



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103676422 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310312234. 5

(22) 申请日 2013. 07. 24

(30) 优先权数据

13/609, 852 2012. 09. 11 US

(71) 申请人 全视科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 伊恩·戴维森

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司
11287

代理人 齐杨

(51) Int. Cl.

G03B 21/00 (2006. 01)

G02B 13/08 (2006. 01)

G02B 27/22 (2006. 01)

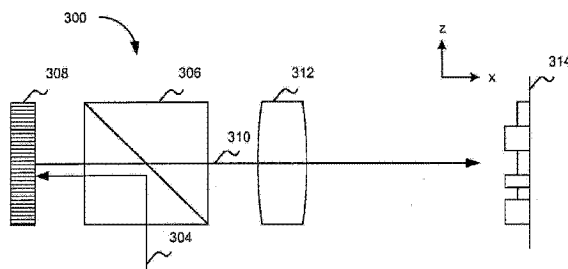
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

用于为 3D 成像投射结构光的低 Z 高度投影系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于为 3D 成像投射结构光的低 Z 高度投影系统。低 Z 高度投影系统包含用于显示具有在第一方向上延伸的光栅的光栅图案的显示面板。还包含投影透镜系统, 且所述投影透镜系统将显示在所述显示面板上的所述光栅图案投射到表面上。所述投影透镜系统是具有在所述第一方向上的第一透镜宽度及在第二方向上的第二透镜宽度的截圆形透镜系统。所述第一透镜宽度小于所述第二透镜宽度。所述第一及第二方向是正交的。



1. 一种低 Z 高度投影系统,其包括:
显示面板,用以显示包含在第一方向上延伸的光栅的光栅图案;及
投影透镜系统,通过所述投影透镜系统,显示在所述显示面板上的所述光栅图案被投射到表面上,其中所述投影透镜系统是具有在所述第一方向上的第一透镜宽度及在第二方向上的第二透镜宽度的截圆形透镜系统,其中所述第一透镜宽度小于所述第二透镜宽度,且其中所述第一及第二方向是正交的。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,其进一步包括在所述第一方向上具有光学功率的变形透镜,通过所述变形透镜,显示在所述显示面板上的所述光栅图案经投射以调整所述经投射光栅图案的长宽比。
3. 根据权利要求 1 所述的系统,其进一步包括安置在所述显示面板与所述投影透镜系统之间的分束器。
4. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述显示面板是硅基液晶 LCOS、液晶 LC、数字光处理器 DLP、及数字微镜装置 DMD 显示面板。
5. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述投影透镜系统包含至少一个透镜。
6. 一种低 Z 高度投影系统,其包括:
显示面板,其具有沿第一方向布置的至少一行像素;及
第一变形透镜,其在所述第一方向上具有光学功率以将沿着所述显示面板的所述第一方向布置的所述至少一行像素成像到表面上。
7. 根据权利要求 6 所述的系统,其进一步包括具有在第二方向上的发散角 α 的发散照明光,其中所述第一及第二方向是正交的,其中在所述第二方向上的所述第一变形透镜的高度对应于在所述第二方向上的所述发散角 α 。
8. 根据权利要求 6 所述的系统,其进一步包括:
经准直的照明光;及
第二变形透镜,其在第二方向上具有光学功率以在所述第二方向上延伸所述表面上沿所述第一方向布置的所述至少一行像素的各个像素的图像,其中所述第一及第二方向是正交的。
9. 根据权利要求 8 所述的系统,其中所述第二方向上的所述第一变形透镜的高度及所述第二方向上的所述第二变形透镜的高度对应于所述经准直的照明光的高度。
10. 根据权利要求 9 所述的系统,其中所述经准直的照明光的所述高度是沿所述第一方向布置的所述至少一行像素中的一像素的高度。
11. 根据权利要求 6 所述的系统,其进一步包括安置在所述显示面板与所述第一变形透镜之间的分束器。
12. 根据权利要求 8 所述的系统,其中所述第一变形透镜及所述第二变形透镜被组合为具有正交变形表面的单一透镜。
13. 根据权利要求 6 所述的系统,其中所述显示面板是硅基液晶 LCOS、液晶 LC、数字光处理器 DLP、及数字微镜装置 DMD 显示面板中的一者。
14. 一种用于投射光栅图案的方法,其包括:
在显示面板上显示所述光栅图案,其中所述光栅图案包含在第一方向上延伸的光栅;
及

使用具有在所述第一方向上的第一透镜宽度及在第二方向上的第二透镜宽度的截圆形透镜系统投射包含在所述第一方向上延伸的光栅的所述光栅图案,其中所述第一透镜宽度小于所述第二透镜宽度,其中所述第一及第二方向是正交的,且其中所述第一方向上的所述截圆形透镜系统的分辨率小于所述第二方向上的所述截圆形透镜系统的分辨率。

15. 根据权利要求 14 所述的方法,其进一步包括使用在所述第一方向上具有光学功率的变形透镜调整包含在所述第一方向上延伸的光栅的所述经投射的光栅图案的长宽比。

16. 一种用于形成光栅图案的方法,其包括:

在具有沿第一方向布置的至少一行像素的显示面板上显示一行光点图案;及

使用在所述第一方向上具有光学功率的第一变形透镜对显示在具有沿所述第一方向布置的至少一行像素的所述显示面板上的所述一行所述光点图案进行成像。

17. 根据权利要求 16 所述的方法,其进一步包括:使用在所述第二方向上具有光学功率的第二变形透镜在第二方向上延伸所述一行所述光点图案的图像以形成包括在所述第二方向上延伸的光栅的光栅图案,其中所述第一及第二方向是正交的。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述第一变形透镜及所述第二变形透镜被组合为具有正交变形表面的单一透镜。

