



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101351745 B

(45) 授权公告日 2011.05.04

(21) 申请号 200680049875.4

(22) 申请日 2006.12.27

(30) 优先权数据

11/322,958 2005.12.30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.06.30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/049219 2006.12.27

(87) PCT申请的公布数据

W02007/079061 EN 2007.07.12

(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 帕特里克·R·德斯藤

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 车文 郑立

(51) Int. Cl.

G03B 21/00 (2006.01)

G03B 27/32 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6868223 B2, 2005.03.15, 全文.

US 6816234 B2, 2004.11.09, 全文.

审查员 谭晓波

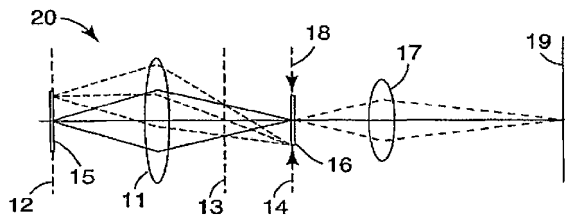
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 2 页

(54) 发明名称

投影系统及其光束调制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种投影系统,其在所述聚光器和所述投影透镜之间具有规定的关系,其中,通常与投影物面重合的成像器门位于聚光器后焦面和聚光器像面之间,并且与二者隔开。所述聚光器使扩展光源在所述聚光器像面上成像,优选地具有足够的场曲,用以产生所述光源的弯曲图像。限定图像的像素化面板或胶片位于所述成像器门处。选择所述聚光器的放大率以使所述光源的所述图像与所述像素化面板具有基本相同的尺寸。将所述成像器门布置在远离所述聚光器像面的位置处,可以使所述光源的区域内的任何亮度不均匀变得模糊,从而形成照明相对均匀的图案,其外部轮廓与所述成像器门的轮廓匹配。



1. 一种投影系统,包括:
聚光器,其具有聚光器物面、聚光器像面和聚光器后焦面;
成像器门,其设置在所述聚光器后焦面和所述聚光器像面之间,并与这两个面隔开;以及
光源,其位于所述聚光器物面处;
其中所述聚光器形成所述光源的弯曲图像。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述成像器门距离所述聚光器像面比距离所述聚光器后焦面更近。
3. 根据权利要求1所述的系统,还包括:
具有投影物面和投影像面的投影透镜;
其中所述成像器门设置在所述投影物面内。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述成像器门设置在所述聚光器后焦面和所述弯曲图像之间,并与二者隔开。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述弯曲图像朝向所述聚光器向内弯曲。
6. 根据权利要求5所述的系统,其中所述成像器门距离所述弯曲图像比距离所述聚光器后焦面更近。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述聚光器具有非零量的球面像差。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源具有扩展的外部轮廓,并且在整个所述外部轮廓上非均匀地发光。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述光源具有由所述外部轮廓界定的截然不同的发光区域和不发光区域,所述发光区域包括至少一个LED晶粒。
10. 根据权利要求9所述的光学系统,其中所述截然不同的发光区域对应于LED晶粒阵列,并且所述外部轮廓基本上为矩形。
11. 根据权利要求8所述的系统,其中所述外部轮廓为矩形。
12. 根据权利要求1所述的系统,还包括设置在所述成像器门处的像素化面板。
13. 根据权利要求12所述的系统,其中所述像素化面板为反射型。
14. 根据权利要求13所述的系统,其中所述像素化面板包括硅基液晶面板。
15. 一种投影系统中调制光束的方法,包括:
提供扩展光源;
用聚光器将所述光源的光聚焦成光束投射到所述聚光器的像面上,所述聚光器还具有后焦面;以及
通过在成像器门处对所述光束进行空间调制以形成图像,其中所述成像器门设置在所述聚光器像面和所述聚光器后焦面之间。
16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述聚光器限定光轴,并将所述光源的光聚焦,用以在所述光轴上形成与所述像面重合的所述光源的弯曲图像。
17. 根据权利要求15所述的方法,其中所述扩展光源具有光源外部轮廓,所述成像器门具有全等于所述光源外部轮廓的成像器形状。
18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述光源外部轮廓和所述成像器形状为纵横比不同的矩形,并且所述聚光器包括至少一个变形元件。

19. 根据权利要求 15 所述的方法,其中所述形成图像的步骤包括以可调节的方式控制所述光束的各个部分在所述成像器门处的偏振。

20. 根据权利要求 15 所述的方法,还包括:

用投影透镜将所述图像投影到屏幕上。

投影系统及其光束调制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及投影系统的照明。

[0002] 背景技术

[0003] 在投影系统中,希望在不浪费光的情况下为像素化的矩形面板提供几乎均匀的照明。Kohler 照明系统使用大致为圆形的均匀光束的中心矩形部分,因此浪费了大量的光。在 Abbe 照明中,光源中存在的任何不均匀同样存在于图像中。如果在光路中引入另外的均匀器元件(例如,扩散片、透镜阵列或隧道形光导),那么这些元件可能会对投影仪的尺寸、复杂性、造价和/或效率产生不良影响。

[0004] 发明内容

[0005] 本专利申请公开了(特别是)包括聚光器和成像器门(imager gate)的投影系统。聚光器包含聚光器物面、聚光器像面和聚光器后焦面。成像器门优选地设置在聚光器后焦面和聚光器像面之间,并与这两个面隔开。该系统通常还包括大致位于聚光器物面的光源,聚光器优选地形成光源的弯曲图像,以使得在成像器门处的光分布在图像的中央区域能够被优先模糊化或变得均匀,而在图像的周边区域不那么模糊。当光源具有扩展的外部轮廓,并且在整个外部轮廓上不均匀地发光(例如,具有数量为两个或更多的一组 LED 晶粒(die),这些 LED 晶粒紧密布置在扩展的外部轮廓的界面范围内)时,这尤其有利。

