

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04N 5/74 (2006.01)

G02B 27/09 (2006.01)

G03B 21/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580015227.2

[43] 公开日 2007 年 4 月 25 日

[11] 公开号 CN 1954597A

[22] 申请日 2005.4.18

[21] 申请号 200580015227.2

[30] 优先权

[32] 2004.5.14 [33] US [31] 10/845,673

[86] 国际申请 PCT/US2005/013142 2005.4.18

[87] 国际公布 WO2005/114995 英 2005.12.1

[85] 进入国家阶段日期 2006.11.13

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 西蒙·马加里尔

托德·S·拉瑟福德

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 顾红霞 张天舒

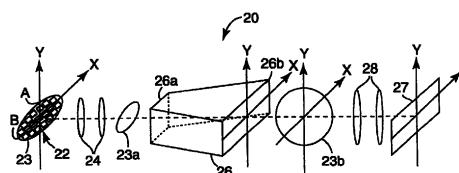
权利要求书 7 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称

具有非径向对称孔径的照明系统

[57] 摘要

本发明披露照明系统，所述照明系统包括具有非径向对称孔径的光源或光源组，所述非径向对称孔径具有较长尺度和较短尺度，从而所述光源或者光源组产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度。所述照明系统包括具有入口端和出口端的积分器，所述入口端与所述光源组光学连接，并且所述积分器具有这样一个尺度，该尺度从所述入口端到所述出口端的增加量更大。所述积分器这样设置，使得所述增加量更大的尺度与产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。



1. 一种照明系统，包括：

光源，其具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度，所述光源产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度；以及

积分器，其具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源光学连接，所述出口端具有较长尺度和较短尺度，所述积分器这样设置，使得所述出口端的较长尺度与所述光源产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。

2. 如权利要求 1 所述的照明系统，其中，所述积分器的出口端大体为矩形，所述积分器的入口端大体为正方形，所述孔径大体为椭圆形。

3. 如权利要求 1 所述的照明系统，所述照明系统还包括中继光学装置、TIR 棱镜、PBS、偏振器和折叠反射镜中的一个或多个器件，所述一个或多个器件与所述积分器的出口端光学连接。

4. 如权利要求 1 所述的照明系统，所述照明系统还包括照明目标和中继光学装置，所述照明目标与所述积分器的出口端光学连接，所述中继光学装置置于所述照明目标和所述积分器的出口端之间，

其中，所述中继光学装置这样构造，使得所述积分器的出口端成像于所述照明目标上。

5. 如权利要求 1 所述的照明系统，所述照明系统还包括照明目标，所述照明目标具有一形状，并且与所述积分器的出口端光学连接，

其中，所述积分器的出口端的形状与所述照明目标的形状基本上匹配。

6.一种照明系统，包括：

光源组，其具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度，所述光源组产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度；以及

积分器，其具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源组光学连接，所述出口端具有较长尺度和较短尺度，所述积分器这样设置，使得所述出口端的较长尺度与所述光源组产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。

7. 如权利要求 6 所述的照明系统，其中，所述光源组包括多个光源和多个折射光学元件。

8. 如权利要求 7 所述的照明系统，其中，所述多个光源中的每一个都具有发射表面，并且所述折射光学元件这样构造，使得所述发射表面中的至少一些成像于所述积分器的入口端上。

9. 如权利要求 8 所述的照明系统，其中，所述积分器的入口端具有第一形状，所述多个光源的发射表面中的每一个都具有第二形状，所述第二形状与所述第一形状基本上匹配。

10. 如权利要求 7 所述的照明系统，其中，所述多个光源和所述多个折射光学元件这样构造，使得不同的折射光学元件与各自的光源相关联。

11. 如权利要求 6 所述的照明系统,其中，所述光源组包括多个光源和多个折射光学元件，并且，所述光源和所述折射光学元件构造为形成多个目标通道。

12. 如权利要求 6 所述的照明系统，其中，所述积分器的出口端大体为矩形，所述积分器的入口端大体为正方形，所述孔径大体为椭

圆形。

13. 如权利要求 6 所述的照明系统,所述照明系统还包括中继光学装置、TIR 棱镜、PBS、偏振器和折叠反射镜中的一个或多个器件,所述一个或多个器件与所述积分器的出口端光学连接。

14. 如权利要求 6 所述的照明系统,所述照明系统还包括照明目标和中继光学装置,所述照明目标与所述积分器的出口端光学连接,所述中继光学装置置于所述照明目标和所述积分器的出口端之间,

其中,所述中继光学装置这样构造,使得所述积分器的出口端成像于所述照明目标上。

15. 如权利要求 6 所述的照明系统,所述照明系统还包括照明目标,所述照明目标具有一形状,并且与所述积分器的出口端光学连接,

其中,所述积分器的出口端的形状与所述照明目标的形状基本上匹配。

16. 如权利要求 6 所述的照明系统,其中,所述光源组包括具有不同色调的光源。

17. 如权利要求 6 所述的照明系统,其中,所述光源组包括多个具有第一色调的光源、多个具有第二色调的光源以及组合所述第一色调的光和所述第二色调的光的二向色组合器。

18. 如权利要求 17 所述的照明系统,其中,所述具有第一色调的光源发射具有第一峰值波长的光,所述具有第二色调的光源发射具有第二峰值波长的光,并且

其中,所述第一峰值波长和所述第二峰值波长的间距不超过约 40 nm。

19. 一种照明系统，包括：

多个光源组，每一个光源组都具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度，并且，每一个光源组都产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度；以及

积分器，其具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源组光学连接，所述出口端具有较长尺度和较短尺度，所述积分器和所述光源组这样设置，使得所述积分器的出口端的较长尺度与每一个光源组产生在所述积分器的入口端处的照明光的每一个较长的角尺度基本上朝向同一方向。

20. 如权利要求 19 所述的照明系统，其中，至少一个所述光源组包括多个光源和多个折射光学元件。

21. 如权利要求 20 所述的照明系统，其中，所述多个光源中的每一个都具有发射表面，并且，所述折射光学元件这样构造，使得所述发射表面的至少一些成像于所述积分器的入口端上。

22. 如权利要求 21 所述的照明系统，其中，所述积分器的入口端具有第一形状，所述发射表面中的每一个都具有第二形状，所述第二形状与所述第一形状基本上匹配。

23. 如权利要求 20 所述的照明系统，其中，所述多个光源和所述多个折射光学元件这样构造，使得不同的折射光学元件与各自的光源相关联。

24. 如权利要求 19 所述的照明系统，其中，至少一个所述光源组包括多个光源和多个折射光学元件，并且，

其中，所述光源和所述折射光学元件构造为形成多个目标通道。

25. 如权利要求 19 所述的照明系统, 其中, 所述积分器的出口端大体为矩形, 所述积分器的入口端大体为正方形, 所述孔径大体为椭圆形。

26. 如权利要求 19 所述的照明系统, 所述照明系统还包括中继光学装置、TIR 棱镜、PBS、偏振器和折叠反射镜中的一个或多个器件, 所述一个或多个器件与所述积分器的出口端光学连接。

27. 如权利要求 19 所述的照明系统, 所述照明系统还包括照明目标和中继光学装置, 所述照明目标与所述积分器的出口端光学连接, 所述中继光学装置置于所述照明目标和所述积分器的出口端之间,