用于为 3D 成像投射结构光的低 Z 高度投影系统

技术领域

[0001] 本发明涉及投影系统,且更特定来说,涉及用于为 3D 成像投射结构光的低 Z 高度投影系统。

背景技术

[0002] 近来,被称为微投影机的使用硅基液晶 (LCOS) 或数字光处理器 (DLP) 显示面板的占据面积较小的投影机已经上市。微投影机是小的便携式投影机。由于其小型化,微投影机可包含在移动电话中,所以移动电话可将显示投射到例如墙壁等任何表面上。

[0003] 微投影机可包含小的 LCOS 显示面板,其可为透射型或反射型。通常,微投影机包含一个或一个以上光源、分束器、LCOS 显示面板及投影透镜。此外,所述微投影机可用于为 3D 成像投射结构光。通常,用于 3D 成像的结构光包含垂直光栅图案。所述垂直光栅图案被投射到具有轮廓的表面上。在一位置处的所述轮廓(例如,相对于平坦表面突出或凹进)可从在那个位置处经投射光栅的变形而计算出。如果所述表面是平的而没有轮廓,那么所述变形通常涉及从其图像的经投射垂直光栅的水平偏移。

[0004] 3D 成像系统包含用于投射结构光的投影机,及用于检测经投射的结构光的变形的数码相机。所述 3D 成像系统可进一步包含计算机或数字处理器。其通常要求所述投影机比较小,以便降低所述 3D 成像系统的总体尺寸。除了提供静态 3D 对象的轮廓,所述 3D 成像系统还可用于手势识别以控制计算机、游戏以及许多其它用处。用于投射结构光以手势识别的小型投影机需求量格外大。

发明内容

[0005] 本发明的一个实施例涉及一种低 Z 高度投影系统。所述低 Z 高度投影系统包括:显示面板,用以显示包含在第一方向上延伸的光栅的光栅图案;及投影透镜系统,通过所述投影透镜系统,显示在所述显示面板上的所述光栅图案被投射到表面上,其中所述投影透镜系统是具有在所述第一方向上的第一透镜宽度及在第二方向上的第二透镜宽度的截圆形透镜系统,其中所述第一透镜宽度小于所述第二透镜宽度,且其中所述第一及第二方向是正交的。

[0006] 本发明的另一实施例涉及一种低 Z 高度投影系统。所述低 Z 高度投影系统包括:显示面板,其具有沿第一方向布置的至少一行像素;及第一变形透镜,其在所述第一方向上具有光学功率以将沿着所述显示面板的所述第一方向布置的所述至少一行像素成像到表面上。

[0007] 本发明的另一实施例涉及一种用于投射光栅图案的方法。所述方法包括:在显示面板上显示所述光栅图案,其中所述光栅图案包含在第一方向上延伸的光栅;及使用具有在所述第一方向上的第一透镜宽度及在第二方向上的第二透镜宽度的截圆形透镜系统投射包含在所述第一方向上延伸的光栅的所述光栅图案,其中所述第一透镜宽度小于所述第二透镜宽度,其中所述第一及第二方向是正交的,且其中所述第一方向上的所述截圆形透

镜系统的分辨率小于所述第二方向上的所述截圆形透镜系统的分辨率。

[0008] 本发明的另一实施例涉及一种用于形成光栅图案的方法。所述方法包括：在具有沿第一方向布置的至少一行像素的显示面板上显示一行光点图案；及使用在所述第一方向上具有光学功率的第一变形透镜对在具有沿所述第一方向布置的至少一行像素的所述显示面板上显示的所述一行所述光点图案进行成像。

附图说明

[0009] 参考以下图式而描述本发明的非限制及非详尽性实施例，其中贯穿各个图，相同的参考数字指的是相同的部件，除非另有说明。

[0010] 图 1 说明 3D 成像系统的示意图。

[0011] 图 2 说明在 x 轴上具有轮廓或厚度的在 y-z 面上的表面的示意图。

[0012] 图 3 说明在具有轮廓的表面上经投射光栅图案的扭曲边缘的示意图。

[0013] 图 4 说明根据本发明教导的通过 LCOS 投影系统投射的垂直光栅图案的实例示意图。

[0014] 图 5 说明根据本发明教导的用于投射垂直光栅图案的 LCOS 投影系统的 PSF 的实例示意图。

[0015] 图 6 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统的实例示意 x-z 面横截面图。

[0016] 图 7 说明根据本发明教导的投影透镜的实例示意 y-z 面横截面图。

[0017] 图 8(a) 说明根据本发明教导的具有 1 : a 长宽比的实例 LCOS 显示面板。

[0018] 图 8(b) 说明根据本发明教导的具有 1 : b 长宽比的实例经要求的投射光栅图案。

[0019] 图 9 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统的另一实例示意 x-z 面横截面图。

[0020] 图 10 说明根据本发明教导的用于投射垂直光栅图案的 LCOS 投影系统的 PSF 的实例示意图。

[0021] 图 11 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统的实例示意图。

[0022] 图 12 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统的实例示意图。

[0023] 图 13(a) 说明根据本发明教导的包含第一变形透镜及第二正交变形透镜的经组合的正交变形透镜的实例示意图。

[0024] 图 13(b) 说明根据本发明教导的在 x-y 面上的图 13(a) 的经组合正交变形透镜的实例横截面。

[0025] 图 13(c) 说明根据本发明教导的在 x-z 面上的图 13(a) 的经组合正交变形透镜的实例横截面。

具体实施方式

[0026] 在以下描述中，陈述许多特定细节以提供对本发明的彻底了解。然而，对于所属领域的普通技术人员将显而易见的是，不需要使用所述特定细节来实践本发明。在其它例子中，众所周知的材料或方向未详细描述以避免使本发明难懂。

