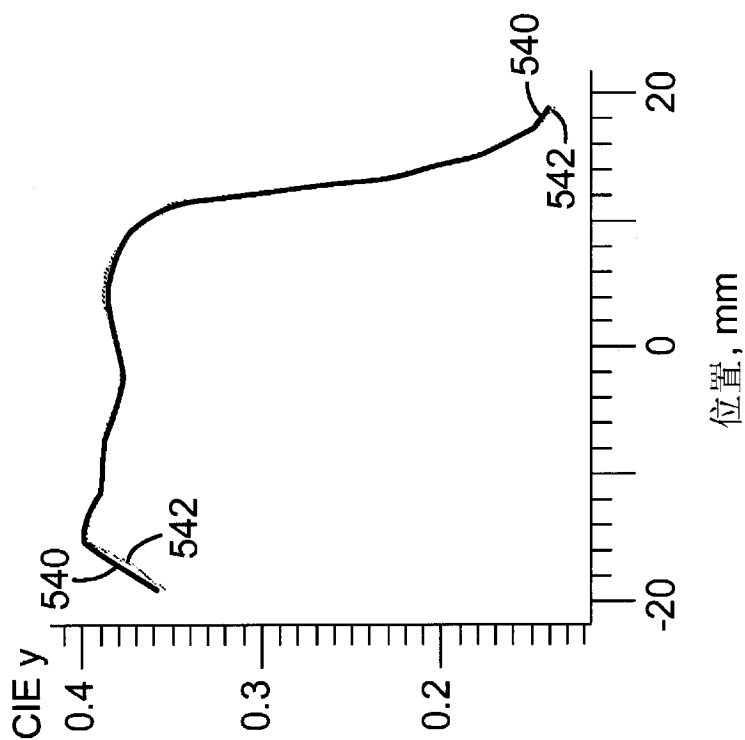


图5c

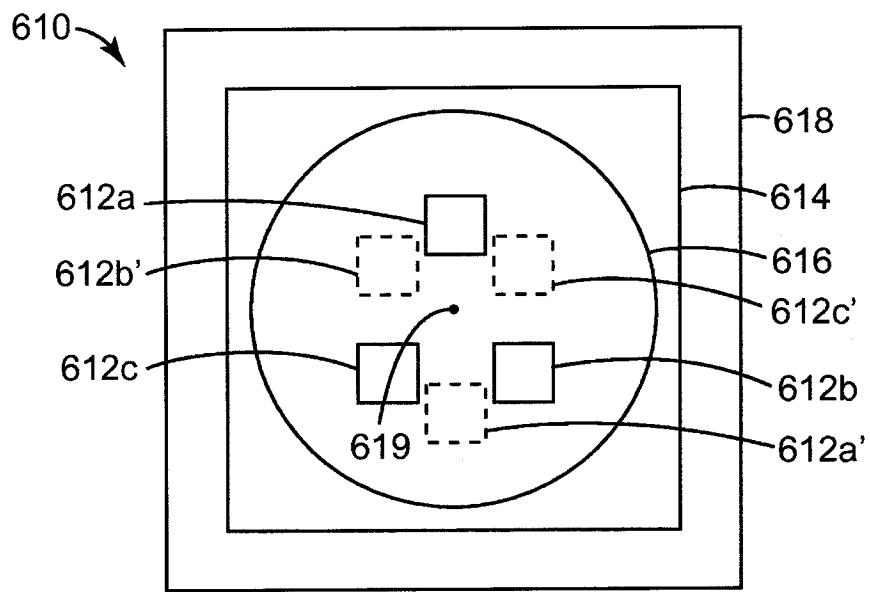