其中, 所述中继光学装置这样构造, 使得所述积分器的出口端成像于所述照明目标上。

28. 如权利要求 19 所述的照明系统, 所述照明系统还包括照明目标, 所述照明目标具有一形状, 并且与所述积分器的出口端光学连接,

其中, 所述积分器的出口端的形状与所述照明目标的形状基本上匹配。

29. 如权利要求 19 所述的照明系统, 其中, 至少一个所述光源组包括具有不同色调的光源。

30. 如权利要求 19 所述的照明系统, 其中, 至少一个所述光源组包括多个具有第一色调的光源、多个具有第二色调的光源以及组合所述第一色调的光和所述第二色调的光的二向色组合器。

31. 如权利要求 30 所述的照明系统, 其中, 所述具有第一色调的光源发射具有第一峰值波长的光, 所述具有第二色调的光源发射具

有第二峰值波长的光，并且

其中，所述第一峰值波长和所述第二峰值波长的间距不超过约40 nm。

32. 如权利要求 19 所述的照明系统，其中，所述光源组产生不同颜色的照明光，并且，所述照明系统还包括二向色组合器，所述二向色组合器构造用来将不同颜色的照明光组合到所述积分器的入口端。

33. 如权利要求 32 所述的照明系统，其中，所述二向色组合器包括二向色反射镜，所述二向色反射镜围绕与所述积分器的入口端基本上平行的旋转轴线旋转。

34. 如权利要求 33 所述的照明系统，其中，所述孔径的较长尺度、所述旋转轴线和所述积分器的出口端的较长尺度基本上朝向同一方向。

35. 一种照明系统，包括：

光源，其具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度，所述光源产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度；以及

积分器，其具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源光学连接，并且所述积分器具有这样一个尺度，所述尺度从所述入口端到所述出口端的增加量更大，所述积分器这样设置，使得所述增加量更大的尺度与所述光源产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。

36. 一种照明系统，包括：

光源组，其具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度，所述光源组产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，

所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度；以及

积分器，其具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源组光学连接，并且所述积分器具有这样一个尺度，所述尺度从所述入口端到所述出口端的增加量更大，所述积分器这样设置，使得所述增加量更大的尺度与所述光源组产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。

具有非径向对称孔径的照明系统

技术领域

本发明涉及可应用于例如投影系统中的照明系统。更具体地说，本发明涉及在进入积分器之前光束具有非径向对称角强度分布的照明系统。

背景技术

典型的投影系统包含光源、照明光学装置、一个或多个成像装置、投影光学装置和投影屏幕。照明光学装置收集一个或多个光源发出的光，并且将所收集的光以预定的方式引导至到一个或多个成像装置。由经过了电子调节和处理的数字视频信号或其它输入数据所控制的成像装置产生与所述视频信号或数据对应的图像。然后，投影光学装置放大图像并将该图像投影到投影屏幕上。与颜色保持系统结合使用的白光光源（例如弧光灯）一直并仍将用作投影显示系统的主流光源。然而，近来，人们引入发光二极管(LED)作为可选光源。LED光源的一些优点包含：更长的使用寿命、更高的效率和优异的热特性。

常用于投影系统中的成像装置的例子包括数字微反射镜装置、数字光处理装置(DLP)、硅基液晶(LCoS)器件和高温多晶硅液晶装置(HTPS-LCD)。常用的投影系统的照明光学装置通常包括积分器。积分器通常起到通过其内壁上的反射而使进入其输入端的光均匀化的作用。目前已知的积分器包括反射镜隧道（例如实心或者中空的矩形隧道）以及由实心玻璃棒构成的通过全内反射传输光的细长型隧道。

发明概述

本发明涉及照明系统，所述照明系统包括具有非径向对称孔径的光源或者光源组。所述孔径具有较长尺度和较短尺度，因此所述光源或者光源组产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强

度分布具有较长的角尺度（角维度，dimension）和较短的角尺度。该照明系统还包括积分器，所述积分器具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源或光源组光学连接，并且所述积分器具有这样一个尺度（维度，dimension），该尺度从所述入口端到所述出口端的增加量更大。所述积分器这样设置，使得所述积分器的增加量更大的尺度与产生在所述积分器的入口端处的照明光的较长的角尺度基本上朝向同一方向。

本发明还涉及包括多个光源组的照明系统，每一个光源组具有非径向对称的孔径，所述孔径具有较长尺度和较短尺度。所述光源组产生具有非径向对称的角强度分布的照明光，所述角强度分布具有较长的角尺度和较短的角尺度。这种照明系统还包括积分器，所述积分器具有入口端和出口端，所述入口端与所述光源组光学连接，所述出口端具有较长尺度和较短尺度。所述积分器和所述光源组这样设置，使得所述积分器的出口端的较长尺度与产生在所述积分器的入口端处的照明光的各自较长的角尺度基本上朝向同一方向。

根据下面的详细说明以及附图，本发明的照明系统的上述这些方面和其它方面对本领域的普通技术人员来说是显而易见的。

附图的简要说明

为了使本发明所属领域的普通技术人员更容易理解如何实施本发明以及使用本发明，下面将参照附图详细地描述本发明的示例性实施例，其中：

图 1 是包括基本上为梯形的积分器的已知照明系统的示意性透视图；

图 2A 至图 2C 表示在三个不同长度的梯形积分器中用反向光线追踪法得到的梯形积分器入口端处光的角强度分布，其对应于出口端处的圆形的角强度分布；

图 3 是根据本发明构造的示例性照明系统的示意性透视图；

图 3A 是适用于图 3 所示示例性照明系统中的光源组的示例性结构的透视图；

图 4 是根据本发明构造的另一个示例性照明系统的示意性剖视图；

图 4A 示出在与图 4 所示系统相似的系统中具有非径向对称孔径的示例性光源组相对于二向色反射镜的位置；

图 5 示出适合用于将具有不同色调(shade)的绿光 LED 组合到同一颜色通道中的二向色组合器的模拟透射和反射性能特性；

图 6 示出两组具有不同色调的绿光 LED 的光谱，这两组绿光 LED 各自位于二向色组合器的前面（用实线表示其光谱）和后面（用点线表示其光谱）；

图 7 示出相同类型的一组绿光 LED 的发射光谱（实线）和两组具有不同色调（具有偏移的峰值波长）的 LED 经过二向色反射镜组合之后的光谱（点线）的比较；以及

图 8 示出通过组合两组 LED 而实现的净光通量的小数点后的数值增量(fractional increase)与 LED 光谱的峰对峰间距的函数关系。

发明详述

现在参照附图，在这些附图中相同的标记表示相似的元件，图 1 示出传统的照明系统 10。该照明系统 10 包括具有基本圆形对称的孔径 13 的光源 12、集光光学装置 14、积分器 16、中继光学装置 18 和照明目标 17 例如成像装置。在某些传统的照明系统中，积分器 16 具有梯形的形状，例如，具有大体正方形的入口端 16a 和大体矩形的出口端 16b。这种梯形积分器 16 将通过其中的光的角强度分布整形，从而将入口端 16a 处的大体圆形对称的角强度分布（如 13a 所示）转变为积分器出口端 16b 处的非径向对称（通常为椭圆形）的角强度分布（如 13b 所示）。由于常用的投影光学装置（图中未示出）例如一个或者多个透镜是圆形的，所以，积分器出口端处的非径向对称角强度分布的光可能会被该投影光学装置削掉一些(clipping)，从而导致光损失，要不然这些损失的光将导向观看者、投影屏幕等等。