[0027] 贯穿本发明提及“一个实施例”、“实施例”、“一个实例”或“实例”意思是结合所述实施例或实例描述的特定特征、结构或特点包含在本发明的至少一个实施例中。因此，贯穿

本说明书在各处出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“一个实例”或“实例”不一定都指的是相同的实施例或实例。此外，在一个或一个以上实施例或实例中，特定特征、结构或特点可以任何适宜组合及 / 或子组合进行组合。特定特征、结构或特点可包含在集成电路、电子电路、组合逻辑电路中，或提供所描述功能的其它适宜组件中。另外，应了解，随本文提供的图式是出于对所属领域的普通技术人员进行解释的目的，且所述图式不一定按比例绘制。

[0028] 根据本发明教导，低 Z 高度投影系统可经构造以为 3D 成像投射结构光。在所说明的实例中，光轴被称为 x 轴且投影系统的横截面被称为 y-z 平面。因为所投射的结构光是垂直光栅图案，所以其仅在一个方向上有变化，其是在 y 轴上。所述光栅图案沿 z 轴没有变化。因此，根据本发明教导，可设计及使用非对称光学。举例来说，所述光学系统可包含在 z 轴上具有较小透镜宽度及在 y 轴上具有较大透镜宽度的截圆形透镜，其将在本文称为低 Z 高度光学。

[0029] 图 1 说明 3D 成像系统 100 的示意图，其包含结构光投影机 102 及数码相机 104，其安置在不同位置。投影机 102 将结构光（其为光栅图案 106）投射到表面 108 上。相机 104 检测形成在表面 108 上的光栅图案 106 的图像。

[0030] 图 2 说明在 x 轴上具有轮廓或厚度的在 y-z 面上的表面 108 的示意图。举例来说，图 2 说明具有厚度 x_1 的表面 108 的元素 (y_1, z_1) 。类似地，表面 108 的元素 (y_2, z_2) 具有厚度 x_2 ，等等。

[0031] 图 3 说明在具有轮廓的表面 108 上的经投射光栅图案（例如，图 1 的经投射光栅图案 106）的扭曲边缘 110 的示意图。如果表面 108 是平的，那么边缘 110 将在表面 108 的元素 (y_1, z_1) 的位置处形成。换句话说，如果在元素 (y_1, z_1) 处的厚度 x_1 为零，那么经投射的光栅图案 106 不扭曲。如果元素 (y_1, z_1) 具有非零厚度 x_1 ，那么经投射的光栅图案 106 扭曲，且元素 (y_1, z_1) 的边缘 110 水平移动距离 $\Delta 1$ 。移动的方向（即，左边或右边）取决于元素 (y_1, z_1) 是突出还是凹进。基于几何学，厚度 x_1 可由经测量的水平移动 $\Delta 1$ 得到。通过扫描表面 108 的全部元素 (y_1, z_1) ， (y_2, z_2) ，……，可获得表面 108 的轮廓。要注意 1D 光栅图案对产生 2D 表面的轮廓是充足的，这是很重要的。

[0032] 图 4 说明根据本发明教导的通过 LCOS 投影系统（未展示）投射的垂直光栅图案 200 的实例示意图。如在所描绘的实例中展示，垂直光栅图案 200 包含在 z 轴上延伸的光栅。光栅图案 200 可通过以下各项中的一者或组合来表征：单色、彩色、二进制、灰阶、偏振编码及相位编码以及其它。如展示，垂直光栅图案 200 在 z 轴上不变化。垂直光栅图案 200 仅在 y 轴上变化。因此，投射垂直光栅图案 200 的 LCOS 投影系统的投影光学要求相对于 y 轴的在 z 轴上的较少光学质量。

[0033] 图 5 说明根据本发明教导的用于投射垂直光栅图案 200 的 LCOS 投影系统（未展示）的点扩散函数 (PSF) 202 的实例示意图。如在所描绘的实例中展示，沿着 z 轴 (R_z) 204 的 PSF202 的半径大于沿着 y 轴 (R_y) 206 的 PSF202 的半径。因此，z 轴上的分辨率小于 y 轴上的分辨率。图像的分辨率取决于透镜的光圈，即，较大的光圈提供较好的分辨率，即，较小的 PSF，反之亦然。PSF202 可对应于在 z 轴上具有较小光圈及在 y 轴上具有较大光圈的截圆形透镜。

[0034] 图 6 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统 300 的实例示意 x-z 面横截面

图。如图 6 所描绘的实例中展示,照明光 304 通过分束器 306 照明 LCOS 显示面板 308。分束器 306 朝 LCOS 显示面板 308 反射照明光 304。照明光 304 可形成单一光源或形成具有不同波长的多种光源,例如(举例而言),激光器、发光二极管(LED)及其它类型的光源。照明光 304 可经准直。假设 LCOS 显示面板 308 为反射型,那么通过 LCOS 显示面板 308 调制的光 310 从 LCOS 显示面板反射且通过分束器 306 及通过投影透镜 312 回传。为简单起见,投影透镜 312 被假定为单一透镜。然而,投影透镜 312 可为可包含透镜组合的透镜系统。如在所说明的实例中展示,投影透镜 312 将显示在 LCOS 显示面板 308 上的垂直光栅图案 200 投射(即,成像)到具有轮廓的表面 314 上。垂直光栅图案 200 包括在 z 轴上延伸的光栅。表面 314 等同于图 1 的表面 108。投影透镜 312 为圆形透镜,其可将显示在 LCOS 显示面板 308 上的垂直光栅图案 200 成像到具有轮廓的表面 314 上。圆形投影透镜 312 可为球面或非球面透镜。