图6

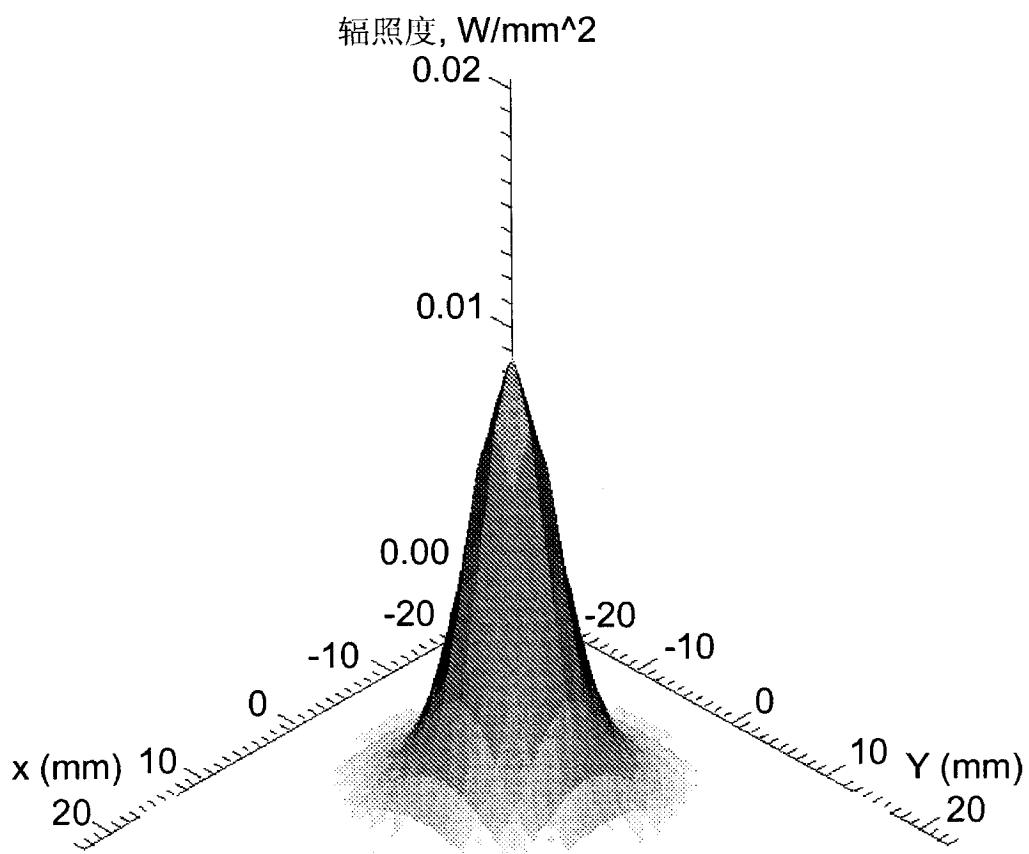


图6a

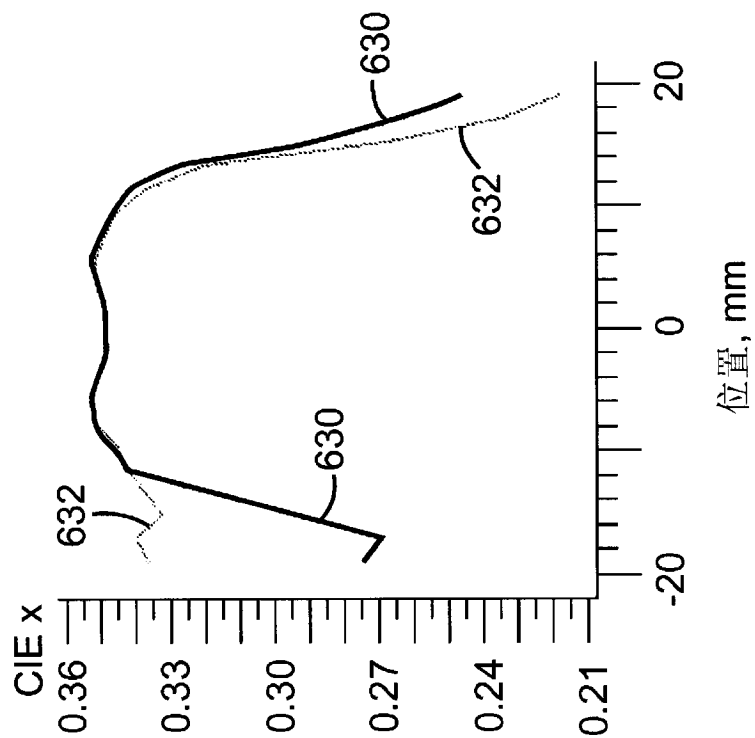