[0006] 本专利申请还公开了调制光束的方法。其中一些方法包括:用聚光器将光束聚焦到聚光器的像面上,并通过对设置在聚光器像面和聚光器后焦面之间的成像器门处的光束进行空间调制以形成图像。成像步骤可以包括对光束的各个部分在成像器门处的偏振进行可调控制。

[0007] 本专利申请还公开了包括聚光器透镜和投影透镜的投影系统。聚光器透镜具有聚光器像面和聚光器后焦面。投影透镜具有投影物面,该平面设置在聚光器后焦面和聚光器像面之间,且与二者隔开。

[0008] 本专利申请还公开了包括光源、聚光器和反射液晶面板的投影系统。该聚光器具有聚光器物面、聚光器像面和聚光器后焦面,当光源位于聚光器物面时,该聚光器会在聚光器像面上形成光源的图像。反射液晶面板设置在聚光器后焦面和聚光器像面之间,并与这两个平面隔开,并且优选地设置在距离聚光器像面比距离聚光器后焦面更近的位置。光源可以是发光二极管阵列或者包括发光二极管阵列。聚光器可包括至少一个消球差透镜、至少一个菲涅耳透镜和至少一个转像透镜,并且转像透镜可根据需要在偏振光分束器的表面上形成。

[0009] 本专利申请的这些方面及其他方面从下面的详细描述中将显而易见。然而,在任何情况下以上概述都不应理解为是对受权利要求书保护的主题的限制,该主题仅受所附权利要求的限定,在审查期间可以对其进行修改。

附图说明

[0010] 图 1 为 Kohler 照明系统的示意图。

- [0011] 图 2 为 Abbe 照明系统的示意图。
- [0012] 图 3 为基本上没有场曲的照明系统的示意图。
- [0013] 图 4 为场曲较大的照明系统的示意图。
- [0014] 图 5 为照明系统的一个实施例的平面图。
- [0015] 图 6 为示出了将不均匀扩展光源转化为均匀照明光束的示意图。
- [0016] 在这些图中,类似的附图标号指定类似的元件。

具体实施方式

[0017] 投影系统对电视系统、会议室和剧院而言变得越来越普遍,人们也一直在努力使其更小和更便宜。

[0018] 在一类投影系统中,由光源发出的光经过聚光器集中后投射到像素化面板上,如硅基液晶 (LCOS) 面板。光经过像素化面板反射之后由投影透镜在远处的屏幕上成像。在这类投影系统中,与屏幕上可见的图像相比,像素化面板通常很小,并且通常认为,理想情况下应使用数量最少的元件将光源、聚光器、像素化面板和中间光学元件(不包括投影透镜)定位在尽可能最小的空间内。

[0019] 聚光器和投影透镜之间的关系会影响投影系统的性能。图 1 和 2 示出了两种这样的关系,通常分别称为 Kohler 照明系统和 Abbe 照明系统。当用于投影系统时,这两种关系均有不足之处,下文将对此进行详细描述。注意图 1 和 2 所示为透射的情况;本领域的普通技术人员可以容易地对这些系统中的任何元件进行调整,以使其适合在透射、反射或二者的组合中使用。

[0020] 图 1 和图 2 有几个共同的元件,在区分 Kohler 照明系统和 Abbe 照明系统之前,以一般性术语对这些元件进行描述是有益的。在这两个图中,均有聚光器 11 和投影透镜 17。为了便于读者理解,在图 1 和图 2 的底部标注与聚光器有关的元件(编号为 11 到 16)。相比之下,在这些图的顶部标注与投影透镜有关的元件(元件 17-19)。正如下文进一步讨论的,适当设定投影元件(17-19)相对于聚光器元件(11-16)的位置可使投影系统的光学性能达到最佳。

[0021] 元件 11 为聚光器。为便于举例说明,将其绘制为简单的单片透镜,但读者应当理解,它可以是一个或多个折射元件、反射元件和/或衍射元件的组合。例如,聚光器 11 可包括消球差的复合透镜,也就是说该复合透镜不会使透射光束产生任何球面像差。聚光器 11 还可以包括一个或多个微晶复制元件,例如,菲涅耳透镜。菲涅耳透镜一般比对应的块状光学透镜更薄、更轻,因而可能是理想的。聚光器还可以包括一个或多个转像透镜,以及一个或多个变形元件(如圆柱形表面),以使得聚光器沿垂直横向轴具有不同程度的放大。

[0022] 注意,与投影透镜 17(一般有减小的波前像差)不同的是,聚光器 11 可以可选地具有明显的波前像差,例如,球面像差、彗差、像散、场曲、失真和/或色差。一般来讲,聚光器 11 内可存在波前像差,但不降低投影系统的整体性能。

[0023] 无论聚光器 11 为单片透镜还是由折射元件、反射元件和/或衍射元件构成的更加复杂的组合,均具有与其相关的三个轴向位置,这些位置在图 1 和图 2 中全部以竖直虚线表示。有聚光器物面 12 和聚光器像面 14,各自所处的位置使得位于聚光器物面 12 处的物体在聚光器像面 14 处形成近轴像。注意,聚光器 11 内可以存在可选的波前像差,该像差会使

聚光器实际成像失真,因此无需是真正的平面。然而,这并不会影响聚光器像面 14 的位置,该位置为近轴量。此外,还存在聚光器后焦面 13。与这三个轴向位置相关的平面本质上都是近轴的,因此也是精确平面,但读者应当理解,在实际的光学系统中(尤其是在诸如本发明所公开的系统之类的广角系统中),非近轴光线可能起重要作用,并且实像面、物面和焦面可能会在远离光轴的横向位置处明显偏离近轴平面,而在光轴上则会与各自的近轴平面重合。