[0035] 图 7 说明根据本发明教导的投影透镜 312 的实例示意 y - z 面横截面图。如在所说明的实例中展示,投影透镜 312 是具有沿着 z 轴的较小透镜宽度 Z 及沿着 y 轴的较大透镜宽度 Y 的截圆形透镜,其中 Z 小于 Y 。因此,通过投影透镜 312 形成的图像具有沿着 z 轴的较低分辨率及具有沿着 y 轴的较高分辨率,如通过图 5 的 PSF202 所指示。截圆形投影透镜 312 是用于投射(即,成像)垂直光栅图案 200,其要求 z 轴上的较小分辨率。截圆形投影透镜 312 可为球面或非球面透镜。

[0036] 图 8(a) 展示根据本发明教导的具有 $1 : a$ 长宽比的实例 LCOS 显示面板 308。然而,经投射光栅图案的 $1 : a$ 长宽比可能不匹配相机(例如,图 1 的相机 104)所要求的长宽比。举例来说,相机所要求的经投射光栅图案 316 的长宽比可为 $1 : b$,如图 8(b) 所示。在一个实例中,根据本发明教导,可使用变形透镜来将经投射光栅图案的长宽比从 $1 : a$ 调整到 $1 : b$ 。

[0037] 图 9 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统 350 的另一实例示意 x - z 面横截面图。应理解,图 9 中说明的实例共享许多相似于图 6 中说明的实例的地方。一处不同在于图 9 中描绘的实例包含用于调整经投射光栅图案的长宽比的额外的变形透镜 352。如所示,照明光 304 通过分束器 306 照明 LCOS 显示面板 380。分束器 306 朝 LCOS 显示面板 308 反射照明光 304。照明光 304 可形成单一光源或具有不同波长的多种光源,包含激光器、LED 及其它类型的光源。照明光 304 可经准直。假设 LCOS 显示面板 308 为反射型,那么通过 LCOS 显示面板 308 调制的光 310 从 LCOS 显示面板 308 反射且通过同一分束器 306、通过截圆形投影透镜 312 及通过变形透镜传递到表面 314 上。截圆形投影透镜 312 将显示在 LCOS 显示面板 308 上的垂直光栅图案 200 投射(即,成像)到具有轮廓的表面 314 上。在实例中,垂直光栅图案 200 包含在 z 轴上延伸的光栅。变形透镜 352 安置在截圆形投影透镜 312 与表面 314 之间,且经配置以调整 z 轴上的光栅图案 200 的图像的放大率,但未改变 y 轴上的光栅图案 200 的图像。因此,根据本发明教导,原始长宽比 $1 : a$ 可修改为所要求的长宽比 $1 : b$ 。

[0038] 暂时返回参考图 5 中描绘的实例,PSF202 具有沿 z 轴 (R_z) 204 的半径,其比 y 轴 (R_y) 206 上的半径大。可进一步延伸 R_z 到一值达到无穷大,同时保持 R_y 不改变,如图 10 中展示。图 10 说明根据本发明教导的用于投射垂直光栅图案 200 的 LCOS 投影系统(未展示)的 PSF402 的实例示意图。如在实例中展示,沿 z 轴 (R_z) 404 的半径达到无穷大,同时

限制沿 y 轴 (R_y) 406 的半径。因此,没有沿着 z 轴的分辨率。RSF402 可对应于仅在 y 轴上具有光学功率的变形透镜。

[0039] 图 11 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统 500 的实例示意图。如在图 6 及图 9 的实例说明中展示,LCOS 显示面板 308 可包含具有如图 8(a) 中展示的长宽比 $1 : a$ 的 2D 像素阵列。因此,投影透镜 312 的 Z 高度(例如,图 7 的 Z)可匹配 LCOS 显示面板 308 的高度。在图 11 中说明的实例中,LCOS 显示面板 502 具有至少(但不限于)一行像素,举例来说,沿着水平 y 轴布置。在 y 轴上具有光学功率的变形透镜 504 用于在 y 轴上将 LCOS 显示面板 502 成像到表面 506 上,如通过实例光路径 508 所展示。LCOS 显示面板 502 显示水平行的光点图案。所形成的图像因此是沿着水平 y 轴的一行光点图案。使用具有垂直发散角 α 510 的发散照明光,可将所述水平行的光点图案垂直延伸成垂直光栅图案。以此方式,变形投影透镜 504 的 Z 高度仅需要匹配垂直发散角 α 510。换句话说, Z 高度,例如,变形投影透镜 504 的 z 轴上的透镜宽度对应于垂直发散角 α 510。如果 LCOS 显示面板是反射型,那么分束器 512 可安置在 LCOS 显示面板 502 与变形投影透镜 504 之间。如果 LCOS 显示是透射型,那么不包含分束器,且照明是从 LCOS 显示面板 502 的后面提供。