假如需要在梯形积分器的出口端处得到大体圆形对称的角强度分布，可以通过反向光线追踪法确定积分器入口端处的角强度分布，

该角强度分布导致在出口端处产生这种大体圆形对称的角强度分布。例如，对于具有约 $6.1 \times 6.1 \text{ mm}$ 的大体正方形入口端和约 $16.0 \times 13.0 \text{ mm}$ 的大体矩形出口端的空心积分器，如果其入口端处的角强度分布大体上如图 2A 至图 2C 所示，则在出口端处得到角度范围为大约 ± 12.7 度的大体圆形对称的角强度分布。图中所表示的非径向对称（这里，大体椭圆形）的形状具有较长的角尺度和较短的角尺度，使得该较长的角尺度与积分器出口端的较长尺度基本上朝向同一方向。图 2A 示出了对长度约 75 mm 的积分器通过反向光线追踪得到的结果，其中，发现较长的角尺度为约 ± 35 度，较短的角尺度为约 ± 28 度。图 2B 和图 2C 分别示出对长度约 100 mm 和 200 mm 的积分器通过反向光线追踪得到的结果。

图 3 表示根据本发明构造的示例性照明系统 20 的示意性透视图，使得光在积分器入口端处充满由图 2A 至图 2C 中所示的形状表示的角空间。该示例性照明系统 20 包括光源或者光源组 22、积分器 26 和照明目标 27 例如成像装置。在某些实施例中，该照明系统还包括可任选的集光光学装置 24 和可任选的中继光学装置 28 中的一个或者二者。

如图 3 所示的积分器 26 具有大体正方形的入口端 26a 和大体矩形的出口端 26b，但是入口端和出口端的形状可以改变。例如，入口端 26a 可以具有大体矩形的形状，其中至少一个尺度小于出口端 26b 的至少一个尺度，并且，在某些实施例中，出口端 26b 可以具有大体正方形的形状，其中一边大于入口端 26a 的至少一个尺度。图 3 所示的结构特别适用于这样一种情况：其中，一个或多个光源具有正方形的发射表面，并且，照明目标例如成像装置具有矩形的形状。因此，积分器入口端的形状可以与发射表面中的一个或者多个形状相匹配，而出口端的形状可以与照明目标的形状相匹配。

在大多数的实施例中，出口端 26b 的较长尺度应当与成像装置 27 的较长尺度基本上朝向同一方向。本领域的普通技术人员很容易认识到，这样的尺度可以实现在照明目标附近所需的匹配状态，例如使用折叠反射镜或者其他改变光方向的光学装置（direction-altering

optics) 的情况。在某些示例性实施例中, 出口端 26b 具有与照明目标 27 基本上相同的纵横比, 例如约 16: 9, 该值是对应于典型的成像装置例如 LCoS 或者 DLP 的情况。在包括中继光学装置 28 的示例性实施例中, 中继光学装置可以构造用来将积分器出口端 26b 成像于照明目标 27 上。通常, 照明系统 20 这样构造, 使得落入照明目标 27 上的照明光大于照明目标区的面积, 例如超出约 3% 到约 10% (按面积计算)。在某些示例性实施例中, 置于积分器 26 之前的光学元件可以构造用来使一个或多个光源 22 的一个或多个发射表面成像于积分器 26 的入口端 26a 上。

进一步参照图 3, 光源或光源组 22 这样构造, 使得它具有非径向对称 (优选为大体椭圆形的) 孔径 23, 其中较短的尺度 A 基本上沿系统 20 的 Y 轴定位, 较长的尺度 B 基本上沿系统 20 的 X 轴定位。在该示例性实施例中, 积分器出口端 26b 的较长尺度和照明目标诸如 27 成像装置的较长尺度基本上沿系统 20 的 X 轴定位, 而它们的较短尺度基本上沿系统 20 的 Y 轴定位。然而, 本领域的普通技术人员容易认识到, 光源或者光源组 22 的适当尺度以及积分器 26 的尺度应当适当定位, 以便在积分器的入口端处产生所需的角强度分布。对于使用折叠反射镜或者其他改变光方向的光学装置的情况就是这样。

与图 3 所示结构相似的光源组在积分器的入口端 26a 的空间中产生具有非径向对称角强度分布的光束, 如 23a 所示。该角强度分布 23a 具有与孔径 23 的较长尺度 B 对应的较长的角尺度和与孔径 23 的较短尺度 A 对应的较短的角尺度。在所示的该示例性实施例中, 照明光的角强度分布的较长的角尺度与积分器 26 的出口端 26b 的较长尺度基本上朝向同一方向。这样的尺度可以使得在积分器 26 的入口端 26a 处实现匹配, 例如使用折叠反射镜或者其他改变光方向的光学装置的情况。该积分器 26 以这样的方式处理光束, 使得光束从出口端 26b 射出, 成为 23b 所示的角强度分布的径向对称性更强的光束。

在积分器具有其它形状的入口端和出口端的示例性实施例中, 积分器入口端处照明光的角强度分布的较长的角尺度应当与包含积分器的这样一个尺度的平面基本上平行, 该尺度从入口端到出口端的

增加量更大。在图3所示的实施例中，所述的增加量更大的方向基本上沿X轴取向，其中，积分器26的大体正方形的入口端26a的一边转变成积分器26的大体矩形的出口端26b的较长边。

图3A示出适合用于图3所示系统中的光源组122的示例性结构以及该光源组相对于梯形积分器126的位置。光源组122包含光源集合112（例如光源172、172'、172''）、第一折射元件组114（例如凹凸透镜174、174'、174''）和第二折射元件组116（例如平凸透镜或双凸透镜176、176'、176''）。在某些示例性实施例中，第一折射元件组114中的元件可以包含大体圆形外形的透镜，而第二折射元件组116中的元件可以包含至少一些具有大体正方形或六边形外形的透镜，从而使它们可以密堆积在一起以便使它们之间的空隙区域最小。如图3A所示，将光源集合112、第一折射元件组114和第二折射元件组116这样设置，使得形成具有大体椭圆形外形的孔径，将其置于积分器126的大体正方形的入口端126a的前面，使得大体椭圆形的孔径的较长尺度与积分器的大体矩形的出口端126b的较长尺度大体上朝向同一方向，在该示例性实施例中，出口端126b的较长尺度还对应于积分器126的从入口端126a到出口端126b的增加量更大的尺度。

在某些示例性实施例中，光源组122还构造用来形成单独的目标通道，所述目标通道包括一个或者多个与每个光源相关联的光学元件，例如一个或者多个透镜，所述透镜将光源发射的至少一部分光引导并聚焦于积分器的入口端126a上。这种光源组的示例性结构在Magarill等人的共同转让并同时提交的代理机构案卷号为59637US002的美国专利申请（标题为“Illumination Systems With Separate Optical Paths for Different Color Channels”）中有所描述，在与本发明一致的范围内将该专利的内容以引用的方式并入本文。具体而言，在光源组122中，成对的折射光学元件（例如174和176，174'和176'，174''和176''）分别与光源集合112中的一个光源（例如172，172'，172''）相关联。各个通道通过如下方式来对准，例如，将光源集合112沿着曲面（例如以积分器入口端为中心的球面）相切