[0024] 光源 15 可以是或者包括任何合适的光源,例如,发光二极管(LED)、LED 阵列、弧光灯、卤素灯、荧光灯、激光二极管的一个或多个输出面和其他光源。尽管可以使用点光源,但光源 15 优选地具有有限的空间范围。图 1 和图 2 示意性地示出了这一有限范围,在该范围内,从光源中心发出的光线用实线示出,从光源 15 边缘发出的光线则用虚线示出。示出的实线和虚线光束以相同的取向和相同的锥角发射;这是许多光源的良好近似,其中光源的发射特性通常与光源的空间位置无关。

[0025] 元件 11-16 合在一起时,与聚光器子系统有关。

[0026] 元件 17-19 形成投影子系统。成像器门 18 内容纳待成像的结构,例如,一块像素化面板或一张胶片。投影透镜 17 在屏幕 19 上形成成像器门 18 内容纳的结构的图像。

[0027] 成像器门 18 的命名具有历史原因;对于开盘式电影放映机而言,相应结构被称为胶片门。当胶片转动通过放映机时,胶片门固定胶片,并确保胶片的轴向位置位于投影透镜的物面上,但其自身一般不会在屏幕上成像。类似地,成像器门 18 是框架、基底或将所关注的物体固定到位的其他结构,例如,包含观众将看到的图像的像素化面板或胶片。成像器门可以具有任何合适的形状和尺寸。对 LCOS 面板而言,成像器门的范围与 LCOS 面板上的像素化区域的范围相同,通常是以光轴为中心的基本上为矩形的区域,且纵横比为 16 : 9 或 4 : 3,但也可使用具有其他纵横比的矩形以及圆形以外的其他形状。

[0028] 注意,聚光器将扩展光源 15 在聚光器像面上成像,并且限定图像的像素化面板或胶片位于成像器门处。选择聚光器的放大率使得光源的图像与像素化面板的尺寸基本上相同。这可以在两个垂直横向方向中的任意一个方向上实现。因此,如果聚光器沿此横向方向具有相同的放大率,则光源的形状优选地全等于成像器门的形状,例如,纵横比为 4 : 3 或 16 : 9 的矩形。然而,如果聚光器变形,沿垂直横向方向具有不同的放大率(例如,因圆柱形反射表面或折射表面所致),那么光源形状可以与成像器门形状具有不同的纵横比,具体取决于沿垂直横向方向的相对放大率。当聚光器内部或光学系统的其他位置具有一个或多个变形元件时,可能有利于使光源的形状和尺寸与像素化面板的形状和尺寸相匹配。

[0029] 投影透镜 17 也被示出为简单的单片透镜,但可以是一个或多个折射元件、反射元件和/或衍射元件的组合。更常见的是,投影透镜 17 具有多个折射元件,并通常针对波前像差而经过很好的校正。与聚光器 11 类似,投影透镜 17 具有相关的投影物面和投影像面。在使用过程中,成像器门 18 位于投影物面,屏幕 19 位于投影像面。由于投影透镜 17 的放大率通常很大,因此可以轴向平移投影透镜 17 并且保持成像器门 18 固定,从而使屏幕上的图像清晰。作为另外一种选择,可以平移成像器门 18,或者使投影透镜 17 和成像器门 18 相对互相平移。投影透镜 17 还可具有可选的缩放能力,其实现方式通常为:以预定方式使一个或多个透镜元件相对于其他元件轴向平移;这可改变放大率而不会明显改变焦距。一般来讲,投影透镜 17 的波前像差在投影仪的整个焦距范围和缩放范围内得到良好控制,以

使得成像器门 18 所固定的物体精确复制到屏幕 19 上。

[0030] 例如,屏幕 19 可以是真实的屏幕(例如,电影院或会议室里的屏幕),并且可以与投影仪相连或不相连。作为另外一种选择,该屏幕可以是虚拟屏幕(例如,头戴式显示器的虚拟屏幕),虚像在规定的空间位置形成于该屏幕上。

[0031] 元件 17-19 合在一起时,形成投影子系统。

[0032] 聚光器子系统和投影子系统之间的关系确定成像器门 18 处的照明效果。更具体地讲,投影子系统相对于聚光器的轴向位置有助于确定照明的效果。通常,比较理想的是,使成像器门 18 整个范围内的照明尽可能地均匀,同时使浪费的光量降至最小。这两个约束条件通常很难同时得到满足,正如下文对图 1 和图 2 所示照明方案进行的描述。

[0033] 图 1 示出了采用 Kohler 照明的光学系统 10。在 Kohler 照明系统中,成像器门 18 位于聚光器后焦面 13 处。可选的是,使得光源的图像 16 与投影透镜的入瞳(未示出)重合。

[0034] Kohler 照明系统的一个理想特征是,成像器门 18 受到基本均匀的照明。胶片门 18 上的每个点都接纳来自光源 15 上几乎每个位置的光线。图 1 所示光线示意性地反映了这一点,在该图中,成像器门 18 的顶部、中部和底部全部接纳光源 15 中心发出的光线(实线表示)和边缘发出的光线(虚线表示)。

[0035] Kohler 照明系统的一个不良特征是,在聚光器后焦面 13 处的均匀照明的形状通常为圆形。(出现这种情况的原因是,由光源每一部分发出的光线的锥面基本呈圆形对称,这种情况与聚光器 11 的实际构造和光源 15 自身的形状关系甚微。)像素化面板(或位于成像器门 18 处的其他物体)通常不是圆形,而往往是纵横比为 4 : 3 或 16 : 9 的矩形,例如,显示器或电视的情况。如果我们指定位于均匀照明的圆形区域内的中央矩形部分,并将该矩形部分用于矩形成像器门 18,那么就会超出成像器门的填充范围,并浪费大量光能,在某些系统中,浪费的光能可以为 40%或更多。