[0040] 图 12 说明根据本发明教导的低 Z 高度 LCOS 投影系统 520 的另一实例示意图。在图 6 及图 9 的实例说明中,LCOS 显示面板 308 可包含具有如图 8(a) 中展示的长宽比 $1 : a$ 的 2D 像素阵列。因此,投影透镜 312 的 Z 高度,例如图 7 的 Z 可匹配 LCOS 显示面板 308 的高度。在图 12 所说明的实例中,LCOS 显示面板 502 具有至少(但不限于)一行像素,举例来说,沿着水平 y 轴。用于反射型 LCOS 显示面板 502 的照明光 524 或用于透射型 LCOS 显示面板 502 的照明光 526 可经准直。光 528 在经 LCOS 显示面板 502 调制之后也可经准直。在 y 轴上具有光学功率的第一变形透镜 504 用于在 y 轴上将 LCOS 显示面板 502 成像在表面 506 上,如通过实例光路径 508 所展示。LCOS 显示面板 502 显示水平行的光点图案。所形成的图像因此是沿着水平 y 轴的一行光点图案。以此方式,第一变形投影透镜 504 的 Z 高度仅需要匹配经准直光束 528 的高度,其通过 LCOS 显示面板 502 的高度确定。LCOS 显示面板 502 的高度可与像素高度一样小。

[0041] 通过使用沿着垂直 z 轴具有光学功率的第二正交变形透镜 522,形成的为水平行的光点图案的图像可垂直延伸成垂直光栅图案。如在图 12 中描绘的实例中展示,第一变形透镜 504 及第二正交变形透镜 522 的各自 Z 高度仅需要匹配经准直光束 528 的高度(其由 LCOS 显示面板 502 的高度确定)。换句话说, Z 高度,例如第一变形透镜 504 及第二正交变形透镜 522 的 z 轴上的各自透镜宽度对应于经准直光束 528 的高度,其通过 LCOS 显示面板 502 的高度确定。LCOS 显示面板 502 的高度可与像素高度一样小。在表面 506 上经投射光栅图案的长宽比可通过控制第一变形透镜 504 的放大率及第二正交变形透镜 522 的放大率而调整。

[0042] 此外,第一变形透镜 504 及第二正交变形透镜 522 可经组合为具有正交变形表面的单一透镜。图 13(a) 说明根据实例实施例的呈透视图的包含第一变形透镜 504 及第二正交变形透镜 522 的经组合的正交变形透镜 600 的实例示意图。图 13(b) 及图 13(c) 展示各自 y - x 面及 z - x 面上的经组合的正交变形透镜 600 的横截面。原则上,第一变形透镜 504 或第二变形透镜 522 可面对 LCOS 显示面板 502。

[0043] 尽管 LCOS 显示面板在本揭示中描述为实例,但是本发明教导并非限制为 LCOS 显

示面板。应理解,可使用任何透射型或反射型显示面板,包含液晶(LC)显示器、数字光处理器(DLP)、数字微镜装置(DMD)等等,其等同于LCOS显示面板。所述显示面板可为单色、彩色、二进制、灰阶或偏振编码。

[0044] 为简单起见,在描述中,截圆形投影透镜已说明为单一透镜。然而,所述截圆形投影透镜是可为单一透镜或透镜组合的透镜系统。

[0045] 此外,对于所有在本揭示中描述的变形透镜,具有正或负光学功率的两种变形透镜也可使用。所述变形透镜具有所描述的光学功率方向的特征。

[0046] 本发明的所说明实例的以上描述(包含摘要中描述的)并不希望为详尽或限制为所揭示的精确形式。然而,本文描述本发明的特定实施例及实例以用于说明的目的,在不脱离本发明的宽广精神及范围的情况下,各种等效修改是可能的。实际上,应理解,提供特定实例电压、电流、频率、功率范围值、时间等用于解释的目的,且根据本发明教导,在其它实施例及实例中也可使用其它值。

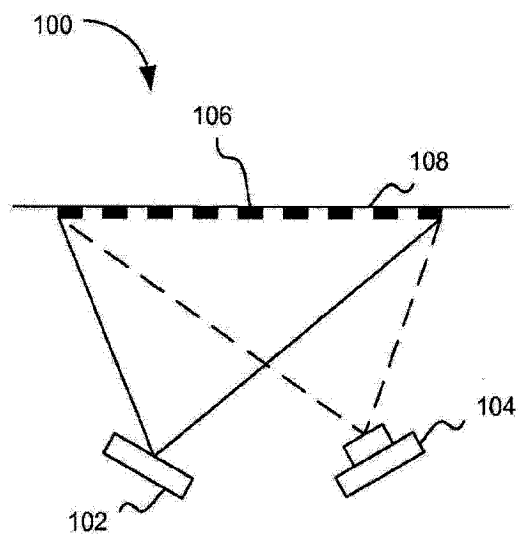


图 1(现有技术)

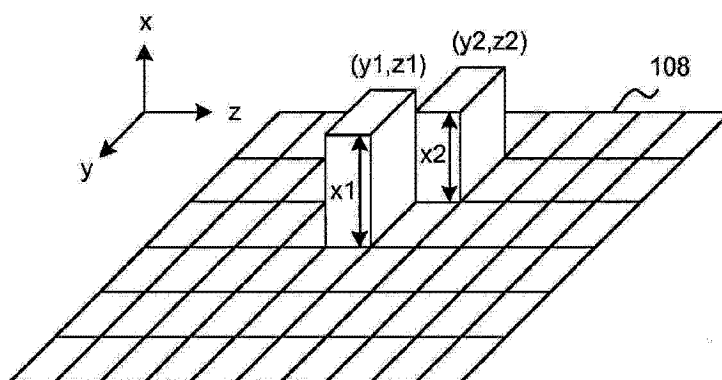


图 2(现有技术)