图6b

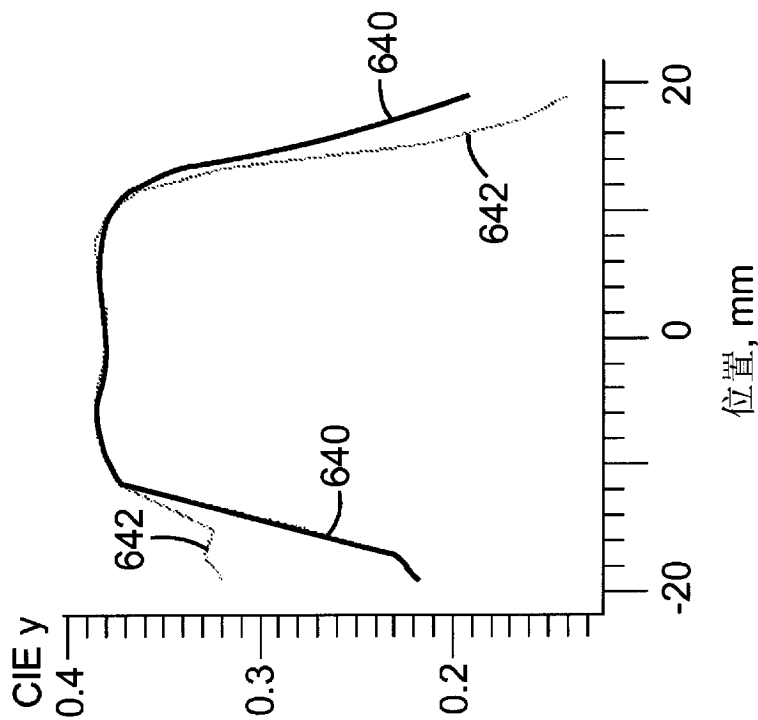


图6c

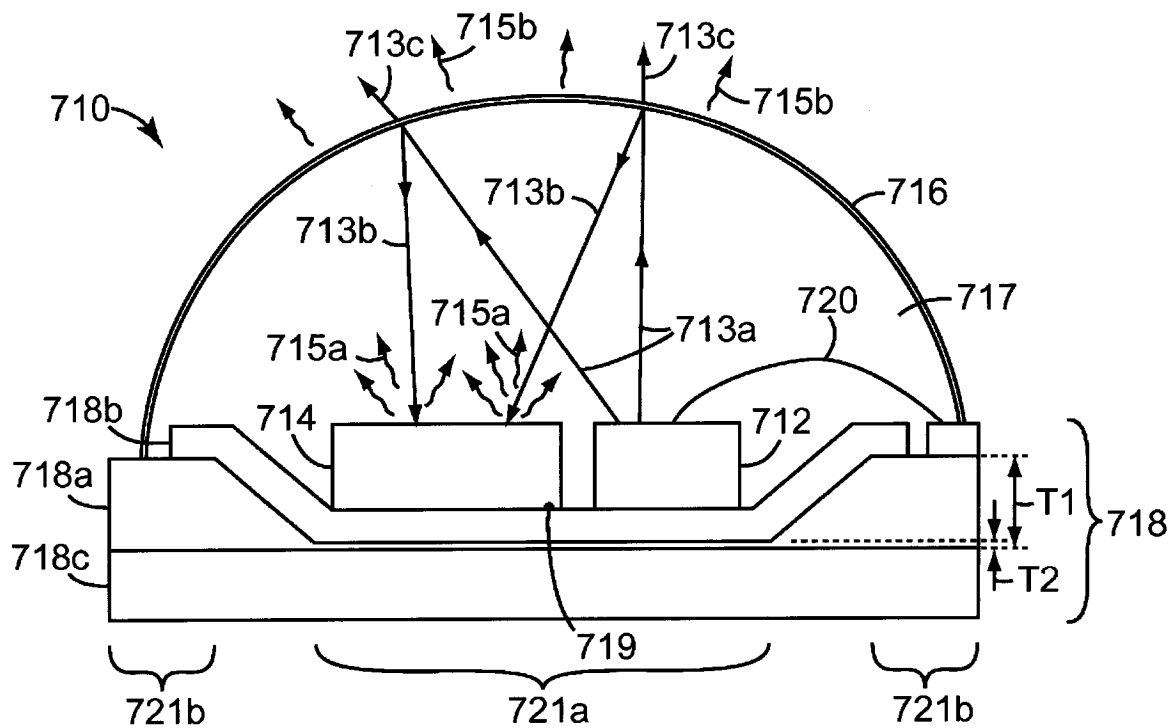