地布置,而且折射光学元件组 114 和折射光学元件组 116 也基本上遵循这样的结构。

在这样的示例性实施例中,光源及其相关联的(一个或多个)折射元件,例如光源 172 及折射光学元件 174 和 176,形成各个目标通道。在某一些实施例中,折射光学元件组 114 和折射光学元件组 116 这样构造,使得光源的发射表面例如 LED 的发射表面成像于积分器 126 的入口端 126a 上。然而,各种不同的合适光源以及各种不同形状和大小的折射光学元件也可以用于本发明的合适实施例中。折射光学元件的数量,例如与各自的光源相关联的折射光学元件的数量,也可以改变。可选的是,光源可以包含在折射光学元件的组件中,以便形成这里所述的非径向对称的孔径。

图 4 示出了根据本发明所构造的照明系统的另一示例性实施例,示意性地示出了包括示例性照明系统 300 的单面板投影系统 50 的一部分。该照明系统 300 包含与不同原色对应的通道,图 4 中示出红色通道 305、绿色通道 315 和蓝色通道 325。适合于具体应用而采用其它颜色的光源和通道以及不同通道数目的照明系统也在本发明的范围内。

红色通道 305 包含红光光源组 302 (例如红光 LED) 以及二向色组合器 332 (例如二向色反射镜)。绿色通道 315 包含绿光光源组 312 (例如绿光 LED) 以及二向色组合器 332 和 334 (例如二向色反射镜)。蓝色通道 325 相应地包含蓝光光源组 322 (例如蓝光 LED) 以及二向色组合器 332 和 334。二向色组合器 334 这样构造,使得它透射可见光光谱的绿色区,而对可见光光谱的蓝色区表现出相对较高的反射率。因此,二向色组合器 334 透射从绿光光源组 312 中射出的绿光,同时反射从蓝光光源组 322 中射出的光,从而形成绿光和蓝光的组合光束并入射在二向色组合器 332 上。

相应的是,二向色组合器 332 透射可见光光谱的绿色区和蓝色区,而对光谱的红色区表现出较高的反射率。因此,二向色组合器 332 透射从光源组 312 和 322 入射到其上的绿光和蓝光,同时反射从红光光源组 302 发出的红光,从而形成绿光、蓝光和红光的组合光束

并入射到公共积分器 352 的入口端。在所示的示例性实施例中，光源组 302、312 和 322 优选按照图 3A 所示方式构造并参照图 3A 进行描述，并且，在这种情况下，它们应当这样设置，使得光源组的较长尺度布置成与二向色反射镜的旋转（或倾斜）轴 R 基本上朝向同一方向，如图 4 中指向视图平面内的箭头所示。图 4A 中更详细显示的方位和布置将是理想的，这是因为光源组的较长尺度对应于椭圆光锥的较长的角尺度。减小入射在二向色光学装置上的角度的变化量将有助于减小色差。

如果将光源及其关联的折射元件以大体上沿球面并与该球面相切的方式设置，则这些表面优选以积分器 352 的入口端为中心。在某些示例性实施例中，光学元件可以构造用来使一个或多个光源的一个或多个发射表面成像于该积分器的入口端上。但是，其它合适结构的光源组也可以用于本发明的该实施例和其它实施例中。在采用梯形积分器 352 的示例性实施例中，积分器 352 的出口端的较长尺度可以与光源组的较长尺度基本上朝向同一方向，但是能够在入口端处产生所需的角强度分布的其它取向也在本发明的范围内。

投影系统 50 的照明系统 300 还可以包括中继光学装置（例如中继透镜 55a 和 55b）、置于透镜之间的折叠反射镜 57、成像装置 56 以及如下元件中的一个元件：TIR 棱镜组件 54、偏振分束器（PBS）和一个或多个偏振器。投影系统 50 还可以包括投影光学装置 58。在本发明的一些实施例中，该系统可以这样构造，使得中继光学装置将积分器 352 的出口端成像于成像装置 56 上。TIR 棱镜组件 54 起到如下作用：将从中继光学装置射出的光，例如通过小面 54a 处的反射，改向并引导至成像装置 56 上。经成像装置 56 调制的光通过 TIR 棱镜组件 54，由投影光学装置 58（例如一个或多个透镜）收集，以便发送给屏幕（图中未示出）或另一光学元件或装置以用于进一步处理。

在诸如投影电视之类的应用中，典型的照明系统应该使用具有一定比例的红、绿和蓝主分量的光，以便在屏幕上提供所需的色温。通常，这些分量中的一个分量是系统性能的限制因素。在根据本发明构造的一些示例性照明系统中，可以通过引入在特定颜色通道的波长

范围内具有不同色调的光源（或光源集合）来得到附加亮度。每个这种光源或光源集合均具有不同的峰值波长，并且它们的照明光可以与波长选择元件（例如二向色反射镜）或者衍射光学装置（例如衍射光栅）组合。可以使用光谱相对较窄的任何光源，例如，LED、激光或磷光材料。

图 5 示出适合用于将不同色调的绿光 LED 组合到同一颜色通道中的二向色反射镜的模拟透射和反射性能特性。这种二向色反射镜可以适当放置于 LED 组之间，以便组合它们的照明。二向色反射镜被模制成 32 层的薄膜涂层，其主光线的入射角为大约 45 度，入射光锥为大约 ± 6 度。透射曲线和反射曲线显示为针对 P 偏振，这适合于使用偏振光的 LCoS 系统和其它系统。图 6 示出两组具有不同色调的绿光 LED 的光谱，所述绿光 LED 位于具有图 5 所示性能的二向色反射镜之前（用实线表示其光谱）和之后（用点线表示其光谱）。所示的这两个 LED 光谱是通过对 Luxeon™ LXHL-PM09 绿光发光器（可以从 Lumileds Lighting 公司获得）的测量光谱按需进行移位而得到的，使得组合光谱提供所需的颜色。

图 7 示出一组 LED 的发射光谱（实线）和两组 LED（每一组具有 N 个 LED）的光谱（点线）的比较，该一组 LED 包含同一类型的任意数目 N 的绿光 LED，该两组 LED 与二向色反射镜组合并且具有不同的色调（具有偏移的峰值波长）。因此，通过组合两组 LED，可以得到总流明通量的净增益，如图 8 所示。图 8 示出表示净光通量的小数后的数值增量计算值作为 LED 光谱的峰对峰间距的函数的曲线图，该净光通量的小数点后的数值增量通过组合两组具有图 6 和图 7 所示性能的 LED 而得到。不同的曲线对应于如下二向色反射镜的模拟性能，即，充当理想阶梯滤光器的二向色反射镜、充当用于实际应用的大约 6 度入射光锥半角的滤光器的二向色反射镜以及充当用于实际应用的大约 12 度入射光锥半角的滤光器的二向色反射镜。

已经发现，随着峰间距从大约 0 nm 增大到大约 40 nm，净光通量的微增量计算值也增加。因此，对于图 5 至图 7 中所描述的模拟的示例性光源（大约 20 nm 的峰对峰间距和大约 6 度的光锥半角），通

过使用具有不同色调的 LED 的照明系统,多提供了大约 22%的流明。另外,已经发现,LED 的峰间距在绿色通道的色坐标未达到 SMPTE C 色度学所规定的标准之前可以上升到高达 40 nm。因此,通过产生比单个光源的光谱更宽的组合光谱,可以在损失一定量的色饱和度的情况下使更多的光耦合到系统中。因为单个典型的高亮度 LED 的光谱通常足够窄,使得所得到的通道的色饱和度比典型投影电视应用所需的色饱和度更好,所以可以使用额外的光谱区域来耦合来自不同色调的附加 LED 中的光。