[0036] 图 2 示出了使用 Abbe 照明的光学系统 20,这种照明也称为临界照明。在 Abbe 照明中,成像器门 18 位于光源自身的图像 16 的位置处。

[0037] Abbe 照明的一个理想特征是,通过选择适当形状的光源 15,可以在不浪费大量光的情况下,为通常是矩形的成像器门 18 提供照明。例如,如果成像器门 18 是具有具体纵横比的矩形,那么,使用纵横比相同的矩形光源 15 为成像器门 18 提供照明不会超出填充范围,前提条件是适当选择聚光器 11 的放大率。光源的外部轮廓 16 可以定制为与成像器门 18 的外部轮廓相匹配,从而减小浪费的光能。

[0038] Abbe 照明的一个不良特征是,光源 15 外部轮廓内的任何不均匀因素都被直接传递到屏幕 19 上的图像。成像器门 18 处的空间照明图案被直接叠加到像素化面板上,继而精确地在屏幕 19 上成像。如果光源 15 的一部分比另一部分更亮,那么成像器门 18 的一部分所受到的照明就比另一部分多,同样,屏幕 19 上的图像的一部分看起来也会比另一部分更亮。例如,如果光源 15 为 LED 晶粒或 LED 阵列,其中具有合适的外部轮廓并且总体较亮的发射场有特定的(并且一般是不可避免的)暗区,该暗区对应于不透明粘结垫、接线位置、相邻晶粒之间的间隙和/或其他晶粒结构,那么该暗区在屏幕 19 所投影的图像中清晰可见。

[0039] 为了改善成像器门处的均匀性,可以在成像器门 18 的前面将另外的均匀器元件

(例如,扩散片、透镜阵列、隧道形光导等等)引入光路,但这些元件可能会对投影仪的尺寸、复杂性、造价或效率产生不良影响。

[0040] 因此,在本文所描述的投影系统中,聚光器子系统和投影子系统之间的关系满足下列要求:光束基本均匀(即,将光源的亮区和暗区相混合,以提高成像器门的所选非圆形外部轮廓上的照明均匀性)并且不会浪费大量光能(例如,用过大的圆形光束照明矩形成像器门时所发生的情况),而且光源和成像器门之间的光路也无需另外的均匀器元件。

[0041] 图3示出了光学系统30,其将照明光束均匀化并且不会浪费大量的光能,并且包括的光学元件不多于图1和2所示系统中的元件。此处,成像器门18沿轴向被转移至远离光源的图像16而靠近聚光器后焦面13的位置。

[0042] 将成像器门18放置在靠近(但与之隔开)光源的图像16(或聚光器像面14)处,会产生两种效应:(1)成像器门18处的照明区域与光源的图像16相比大致具有相同的尺寸和相同的外部轮廓,并且(2)在光源处存在的亮区和暗区12(在聚光器像面14上被清楚地复制)在成像器门18处共同变得模糊。下文将详细说明这两种效应。

[0043] 首先,为了量化照明区域的尺寸,我们根据傍轴近似得出光束尺寸在不同轴向位置的一些估算值。当光源15的完整空间范围(沿具体的维度,例如,矩形区域的长度或宽度方向)为 $2H_{\text{光源}}$,且聚光器11的放大率以 M 表示时,光源的图像16的空间范围为 $2MH_{\text{光源}}$ 。如果我们假设光源15发出的光形成对称的锥体,其中该锥体被表示成全角为 $2NA_{\text{光源}}$ 的近轴角,并且其中 NA 表示数值孔径,那么光经过聚光器之后,(会聚的)锥体的全角为 $2NA_{\text{入射}} = 2NA_{\text{光源}}/M$,其中下标“入射”表示在成像器门18上的锥体入射。我们用 X 表示聚光器后焦面13和聚光器像面14之间的轴向距离,注意,在聚光器后焦面13处,每个照明光束的空间范围为 $(2NA_{\text{入射}})X = (2NA_{\text{光源}}/M)X$ 。

[0044] 作为确保成像器门18处的照明尺寸合适的粗略指导,我们优选地强制聚光器后焦面13处的光束空间范围与光源的图像16尺寸相等,二者都应近似等于成像器门的尺寸。结合图3的图示来看,这能确保元件13和14之间最下方的虚线光线基本上是水平的,虽然其在图3中被绘制为从左向右略微降低。因此,光源15发出的所有光线都会被约束在这条最下方的虚线光线和对应的最上方的虚线光线(未示出)之间,这两条虚线光线都基本上平行于光轴。其数学关系如以下段落所示。

[0045] 光源的图像16的全尺寸为 $2MH_{\text{光源}}$ 。聚光器后焦面13处光束的全尺寸为 $(2NA_{\text{光源}}/M)X$ 。我们将这两个量设定为互相相等,注意,它们可以都大约等于成像器门的全尺寸,以 $2H_{\text{成像器门}}$ 表示:

$$[0046] \quad 2MH_{\text{光源}} = (2NA_{\text{光源}}/M)X \quad (1)$$

[0047] 由于成像器门18的尺寸 $2H_{\text{成像器门}}$ 很可能取决于像素化面板(例如,矩形LCOS面板)的尺寸,并且从诸如LED晶粒之类的光源发出的光束发散角 $2NA_{\text{光源}}$ 很可能由光源的制造商确定,此外, X 可能受设计要求的约束(例如,具有特定尺寸或特定最小尺寸的体积包络),因此,我们对聚光器放大率 M 和光源尺寸 $2H_{\text{光源}}$ 进行求解:

$$[0048] \quad M = NA_{\text{光源}} X / H_{\text{成像器门}} \quad (2)$$

$$[0049] \quad H_{\text{光源}} = H_{\text{成像器门}} / M \quad (3)$$

[0050] 注意,上一段的数学分析仅出于示例性目的,旨在为估算提供粗略指导,而不是对任何光学系统的固定要求。即使不满足上述公式和条件,光学系统30仍然可以正常工作。