图7

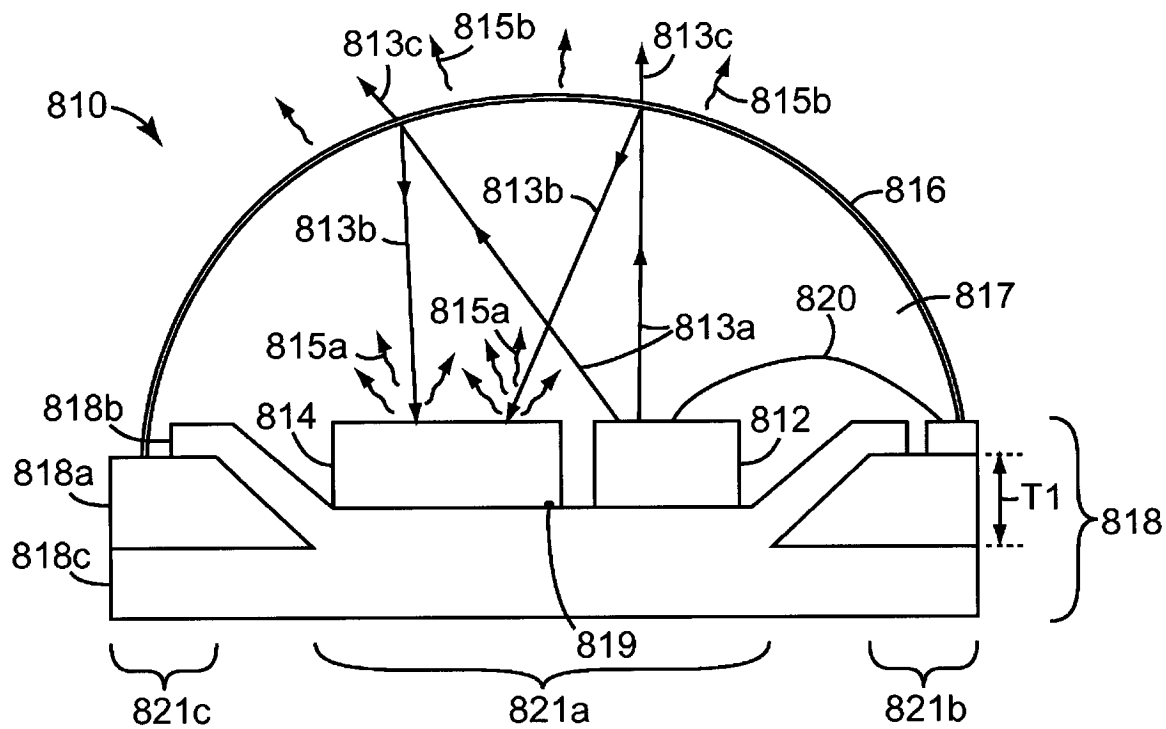


图8

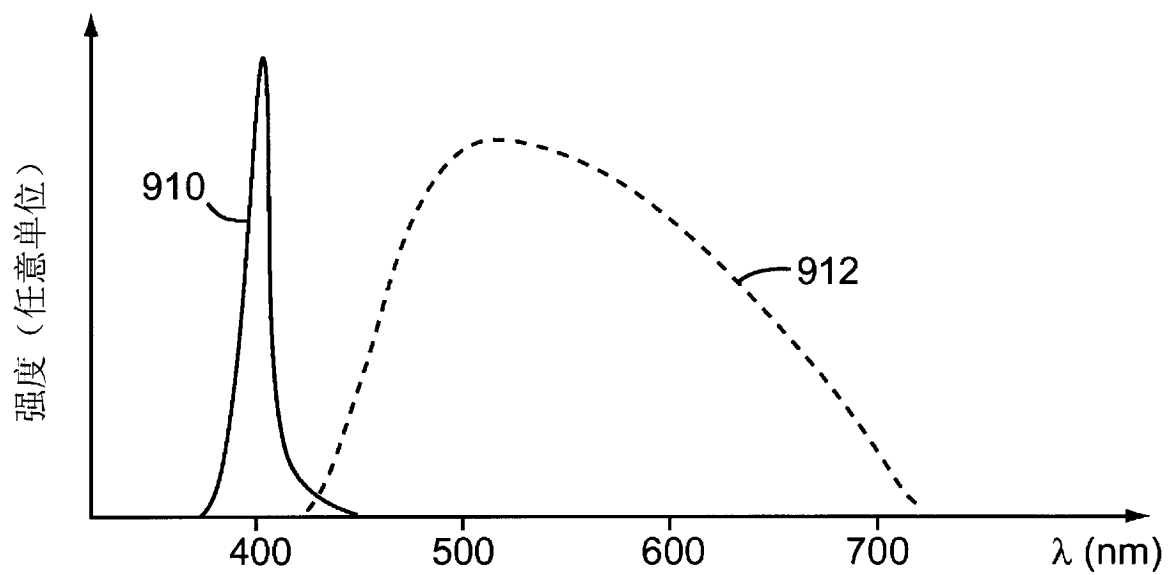