适用于本发明的某些示例性照明系统中的典型组成元件包括 LED 光源,例如绿光 Luxeon™ III 发光器、LXHL-PM09、红光 Luxeon™ 发光器、LXHL-PD01 和蓝光 Luxeon™ III 发光器 LXHL-PR09。将这些 LED 按照图 3A 所示出并参照其进行描述的方式设置。例如,沿以积分器 126 的入口端 126a 为中心的球面设置 13 个 LED。第一折射光学元件和第二折射光学元件(例如透镜 174 和 176)可以如图 3A 所示的那样设置在每个 LED 的前面,使得第二折射光学元件组 116 中的每个第二透镜的顶点离积分器入口端 126a 的中心的距离为大约 50.0 mm。合适的光源组和积分器的其它示例性参数示于表 1 中。

表 1 光源组和积分器的设计参数

	表面	半径 (mm)	离下一 表面的 距离 (mm)	材料	通光孔径 (mm)	锥体常量
LED 圆顶		2.800	3.17		5.6	
第一透镜 174	1	24.702	4.00	丙烯酸类塑料 n=1.4917	9.82	11.664
	2	6.574	0.02		11.40	
第二透镜 176	3	-44.133	6.00	丙烯酸类塑料 n=1.4917	正方形 6.1 × 6.1	
	4	9.39	50.00			-1.3914
积分器		(6.1×6.1)×50.0×(6.1×10.7) mm				

可以通过将 LED 及其关联的折射元件围绕积分器入口端的中央进行旋转，来将光源组沿着球面布置。XZ 和 YZ 平面的旋转角示于表 2，单位为度：

表 2 光源组元件的角坐标

元件	X 平面的旋转（度）	Y 平面的旋转（度）
1	-6.5	-26
2	6.5	-26
3	-13	-13
4	0	-13
5	13	-13
6	-13	0
7	0	0
8	13	0
9	-13	13
10	0	13
11	13	13
12	-6.5	26
13	6.5	26

根据本发明构造的照明系统具有很多优点。例如，这种照明系统可以包括 LED 光源，与传统的高压汞弧灯相比较，这样可延长使用寿命、降低成本、并具有更优的环境特性，并且不发射红外光或紫外光，因此不需要 UV 滤光器和冷光反射镜。另外，LED 由低压 DC 电源驱动，与驱动弧光灯的高压 AC 镇流器相比较，这样就使得对敏感型显示电子设备产生电干扰的可能性大大降低。此外，由于 LED 的带宽比较窄，所以 LED 在不降低亮度的情况下提供了较好的色饱和度。

虽然已经参照具体的示例性实施例描述了本发明的照明系统，但是本领域的普通技术人员将容易理解，在不脱离本发明的实质和范围的情况下，可以对本发明进行各种修改和变形。例如，用于本发明的各个实施例中的光学元件（例如折射元件或者合适的反射元件）的

尺寸、结构、类型和数量可以根据具体应用和照明目标的性质及尺寸而改变。适合具体应用而采用不同颜色的光源和通道以及不同数量的通道的照相系统也在本发明的范围内。本发明的示例性实施方案可以与各种光源一起使用，例如其它颜色的 LED、有机发光二极管(OLED)、垂直腔面发射激光器(VCSEL)和其它类型的激光二极管、磷光光源和其它合适的发光装置。

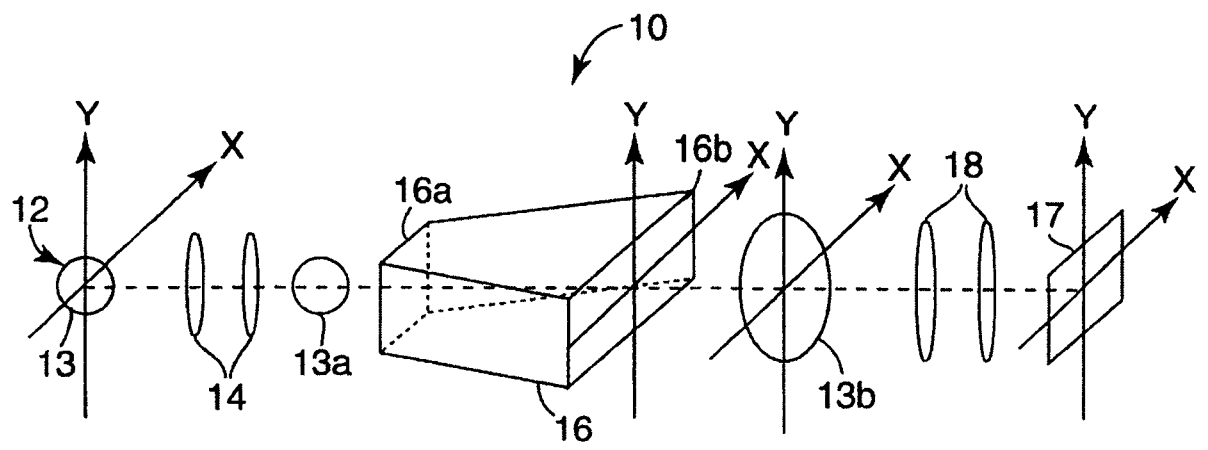


图 1
(现有技术)

