



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101321987 B

(45) 授权公告日 2010.08.18

(21) 申请号 200680045680.2

F21S 2/00(2006.01)

(22) 申请日 2006.11.30

G02B 27/18(2006.01)

G02F 1/1335(2006.01)

(30) 优先权数据

11/296,147 2005.12.06 US

(56) 对比文件

US 6577429 B1, 2003.06.10, 说明书摘要、说明书第5栏第52行至第10栏第7行、说明书附图1.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.06.05

CN 1580865 A, 2005.02.16, 说明书第8页第27行至第10页第1行、附图5,6.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/045866 2006.11.30

US 5745153 A, 1998.04.28, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

W02007/067411 EN 2007.06.14

US 5808657 A, 1998.09.15, 全文.

(73) 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

US 4619508, 1986.10.28, 说明书第8栏第36行至第44行.

(72) 发明人 西蒙·马格利尔

罗伊·A·奥尔巴克

审查员 姚文杰

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限公司
11219

代理人 郑立 林月俊

(51) Int. Cl.

F21V 8/00(2006.01)

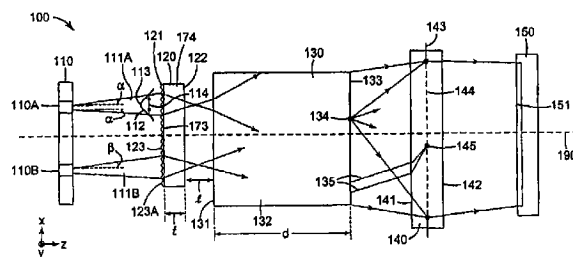
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

(54) 发明名称

含有准直光源的照明系统

(57) 摘要

本发明公开了光学系统以及包含所述光学系统的投影系统。所述光学系统包括能发光的光源。所述发射光包括一个或多个基本准直的离散光束。所述光学系统还包括用于接收并透射所述发射光的小透镜阵列。所述发射光中的每个离散光束在所述小透镜阵列处都具有强度半峰全宽 (FWHM), 所述半峰全宽覆盖所述小透镜阵列中至少多个小透镜的部分。所述光学系统还包括光学元件, 所述光学元件用于从所述光学元件的输入面接收透射的光。所述光学元件匀化所述接收的光并从所述光学元件的输出面透射所述匀化的光。



1. 一种光学系统,包括:

能够发光的光源,所发出的发射光包含一个或多个基本准直的离散光束;

接收并透射所述发射光的小透镜阵列,所述发射光中每个离散光束在所述小透镜阵列处都具有覆盖所述小透镜阵列中至少多个小透镜的部分的强度半峰全宽;以及

光学元件,从所述光学元件的输入面接收透射的透射光,所述光学元件匀化所接收的光并从所述光学元件的输出面透射匀化光,

其中所述光学系统具有光轴,并且其中垂直于所述光轴将所述小透镜阵列移动所述小透镜阵列中小透镜外径二分之一的距离使所述匀化光的均匀性变化小于5%。

2. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光源包括激光光源。

3. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个基本准直的离散光束的半发散角小于2度。

4. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个基本准直的离散光束的半发散角小于1度。

5. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光源包括一排或多排离散光源。

6. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光源包括二维离散光源阵列。

7. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光源包括三维离散光源阵列。

8. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个离散光束在所述小透镜阵列处的强度半峰全宽覆盖至少4个小透镜的部分。

9. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个离散光束在所述小透镜阵列处的强度半峰全宽覆盖至少7个小透镜的部分。

10. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个离散光束在所述小透镜阵列处的强度半峰全宽覆盖至少9个小透镜的部分。

11. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述小透镜阵列中至少一些小透镜的焦点不位于同一平面上。

12. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述小透镜阵列中至少两个小透镜具有不同的光焦度。

13. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个小透镜都具有六边形的形状。

14. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个小透镜都具有正方形的形状。

15. 根据权利要求1所述的光学系统,其中每个小透镜都具有矩形的形状。

16. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述小透镜阵列中的所述小透镜密集堆积。

17. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述小透镜阵列为所述光学元件的一体部分。

18. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光学元件通过全内反射来匀化所接收的光。

19. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光学元件为锥形。

20. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光学元件的所述输入面和输出面的至少一个为矩形。

21. 根据权利要求1所述的光学系统,其中所述光学元件的所述输入面和输出面的至少一个为正方形。

22. 根据权利要求 1 所述的光学系统,其中所述光学元件的所述输入面和输出面的至少一个为梯形。

23. 一种投影系统,所述投影系统包括根据权利要求 1 所述的光学系统。

含有准直光源的照明系统

技术领域

[0001] 本发明整体涉及照明系统,并且尤其适用于使用一个或多个准直光源的照明系统。

背景技术

[0002] 照明系统通常包括光源和将光源发出的光传输至所需目标的照明光学器件。照明系统用于多种应用,例如投影显示器和液晶显示器(LCD)的背光源。照明系统中的光源可以,例如,包括弧光灯(如汞弧灯)、白炽灯、荧光灯、发光二极管(LED)或激光。

[0003] 投影系统通常包括用于产生图像的有源光阀、用于照亮该光阀的照明系统以及通常用于在投影屏幕上投射和显示图像的光学器件。投影系统中的照明系统通常使用一个或多个白光源,如弧光灯。照明系统的照明光学器件可以包括可将白光分成各种颜色(如红光、绿光和蓝光)的装置。

[0004] 通常期望均匀地照亮光阀。因此,照明系统一般采用一种匀化器来匀化光源发射的光。

发明内容

[0005] 一般来讲,本发明涉及照明系统。本发明还涉及投影系统中采用的照明系统。

[0006] 在本发明的一个实施例中,光学系统包括能发光的光源。发射光包括一个或多个基本准直的离散光束。该光学系统还包括用于接收并透射发射光的小透镜阵列。发射光中每个离散光束在小透镜阵列处都具有覆盖小透镜阵列中至少多个小透镜的部分的强度半峰全宽(FWHM)。光学系统还包括光学元件。光学元件从光学元件的输入面接收透射的光。光学元件还可匀化所接收的光并从光学元件的输出面透射匀化的光。

[0007] 在本发明的另一个实施例中,光学系统包括一个或多个光源。每个光源都能够发射基本准直的光束。该光学系统还包括小透镜阵列。小透镜阵列可接收并扩展一个或多个光源发射的光。该光学系统还包括光学匀化器。匀化器可匀化小透镜阵列扩展的光。每个发射准直光束在小透镜阵列处的强度半峰全宽(FWHM)与小透镜外径的比率为至少 1.05。

附图说明

[0008] 结合附图本发明的各种实施例所做的以下详细描述将有利于更完整地理解和体会本发明,其中:

[0009] 图 1a 示出了根据本发明一个实施例的照明系统的示意性侧视图;

[0010] 图 1b 示出了图 1 所示小透镜阵列的示例性部分的示意性侧视图;

[0011] 图 1c 示出了图 1b 中小透镜对准直光束的扩展;

[0012] 图 1d 示出了图 1 所示小透镜阵列的另一个示例性部分的示意性侧视图;

[0013] 图 2 示出了实例 1 中所分析照明系统的一部分的示意性三维视图;

[0014] 图 3 示出了实例 1 中所分析照明系统的一部分的示意性侧视图;

- [0015] 图 4 示出了实例 1 中所分析小透镜阵列的一部分的示意性前视图；
- [0016] 图 5a-d 示出了实例 1 中所用四组不同变量的角强度分布；
- [0017] 图 6 示出了实例 1 所公开的一些结果的线图；以及
- [0018] 图 7 示出了根据本发明一个实施例的投影系统的示意性侧视图。