图9a

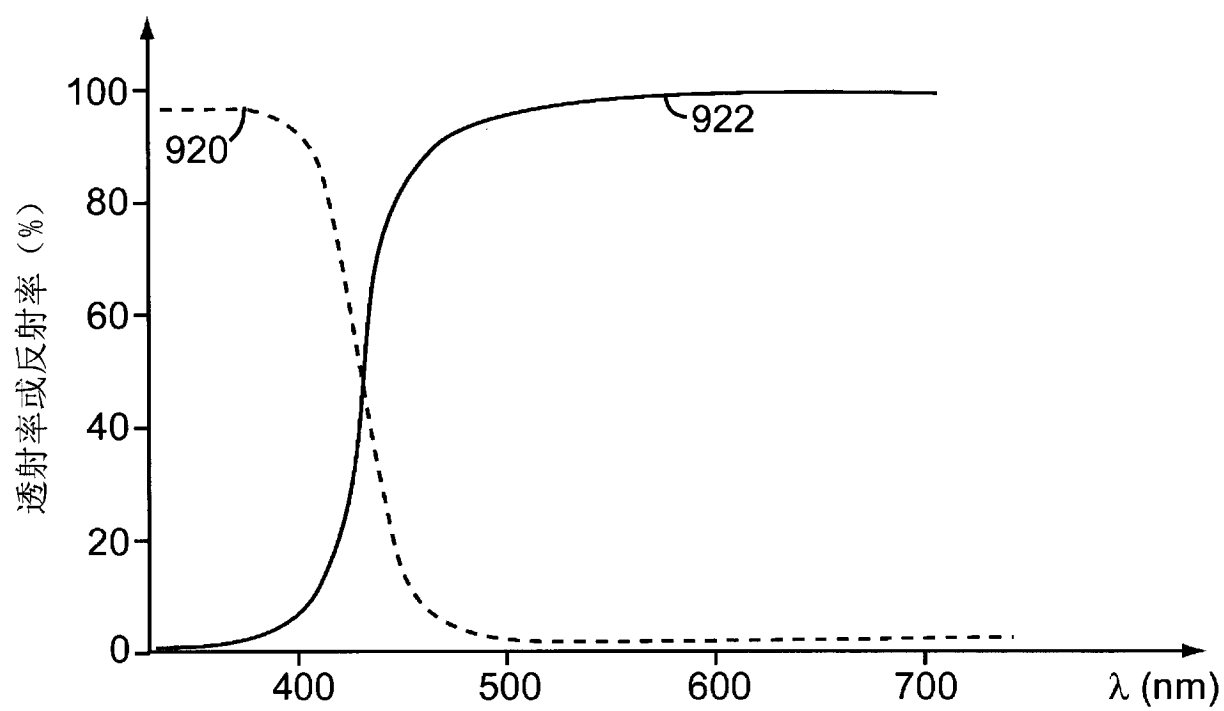


图9b