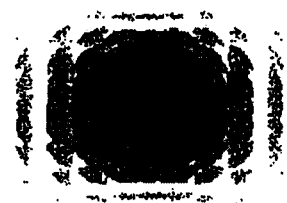


图 2A



图 2B



图 2C

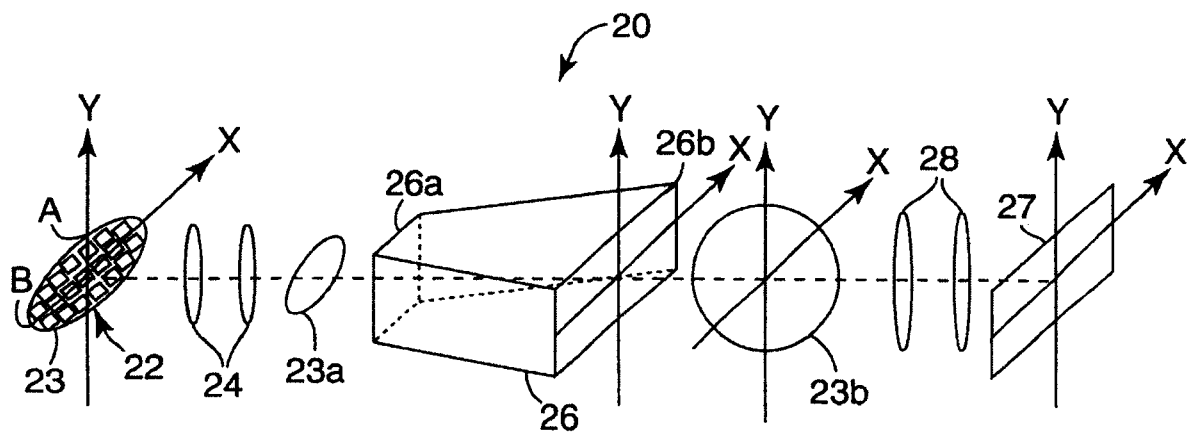


图 3

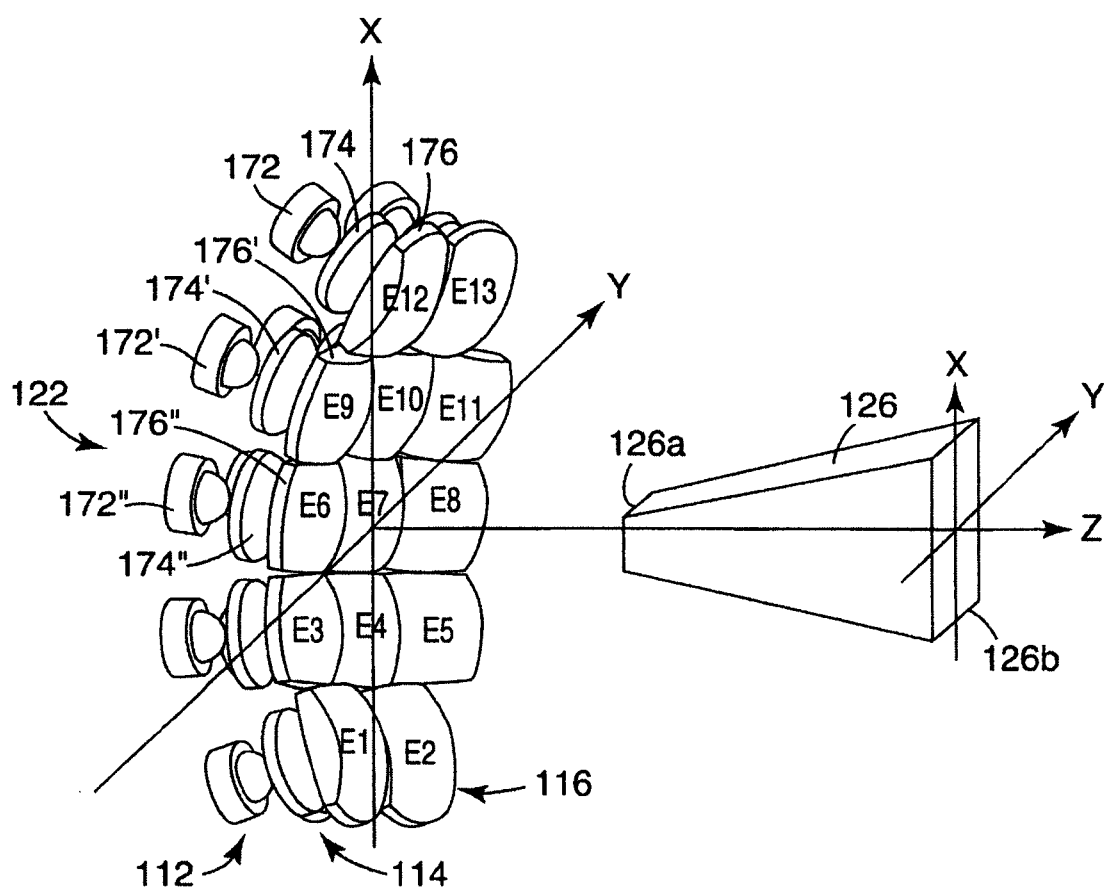