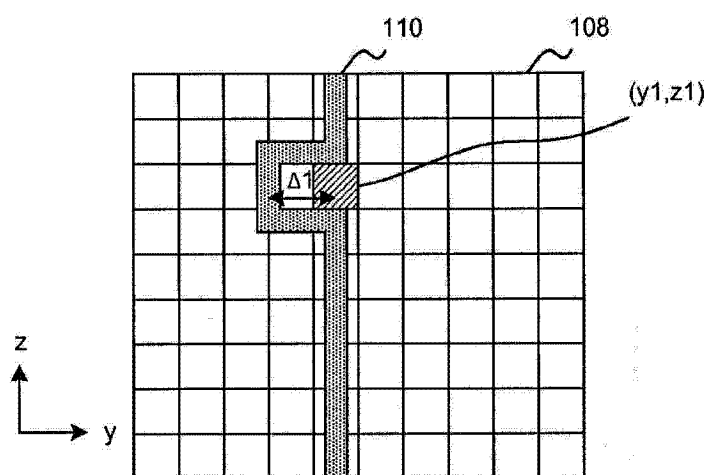


图 3(现有技术)

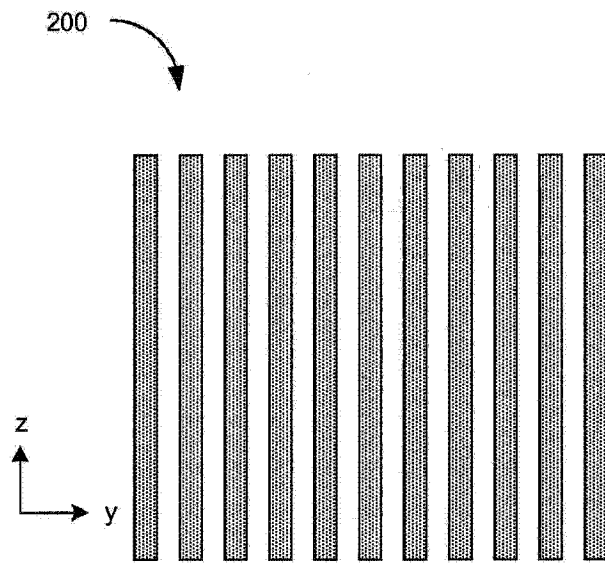


图 4

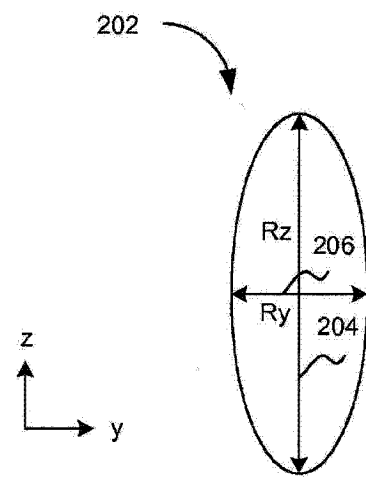


图 5

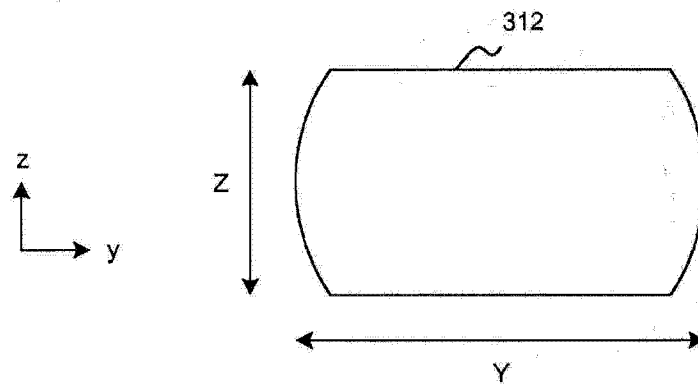


图 7

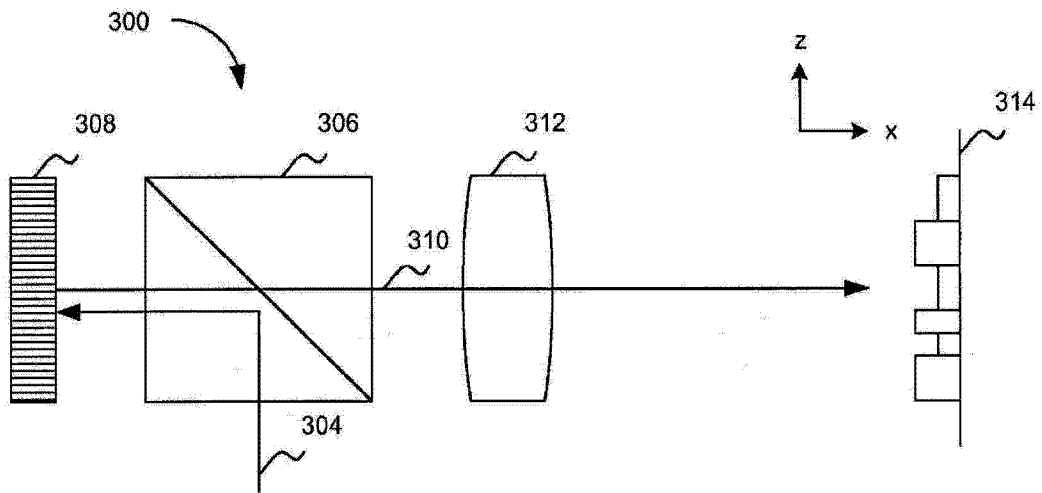


图 6

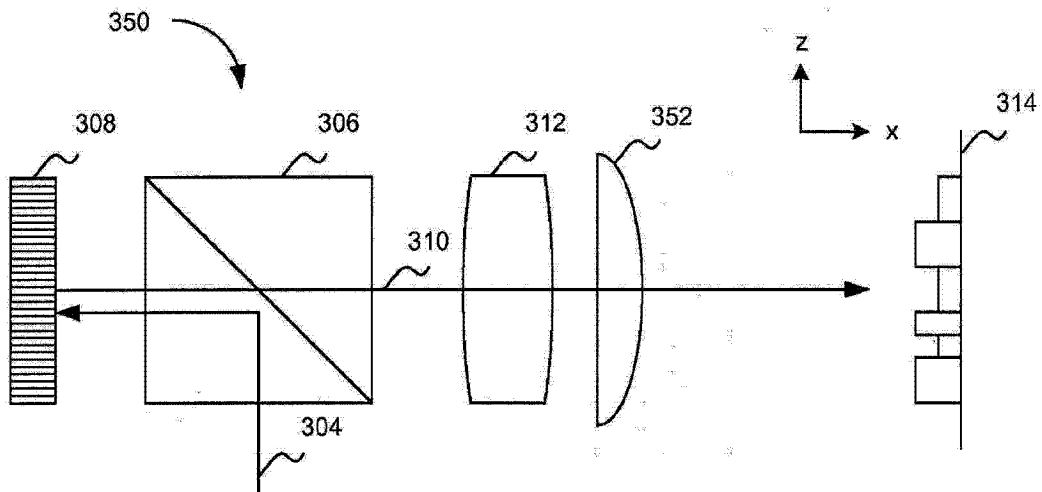


图 9

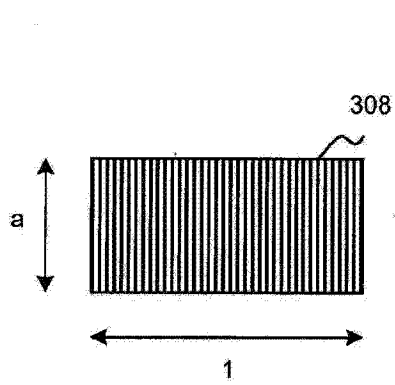


图 8(a)

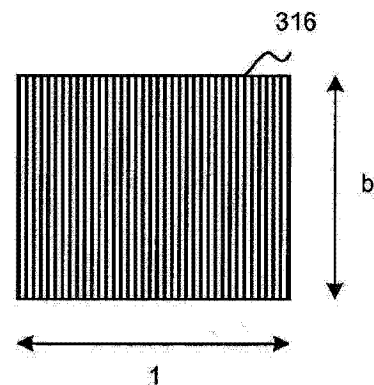


图 8(b)