所引用的任何空间范围均可以沿任何具体的横向尺寸进行测量,包括最短尺寸、最长尺寸、对角尺寸或其他任何合适的尺寸。此外,上述分析假设光源 15 和成像器门 18 为圆形而不是矩形;在实际情况中,对于矩形光源,光束轮廓从聚光器后焦面 13 处的圆形转变为聚光器像面 14 处的矩形。

[0051] 还应注意,如果光源发出的光线不对称,那么 Kohler 照明区域通常也不对称。在一些情况下,期望将 Kohler 照明的长轴和短轴与矩形像素化面板的长边和短边对齐。可选的是,可以使用另外的变形光学元件来改变光束的纵横比,以便优选地使被照明区域的尺寸和形状与像素化面板的尺寸和形状相匹配,以确保既不超出像素化面板的填充范围,又不使像素化面板的填充范围不足。示例性变形元件包括一个或多个圆柱形透镜,该透镜会影响沿一个具体维度上的光束准直,但不影响沿正交维度上的光束准直。圆柱形透镜可以成对使用,也可以单个使用。另一个例子是变形棱镜,其可以沿一个维度(但不是沿正交维度)压缩或扩展光束。变形棱镜可以单个使用,也可以成对使用。这些可选的变形光学元件中的任何元件都可以位于光源和像素化面板之间的光路中的任何位置。此外,可选变形元件可以是分立光学元件(例如,圆柱形透镜或棱镜),或者可以整合在光路中的一个或多个现有元件中。

[0052] 上文引用的第二个效应是,存在于光源处的亮区和暗区 12 在成像器门 18 处共同变得模糊。这种模糊效应类似于人们从散焦所看到的模糊。我们可以将其视为从光源图像的“向后传播”,其具有预期的散焦效应。在这种情况下,成像器门 18 与光源的图像 16 轴向分离,其间距足够大,使得光源 15 处存在的亮区和暗区被充分地混合在一起。注意,不需要在该系统中实际形成实像;由于像素化面板可以位于光源和光源图像之间,所以在形成实像之前,沿光轴传播的光线会与像素化面板相互作用。光源的这一图像 16 可以被视为虚像。

[0053] 在图 3 中,聚光器 11 具有基本平坦的像场,或基本为零的场曲。换句话讲,平面物体的图像也是平面的。因此,光源的图像 16 基本上是平坦的,并且在“向后传播”至成像器门 18 的过程中产生的散焦效应在成像器门的范围内基本上是均匀的,因此对照明图案的中心和边缘所产生的影响是相同的。

[0054] 在一些情况下,期望照明图案的一些部分的模糊程度比其他部分的模糊程度更高。例如,我们可能需要使照明区域的中心非常模糊,而使边缘不那么模糊,以使得照明图案的边缘仍具有一定的清晰度。这在光学系统 40 中是可能的。聚光器 41 具有明显的场曲,像场边缘朝向聚光器 41 方向向内弯曲。作为另外一种选择,像场边缘可以朝远离聚光器 41 的方向弯曲。聚光器 41 还具有聚光器物面 42、聚光器后焦面 43 和聚光器像面 44。位于聚光器物面 42 处的光源 45 此时形成弯曲图像 46,其中心与光轴相交于聚光器像面 44。

[0055] 成像器门 18 与光源的图像 46 轴向分离。与边缘处相比,成像器门 18 的中心处距离光源的图像 46 的轴向平移更大,因此导致中心处比边缘处产生更大的散焦模糊。

[0056] 通过想象照明光束在光学系统 40 内不同假想观察平面上的情况,可以理解高场曲效应。

[0057] 在聚光器像面 44 处,照明光束类似于光源 45,其中光束的中央部分成像清晰,边缘部分则因场曲而模糊。在该平面处,光束的中央部分显示光源的亮区和暗区而没有任何模糊。

[0058] 向聚光器 41 稍作轴向移动,可以发现存在远离光束中心并且成像清晰的特定圆环,在该特定圆环以内和以外成像都逐渐模糊。该圆环对应于我们的观察平面与光源的弯曲图像 46 相交处的点的轨迹。沿着该圆环,光源的亮区和暗区成像清晰,没有任何模糊。

[0059] 向聚光器 41 进一步轴向移动,可以发现成像清晰的圆环朝远离光轴的方向移动,成像清晰的圆环以内和以外成像都逐渐模糊。

[0060] 如果继续向聚光器 41 轴向移动,直到观察平面刚好与光源的弯曲图像 46 的最外部分相交,那么可以看到,照明图案的最外缘显示出光源 45 的明暗细节,并且照明图案内部的模糊程度逐渐增大。尽管很多情况下希望照明图案有清晰的边缘,但往往不期望光源的亮区和暗区在照明图案边缘处成像清晰。然而,根据场曲的尺寸和系统要求,这样的照明图案在一些实施例中是可以接受的。

[0061] 最后,如果向聚光器 41 进一步轴向移动,移动到在光源的图像 46 的弯曲边缘之外,则会看到照明图案边缘略感模糊,其模糊程度足以降低亮斑和暗斑之间的对比度,但又不至于很模糊,以使得照明图案的边缘或周边仍旧保持相对较高的清晰度。在操作过程中,可以将该边缘与成像器门 18 的边缘叠加。在照明图案的内部,模糊效应比边缘处显著得多,并且在相应散焦效应的作用下,成像器门 18 处的照明图案得到非常好的均匀化。