图 3A

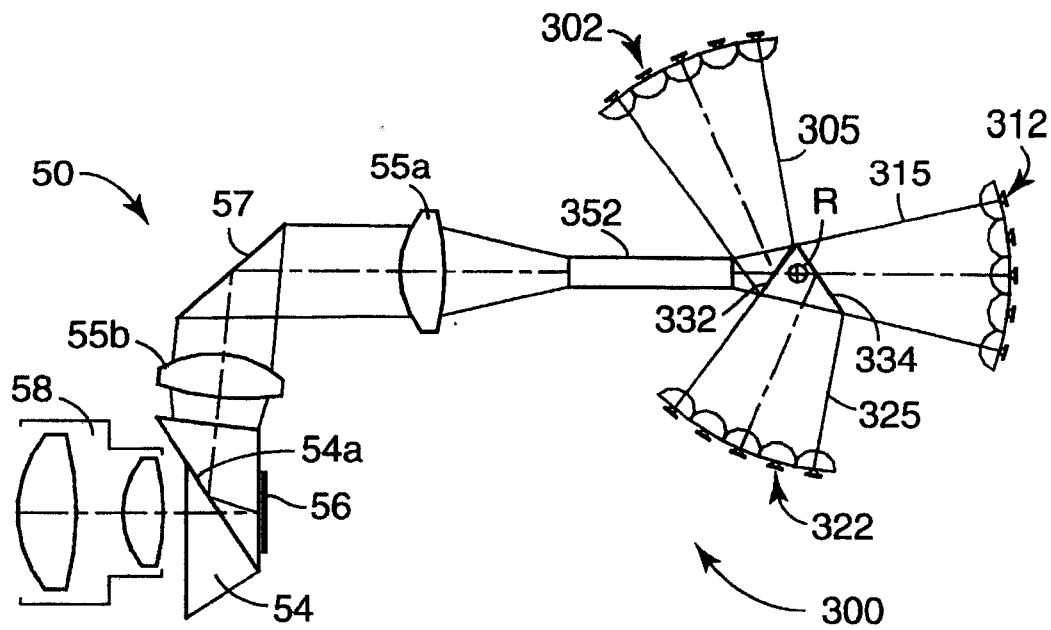


图 4

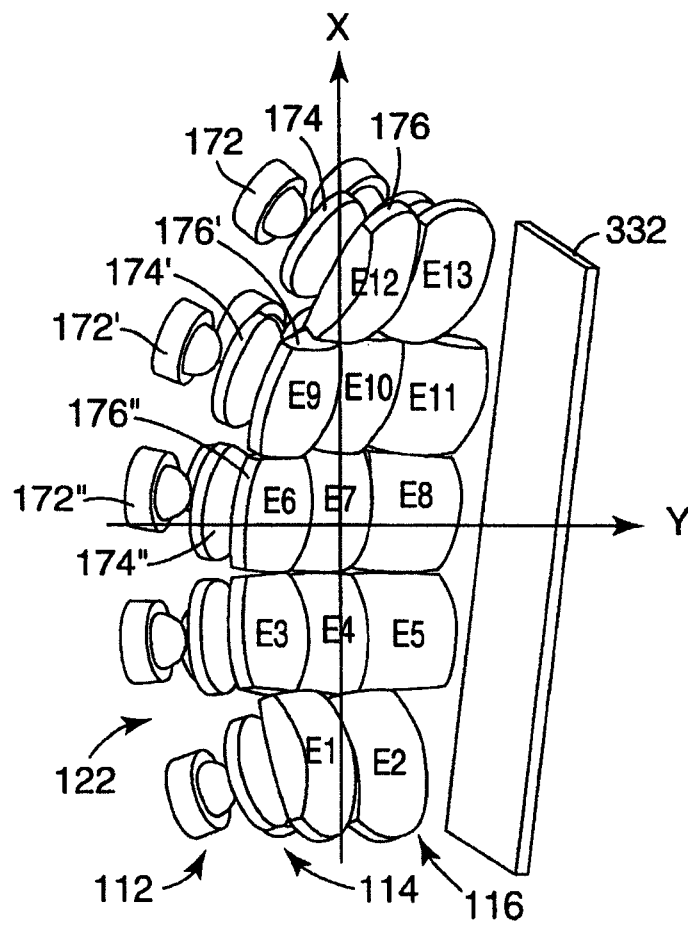


图 4A

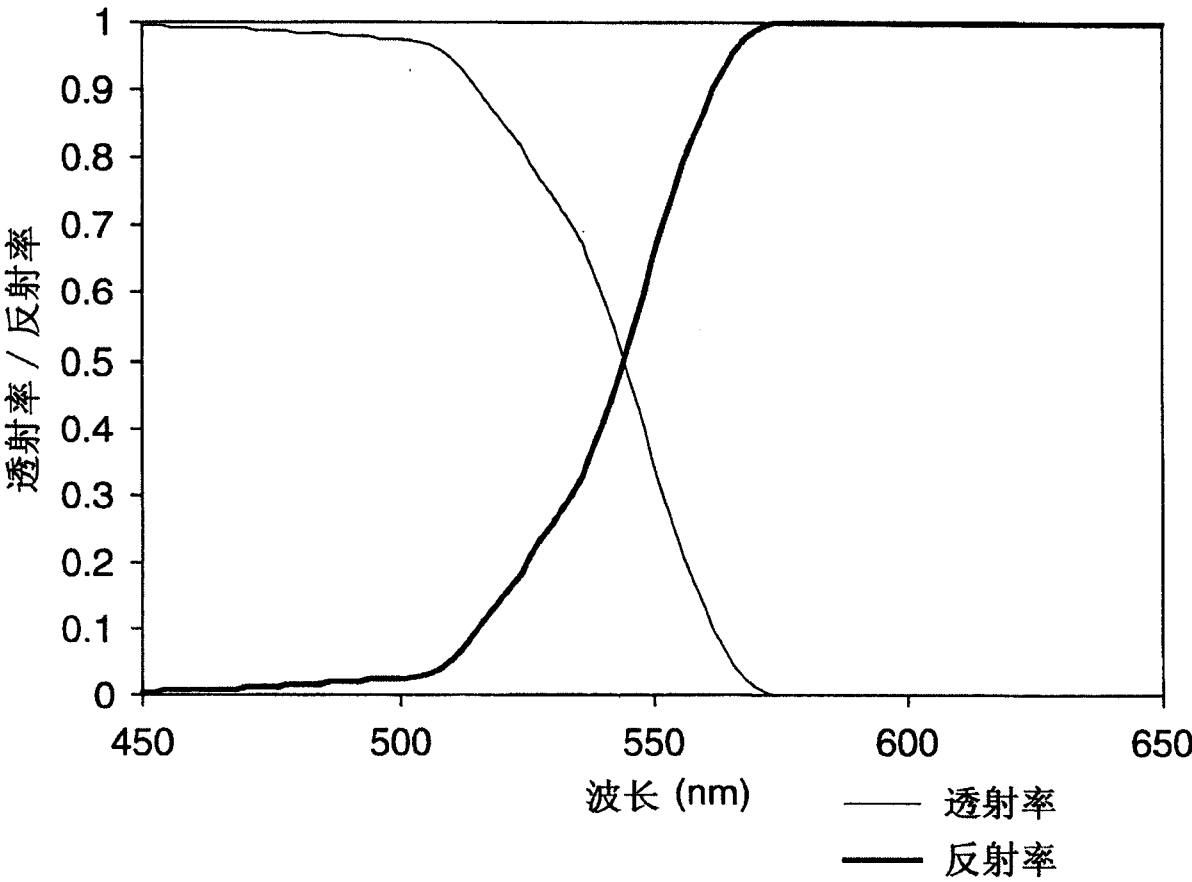