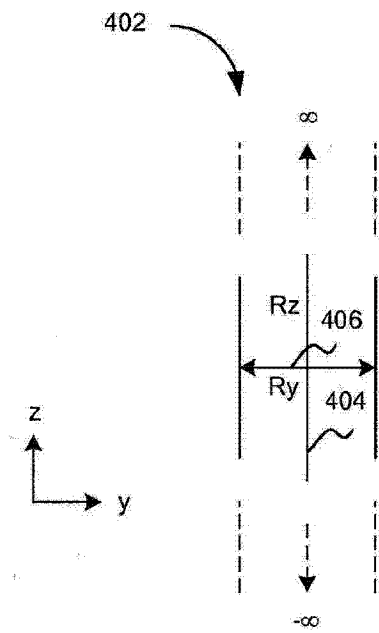


图 10

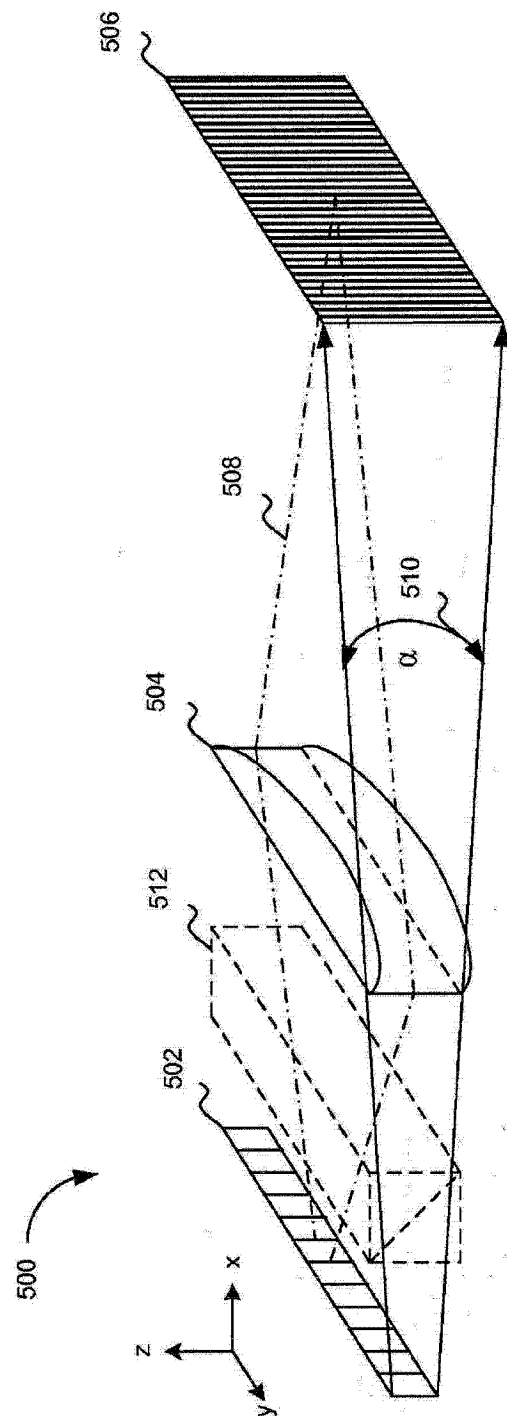


图 11

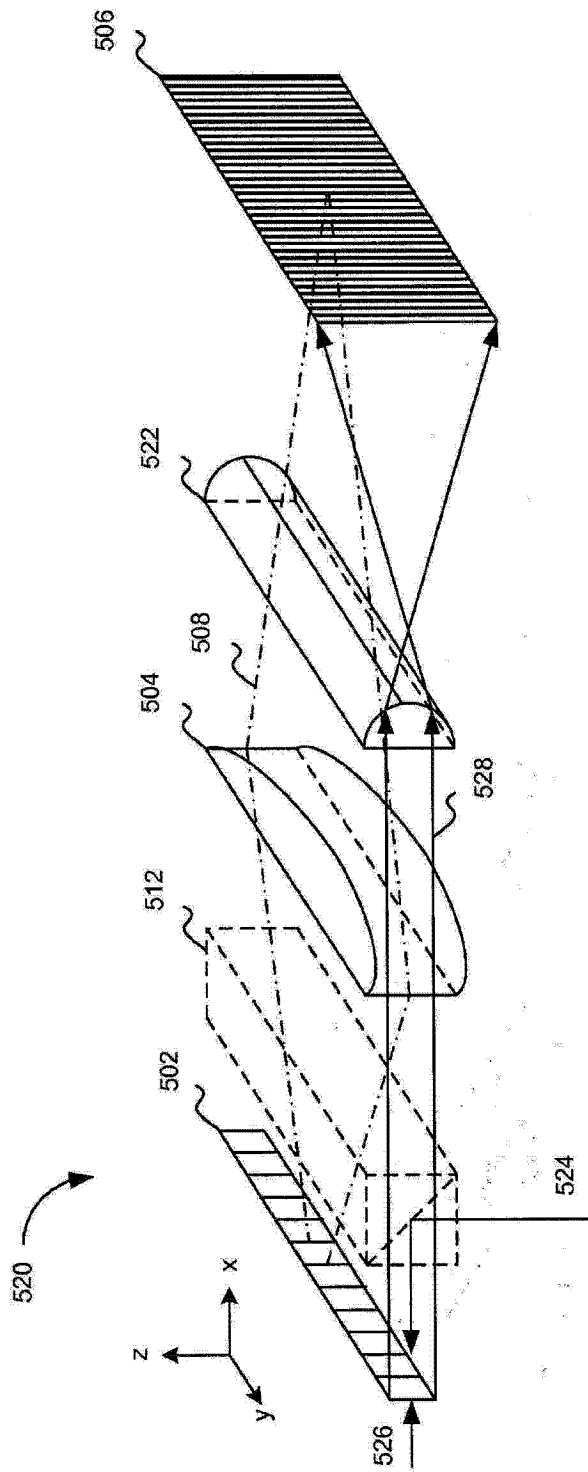


图 12