[0062] 在图 1 至图 4 中,聚光器 11 和 41 被绘制成不具有可察觉到的球面像差。可选的是,这些聚光器可以具有明显的球面像差,该球面像差可以通过类似于场曲的方式增加期望的模糊效应。优选的是,聚光器 41 可以具有较大的负球面像差(意味着照明光束边缘的光线要比光束中心附近的光线在距离聚光器更远的位置跨过光轴)。作为另外一种选择,聚光器 41 可以具有较大的正球面像差,或量值合适的任何球面像差(包括零球面像差)。

[0063] 图 5 示出了光学系统 50 的一个示例性实施例,其中,像素化面板的位置与图 4 中的位置类似,但是用于反射。图 5 的实施例仅仅是实例,并不旨在以任何方式形成限制。光路中的各个元件将在下文进行详细描述。

[0064] 光源 51 为 LED 阵列,其优选地具有大致呈矩形的外部轮廓,其纵横比与像素化面板的纵横比相匹配,例如,4 : 3 或 16 : 9。作为另外一种选择,LED 阵列可具有与像素化面板的纵横比不同的纵横比,并且可以使用变形光学元件(如上所述)控制照明光束的形状,用以与像素化面板的尺寸相匹配。LED 阵列可以具有明亮的发光区域,而暗区对应于非发射结构,例如,线材或电气接头,或者晶粒或其他支撑元件之间的间隙。典型的 LED 阵列可发射约 20 流明的光通量,但可使用任何合适的值。这样的阵列可能消耗约一瓦特的电能,这远远小于类似弧光灯所需的电能。注意,一些 LED 阵列会发射波长范围十分狭窄的光线。例如,LED 阵列可以发出光谱中蓝色区的光线,用肉眼观察时,其整个波长范围的光看起来基本上呈蓝色。作为另外一种选择,LED 阵列可发出光谱中红色、绿色或一些其他合适区域的光线。在一些实施例中,可使用发射白光的 LED(包含荧光粉,或包含发射不同颜色的光的多种晶粒)。

[0065] 光源 51 发出的光被多元件聚光器收集,在图 5 中该聚光器为元件 53 至 67 构成的整体。下文将描述这些元件中的每一个元件。该聚光器仅为示例性的,可以使用具有一个或多个折射元件、反射元件和 / 或衍射元件的任何合适的聚光器。

[0066] 光源发出的光进入复合封壳透镜。所述透镜可以是如图所示的一对透镜,其具有彼此紧密接触的内透镜 53 和外透镜 55。如果光源是通过引线键合相连的 LED 晶粒阵列,则

内透镜 53 优选地将 LED 晶粒阵列和引线键合容纳在基本上平凸的空间内,其中,对凸形表面的曲率半径和轴向位置进行选择以最大限度地缩小空间体积,从而最大限度地缩小透镜的空间体积。此类透镜 53 可由液体、凝胶或固化的聚合材料制成,并可以具有约 1.5 的折射率。外透镜 55 优选地由折射率相对较高的材料制成,如折射率为约 2 或更高的玻璃。透镜 55 还优选地具有凹凸形状,其外表面可设计成基本上消球差的形状,即几乎没有或没有球面像差和彗差,至少对于光源的特定部分(例如,光源的最外侧边缘部分或侧边缘和光轴之间的中间部分)而言是如此。透镜 55 的内表面与内透镜 53 的外表面相匹配。名称为“LED WithCompound Encapsulant Lens”(含复合封壳透镜的 LED)的共同转让美国专利申请 11/322801(代理人案卷号 61677US002)中对封壳透镜有更加详细的描述,该专利申请于 2006 年 12 月 30 日提交。

[0067] 封壳透镜后面是一对菲涅耳透镜 57。可将第一菲涅耳透镜选择为使光束基本平行。第二菲涅耳透镜的入射面上可具有偏振膜或偏振元件,例如,透射一种偏振光而反射另一种偏振光的反射偏振片。示例性反射偏振片包括美国专利 No. 5,882,774(Jonza 等人)中所讨论的共挤出的多层膜,以及胆甾型反射偏振片。制作共挤出的多层偏振膜的示例性方法在下列美国专利中公开:6,916,440(Jackson 等人)、6,939,499(Merrill 等人)、6,949,212(Merrill 等人)和 6,936,209(Jackson 等人)。示例性反射偏振片还包括可得自 3M Company(St. Paul, Minnesota)的 Vikuiti™ 双层增亮薄膜(DBEF)。在第二菲涅耳透镜上装上偏振片,或在这些菲涅耳透镜之间或靠近光源的另一位置装上一个偏振片,可为系统中的下游光学元件提供偏振光束,这样可能很有用,在下文中会详细描述。第二菲涅耳透镜用于会聚光束。如果复合封壳透镜的放大率足够大,就可以省略第二菲涅耳透镜。示例性菲涅耳透镜在名称为“Fresnel Lens Combination”(菲涅耳透镜组合)的共同转让美国专利申请 11/322981(代理人案卷号 61118US002)中有所描述,该专利申请提交于 2005 年 12 月 30 日。