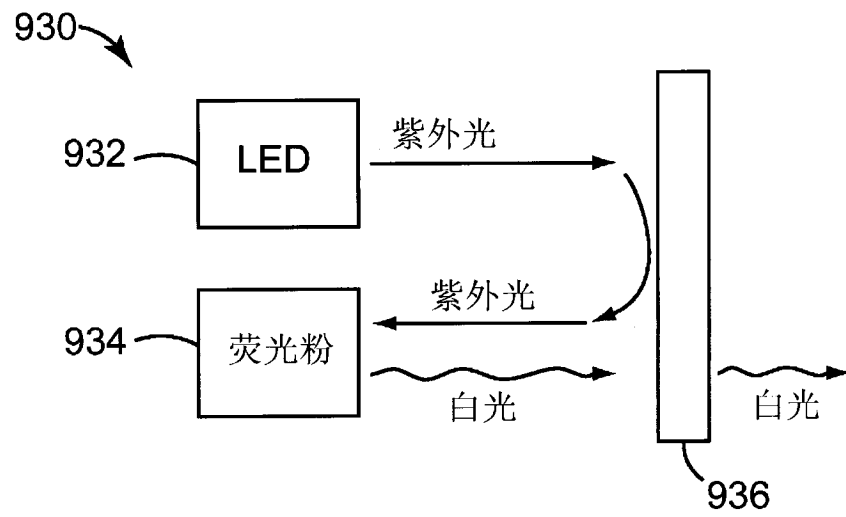


图9c

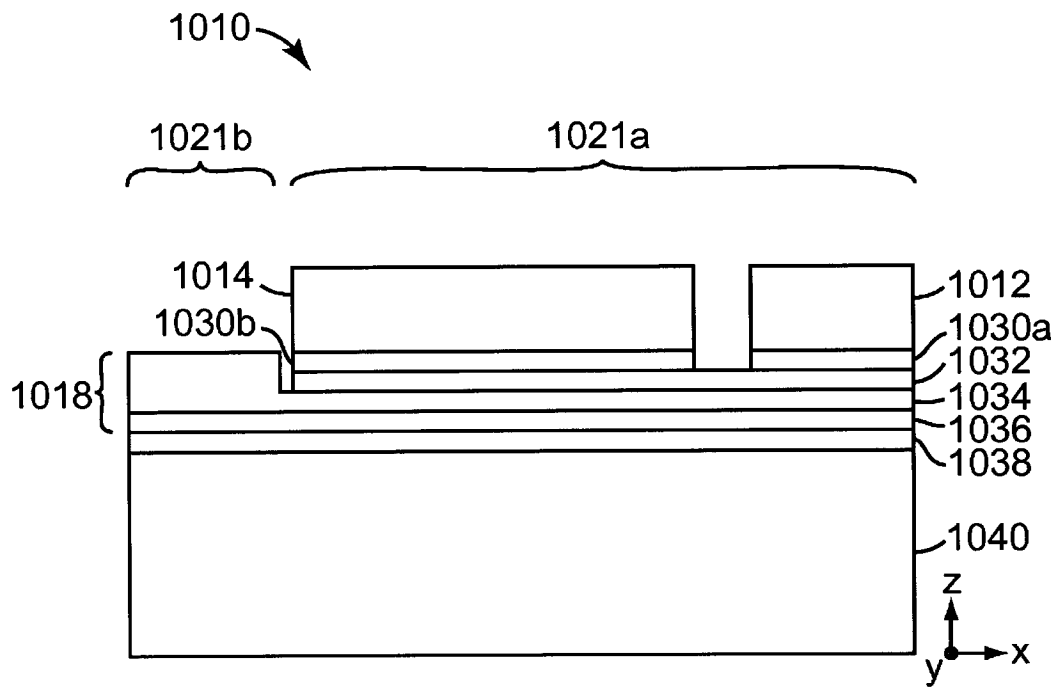


图10