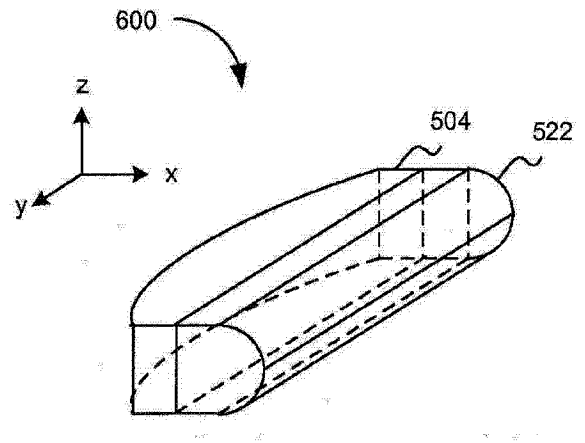


图 13(a)

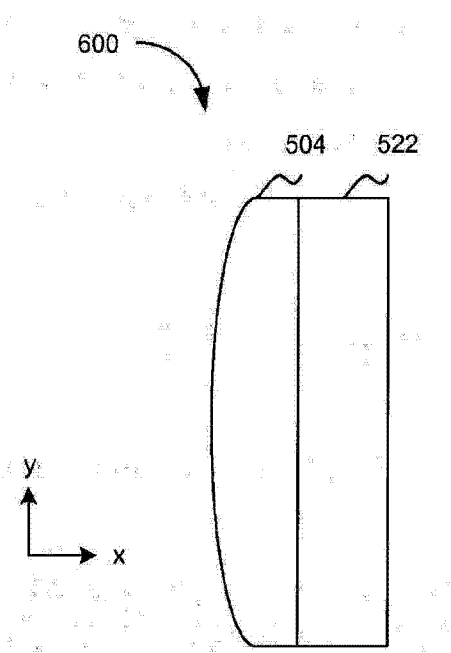


图 13(b)

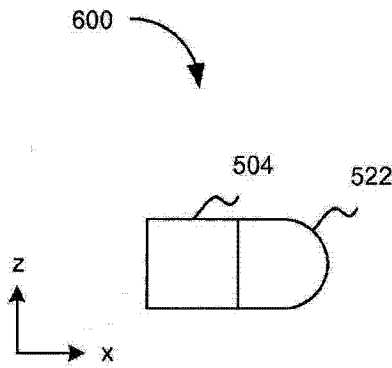


图 13(c)