图 5

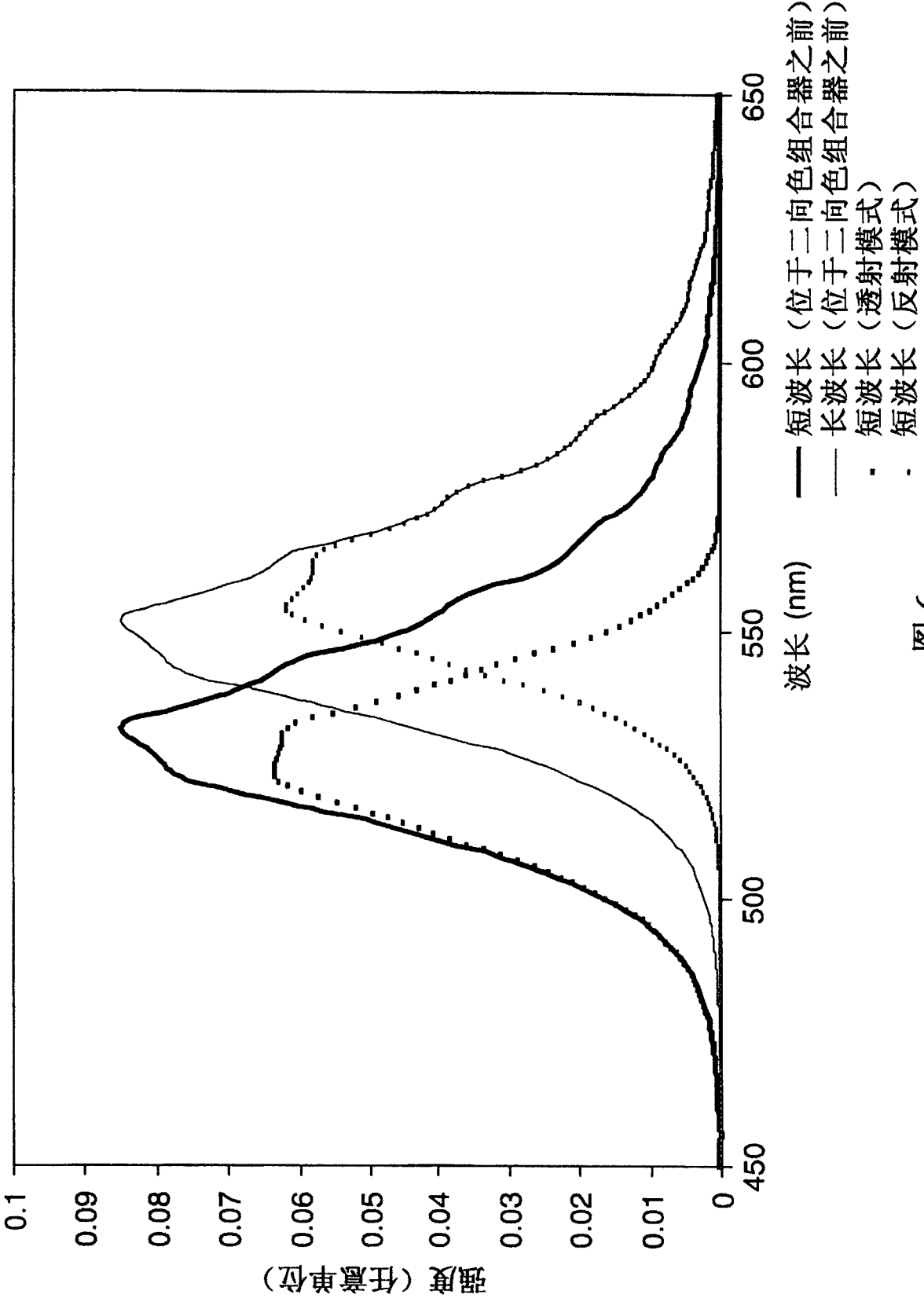


图 6

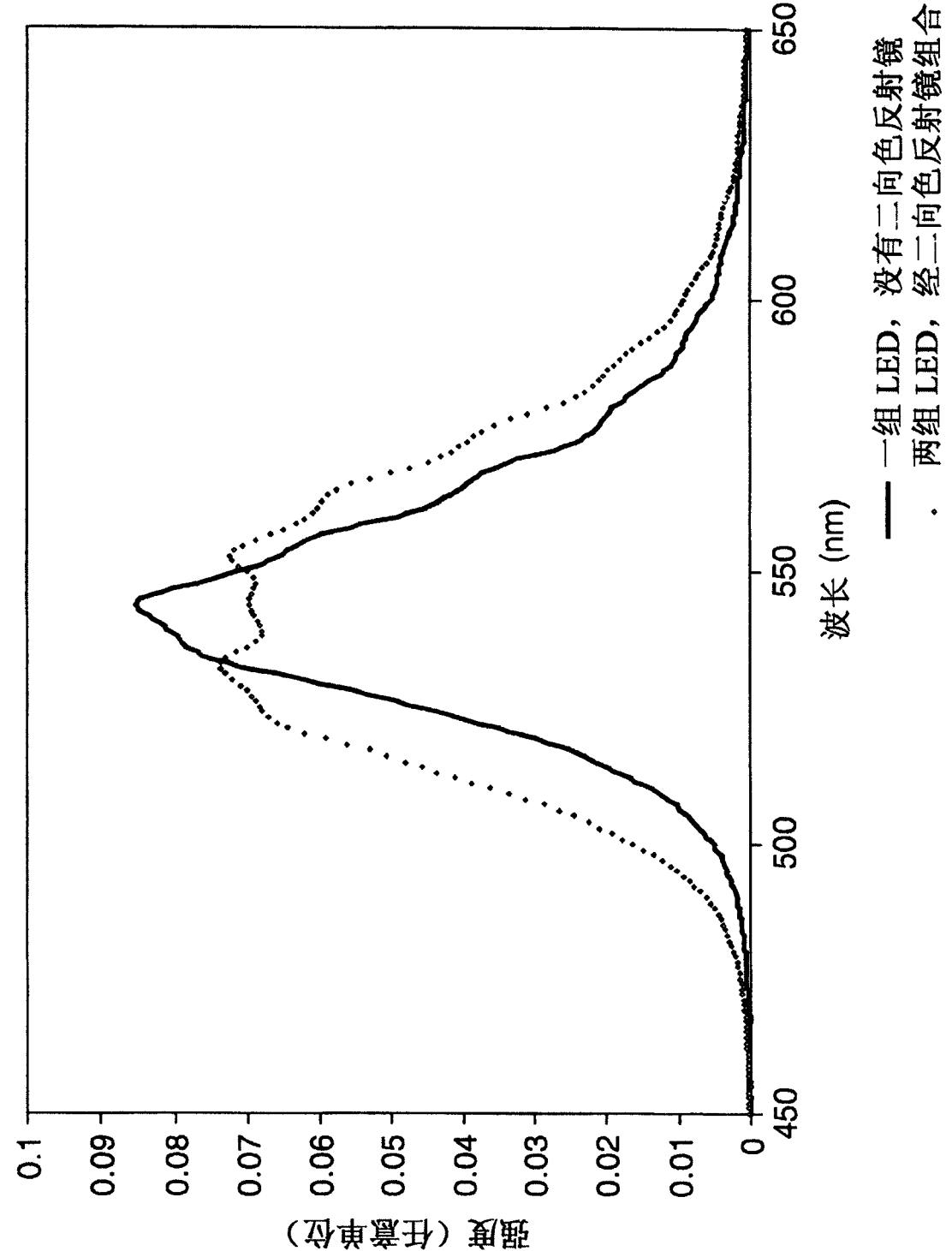


图 7

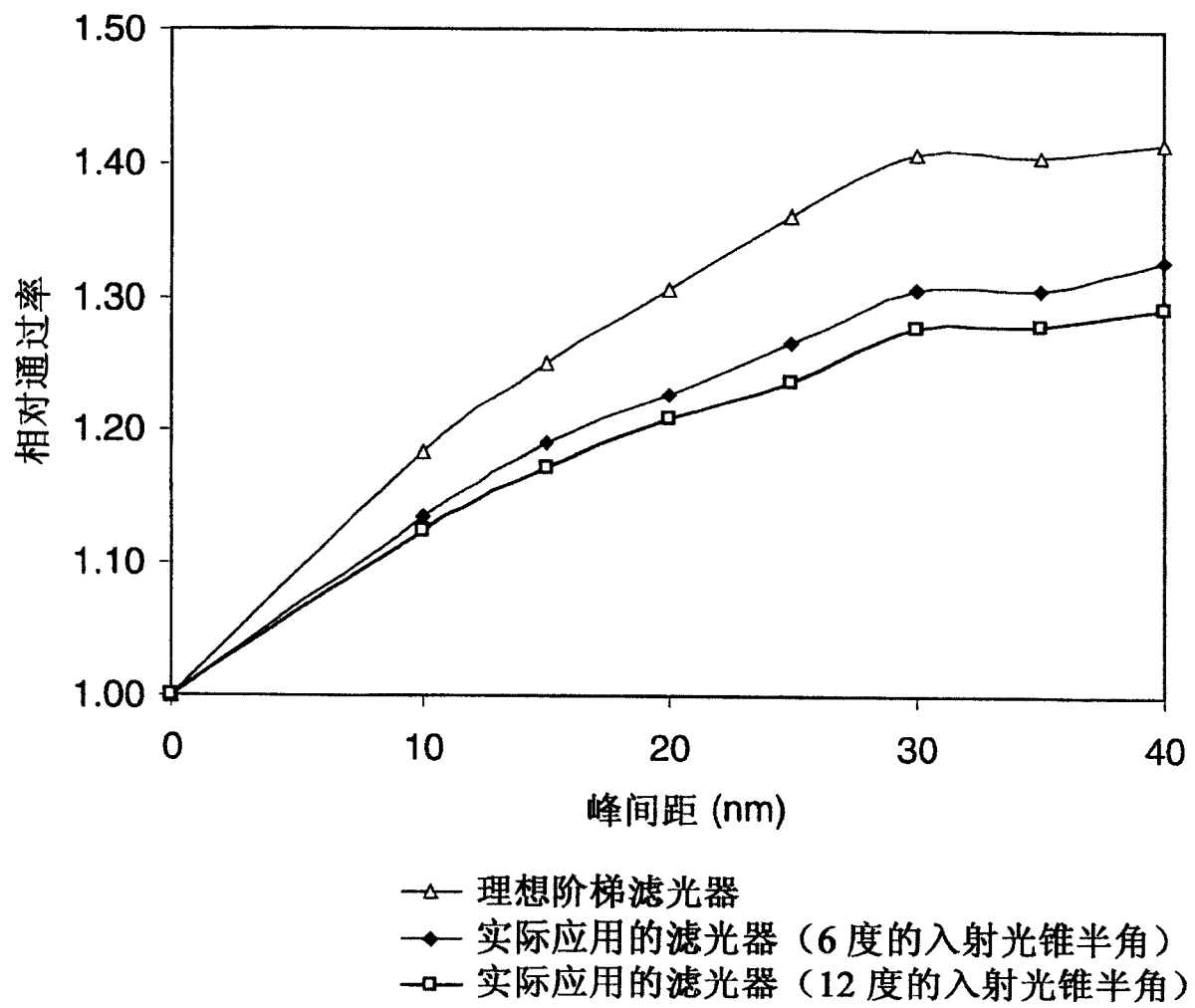


图 8