[0068] 光束随后进入分光合色器 59(有时称为分光合色棱镜),其中特定维度中的两条斜边均具有色敏涂层,该色敏涂层可以反射一种波长谱带的光线而透射另一种波长谱带的光线,所述涂层通常为 s-偏振光而优化。(图 5 示意性地示出了该合色器,因而未示出这些斜边)。读者应当理解,为简洁起见,图 5 仅示出了一个色彩通道,但对于整个彩色投影系统而言,光学系统 50 将具有另外两个色彩通道,每个色彩通道均具有相同元件 51、53、55 和 57,不同的是,对于给定通道,光源 51 分别发射红光、绿光和蓝光。所得的三个色彩通道与合色 59 的不同边相连,从而形成红色臂、绿色臂和蓝色臂,其中每个臂都具有各自的光源和透镜元件。合色器的输出使来自所有三个臂的光线叠加,并且所有这三个波段都沿相同光路(合色器下游)照明像素化面板。优选的是,合色器 59 透射绿色波长的光而反射蓝色和红色波长的光,但也可以使用其他合适的构型。

[0069] 合色器后面是偏振光分束器 61,其斜边(未示出)具有对宽波段偏振敏感的涂层或元件。该斜边透射一种偏振状态而反射垂直偏振状态。偏振光分束器 61 可具有平坦的外表面,或如图所示,其外表面可包括集成聚焦元件。在图 5 中,在入射面 63 上形成负透镜,在分光器出射面 65 上形成正透镜。根据需要,这些集成透镜可以是球面或非球面,可用分开制造的透镜替代,然后再附连到分光器平坦的外表面上。透镜 63、65 可以被视为转像透镜。示例性偏振光分束器在名称为“Method For Making Polarizing Beam Splitters”(偏振

光分束器制造方法)的共同转让美国专利申请 11/192,681(代理人案卷号 61014US002)中公开,该专利申请提交于 2005 年 7 月 29 日。注意,合色器 59 上也可以使用集成透镜。

[0070] 红色、绿色或蓝色通道的偏振光通过分光器 61 的斜边,然后入射到像素化面板 69 上,此时从该面板反射出的、具有垂直偏振状态的光线经反射离开斜边,并从偏振光分束器 61 的某个边(例如,图 5 中的最底部表面)射出,然后透射穿过投影透镜并投射到屏幕上。

[0071] 元件 67 为像素化面板 69(优选地为 LCOS 面板)的盖板。像素化面板 69 的活性区域(通常为矩形)与成像器门(未单独示出)重合。LCOS 面板以反射方式工作,并且以像素为单位旋转反射光束的偏振面来响应驱动电信号。如果某个像素亮度很低,则偏振面的旋转量很小。如果该像素的亮度很高,则偏振面会旋转近九十度。LCOS 可以同时在所有三个波长上工作,或者也可以对于每个特定的帧在这些颜色中循环一次(场序系统或色序系统)。例如,对于 60Hz 的刷新率,其完整循环时间为 1/60 秒,一种可能的循环方案首先只对红光 LED 通电(而绿光和蓝光 LED 断电)1/180 秒,然后只对绿光 LED 通电 1/180 秒,然后只对蓝光 LED 通电 1/180 秒。这仅是一个实例,也可以根据需要采用其他循环方法。

[0072] 在图 5 的实施例中,光源 51 和像素化面板 69 之间的所有元件都可视为聚光器。这些元件总体限定聚光器物面(与光源 51 重合)、聚光器像面(图 5 中未示出,但通常设置在面板 69 的右侧)和聚光器后焦面(图 5 中也未示出,但通常设置在面板 69 的左侧)。正如上文所讨论的,像素化面板 69 优选地位于聚光器后焦面和聚光器像面之间。

[0073] 关于这些平面的位置,有图 5 示出的特殊情况,该情况在图 1 至图 4 中没有提到。LCOS 面板对有限范围的入射角(通常接近于垂直入射角度)来说工作效率最高。因此,面板 69 上的入射光应优选地作标称校准,从而入射角的范围很大程度上取决于光源 51 的有限空间范围。如果我们将聚光器视为包括光源 51 与面板 69 之间的所有元件,并且该聚光器的输出光基本上平行,那么光源(因而,还有聚光器物面)基本上位于聚光器的前焦面,并且聚光器像面基本上位于无限远处。对于这种情况,我们假设聚光器像面位于图 5 右侧的遥远位置,以使得面板 69 位于聚光器后焦面(面板 69 左侧)和远处的聚光器像面(面板 69 右侧)之间。

[0074] 在另一个特例中,设计聚光器以使得像素化面板的入射光是发散光,而不是会聚光(如图 1 至图 4 所示)和平行光(如图 5 所示)。对这种情况,聚光器像面可以位于聚光器后焦面的左侧(使用图 1-图 5 所示的从左到右惯例),并且成像器门位于这两个平面之间,距离聚光器像面比距离聚光器后焦面更近。

[0075] 图 6 的左侧示出了几种可能的光源构型。每一种都代表发射区域,具有因引线键合、LED 晶粒之间的间隙或其他结构所引起的暗区。附图右侧的矩形区域代表由上述光学系统在成像器门处实现的均匀照明。

[0076] 本文所提出的发明的具体实施方式及其应用是示例性的,并非意图限定本发明的范围。本文所公开的实施例可能存在变型和修改形式,本领域的普通技术人员研究本专利文档后可以理解实施例中多种元件的实际替代物和等同物。在不脱离本发明范围和精神的前提下,可以对本文所公开的实施例应用这些以及其他的变型和修改形式。