具体实施方式

[0019] 本发明整体涉及照明系统。本发明还适用于包含照明系统和光阀的投影系统，其中希望用高强度光均匀地照亮光阀。本发明尤其适用于包含一个或多个能够发射准直光束的光源（如激光光源）的照明和投影系统。

[0020] 在说明书中，多个附图中使用的相同附图标号是指具有相同或类似特性和功能的相同或类似元件。

[0021] 激光光源已用于照明和投影系统。例如，美国专利公布 No. 2005/0057727 公开了激光投影系统，其中准直的可见激光光源通过扫描光阀照亮成像液晶光阀。最近已公开紧凑型高功率半导体激光器。例如，美国专利 No. 6, 243, 407 公开了能够产生几十瓦特输出功率的垂直腔面发射激光器（VCSEL）。投影系统中采用的高功率激光光源可增加投影图像的亮度和对比度。

[0022] 本发明公开了含有一个或多个准直光源的照明和投影系统。例如，光源可以是激光光源。使用激光光源的已知照明系统（例如美国专利 No. 5, 923, 475 所公开的照明系统）通常含有一个或多个小透镜阵列，其中每个激光光源在照明系统的每个小透镜阵列中都具有专用小透镜。这种照明系统要求每个激光光源与其对应的小透镜精确对齐，因为轻微的未对准实质上都会影响光的照明均匀性和角分布。本发明的一个优点是，准直光源可提供均匀的照明而无需单个准直光源与照明系统中其它元件之间精确对齐或是对其要求很低。例如，该优点使得可在照明或投影系统中使用尺寸不太精确因而价格较低的元件。该优点还省去或降低了对照明或投影系统中光学元件（例如光源）进行精确定位的需要。

[0023] 本发明的另一个优点是，照明系统输出的角强度分布（或换句话讲，输出的远场强度分布）对单个准直光源与照明系统中其它元件之间精确对齐并不敏感。该优点使得可使用较小的元件（例如透镜或孔径阑），从而降低照明系统的成本并减小其总占有面积。

[0024] 本发明还公开了减少或消除斑点（或斑点噪声）的装置，例如，当照明或投影系统使用了一个或多个相干光源（如激光光源）时可能存在的斑点。斑点通常为干涉图形，并且斑点是相干成像的特征。斑点可降低图像质量，因此通常希望减少照明或投影系统中的斑点。

[0025] 图 1a 示出了根据本发明一个实施例的照明系统 100 的示意性侧视图。照明系统 100 以光学轴线 190 为中心，包括光源组件 110、透镜 120、光学匀化器 130、光学传输系统 140 和光调制器 150。光源组件 110 包括一个或多个光源，例如光源 110A 和 110B，每个光源可分别发射基本准直的光束，例如准直光束 111A 和 111B。每个发射的基本准直的光束都具有半发散角。例如，准直光束 111A 具有半发散角 α ，准直光束 111B 具有半发散角 β 。每个光束可沿不同方向具有不同的半发散角。例如，光束 111A 沿 z 轴传播，并在 xz 平面具有半发散角 α ，但它可以在（例如）yz 平面具有不同的半发散角。根据本发明的一个实施例，每个发射准直光束的最大半发散角小于 2 度，优选地小于 1.5 度，更优选地小于 1.0 度。

在一些应用中,每个发射准直光束的最大半发散角小于 0.75 度,优选地小于 0.5 度。

[0026] 光源组件 110 可包括单个光源。在一些应用中,光源组件 110 可包括多个离散光源,例如,这些光源可布置为一行或多行或应用所需的任何形式。光源组件 110 可包括位于平面上的多个离散光源。在一些应用中,光源组件 110 可包括布置在例如,球形、椭圆形、抛物线、双曲线、平面或任何其它适用表面上的离散光源三维阵列。