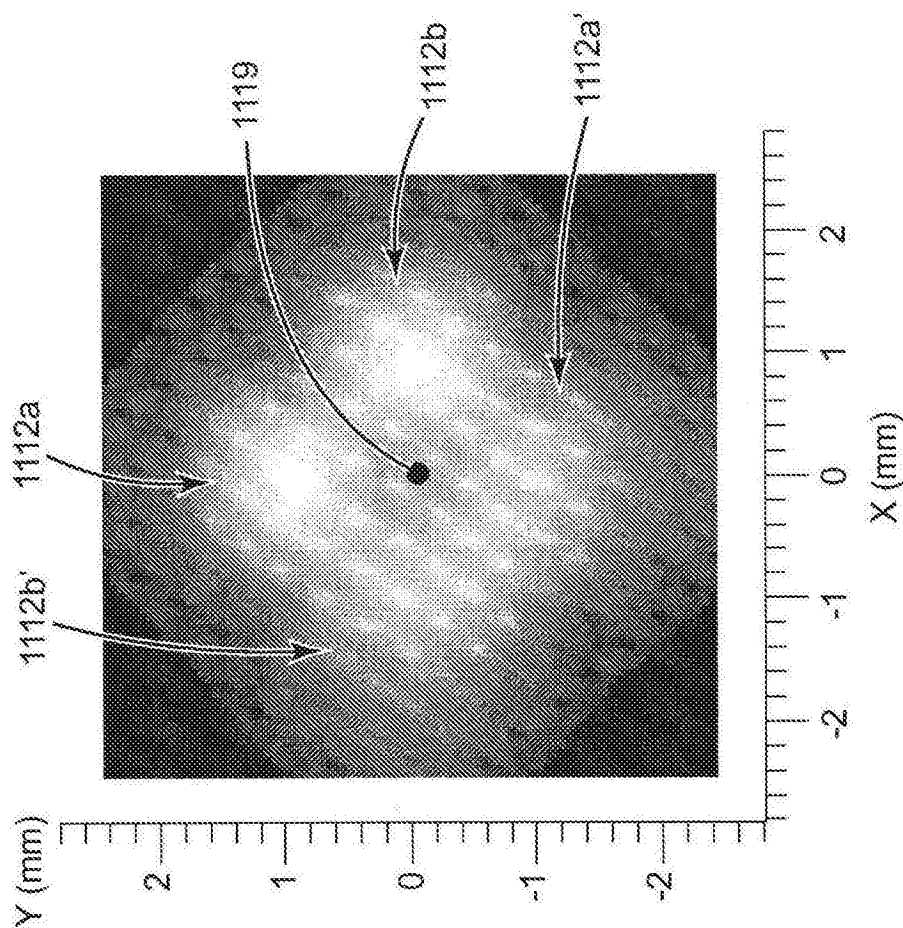


图11a

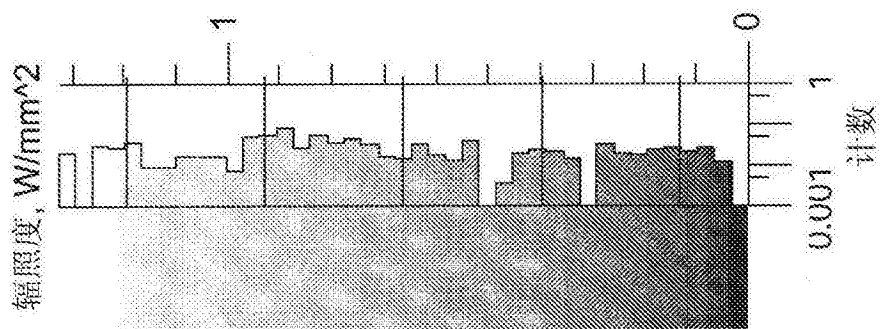


图11b