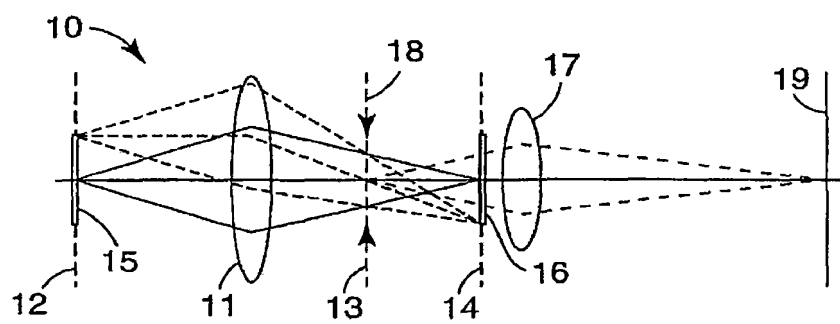


图 1

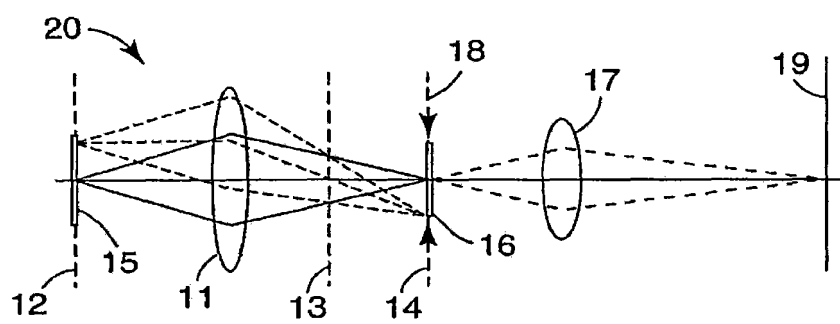


图 2

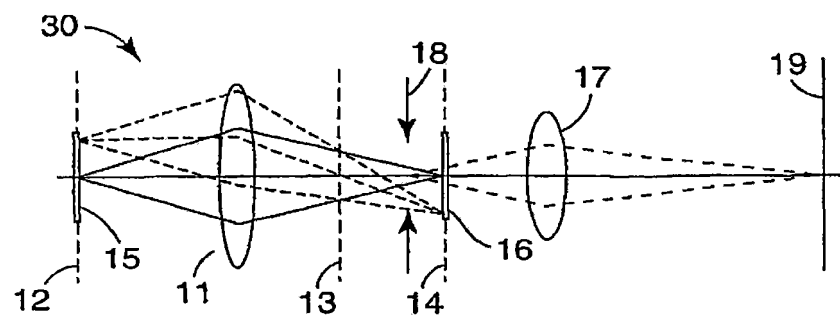


图 3

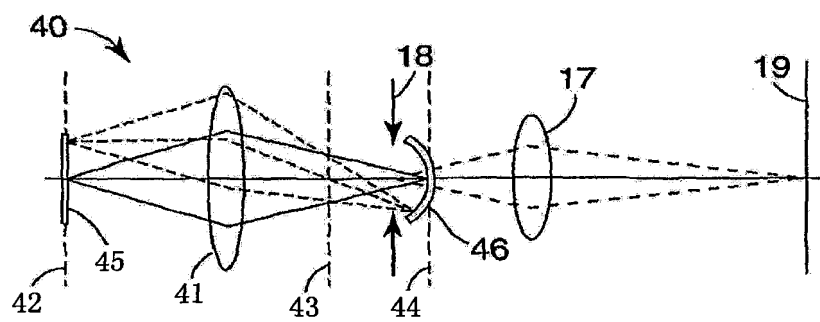


图 4

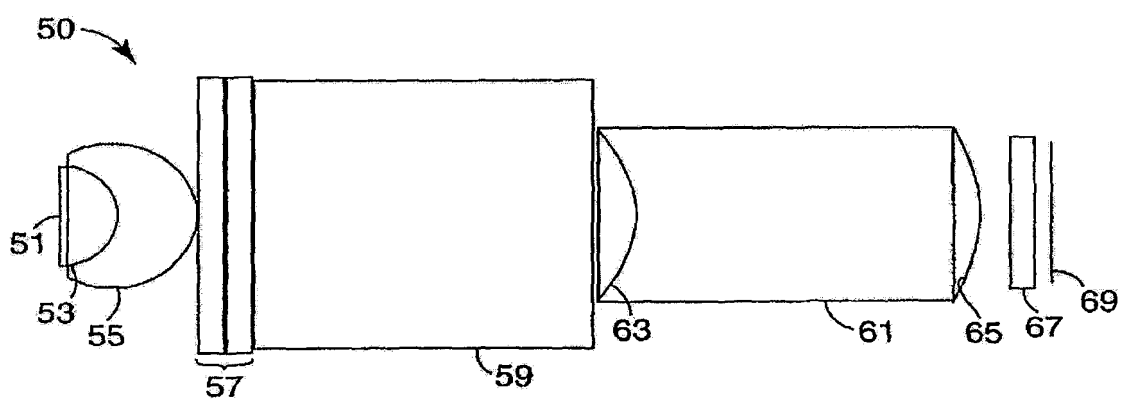


图 5

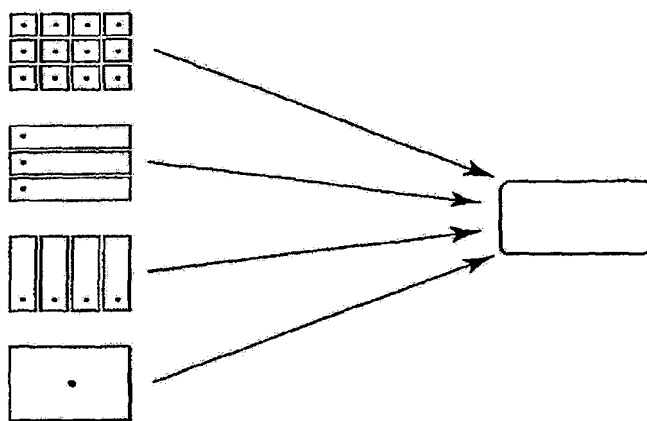


图 6