[0027] 光源 110A 可为任何能够发射基本准直的光束的光源,例如激光光源。

[0028] 每个发射的基本准直的光束都在垂直于传播方向的方向上具有光强分布。例如,准直光束 111A 沿 z 轴传播,并在 xy 平面上具有二维光强分布。光强分布在 xy 平面上沿不同方向可能有所不同。例如,准直光束 111A 可具有在 xy 平面上沿 x 方向的光强分布 112,该分布不同于沿 y 方向的光强分布。光强分布 112 具有峰值强度 113 和强度半峰全宽 (FWHM) 114。

[0029] 透镜 120 具有第一表面 121、第二表面 122 和标称厚度 t,例如,其中 t 为表面 121 与 122 之间的平均距离。第一表面 121 包括小透镜阵列 123,该阵列包括多个小透镜,例如小透镜 123A。小透镜可全部为正、全部为负或为正透镜和负透镜的组合。根据本发明的一个实施例,每个发射准直光束在小透镜阵列处的强度 FWHM 可覆盖多个透镜的至少一部分。例如,准直光束 111A 的强度 FWHM 114 可覆盖 5 个小透镜的至少一部分。小透镜阵列 123 中每个小透镜的内径为可由小透镜包围的最大圆周的直径。类似地,小透镜阵列 123 中每个小透镜的外径为可包围小透镜的最小圆周直径。

[0030] 根据本发明的一个实施例,发射准直光束在小透镜阵列 123 处的强度 FWHM 与小透镜阵列中小透镜外径的比率优选不小于 0.94,更优选不小于 0.97,甚至更优选不小于 1.0。在一些实施例中,发射准直光束在小透镜阵列 123 处的强度 FWHM 与小透镜阵列中小透镜外径的比率优选不小于 1.05,更优选不小于 1.10,甚至更优选不小于 1.15。

[0031] 根据本发明的另一个实施例,所有发射准直光束在小透镜阵列 123 处的最小强度 FWHM 与小透镜阵列中所有小透镜中的最大有限外径的比率优选不小于 0.94,更优选不小于 0.97,甚至更优选不小于 1.0。在一些应用中,所有发射准直光束在小透镜阵列 123 处的最小强度 FWHM 与小透镜阵列中所有小透镜中的最大有限外径的比率优选不小于 1.05,更优选不小于 1.10,甚至更优选不小于 1.15。

[0032] 根据本发明的一个实施例,发射准直光束可覆盖 4 个透镜的至少一部分,优选覆盖 7 个透镜的至少一部分,更优选覆盖 9 个透镜的至少一部分。根据本发明的另一个实施例,每个发射准直光束可覆盖 4 个透镜的至少一部分,优选覆盖 7 个透镜的至少一部分,更优选覆盖 9 个透镜的至少一部分。示例性照明系统 100 提供均匀的照明以及对单个发射准直光束与小透镜阵列 123 中小透镜的精确对齐不敏感的远场强度分布,其中照明系统中每个发射准直光束覆盖小透镜阵列 123 中至少多个小透镜的部分。

[0033] 为了简化和便于说明,图 1a 示出了在单个焦点上聚焦每个入射准直光束的小透镜阵列 123。一般来讲,入射准直光束可以在对应于入射准直光束照射的小透镜的多个焦点聚焦。每个入射准直光束照射多个小透镜的照明系统 100 的优点是入射光在多个焦点聚焦,从而减少了照明系统中的斑点。

[0034] 小透镜阵列 123 中的每个小透镜都具有一个或多个焦点。小透镜的焦点可位于或不位于同一平面。例如,图 1b 示出了小透镜阵列 123 的四个示例性正透镜,其焦点分别

是 F1、F2、F3 和 F4, 其中这四个焦点不位于同一平面。图 1c 示出了图 1b 所示四个小透镜对入射的基本准直的光束 111C 的扩展。准直光束 111C 被有效分成聚焦在焦点 F1-F4 上的四个较小光束。随后聚焦光束在沿 z 轴传播时扩展。图 1d 示出了小透镜阵列 123 的四个示例性负透镜, 其具有虚焦点 F5、F6、F7 和 F8, 这四个虚焦点不位于同一平面。在这种情况下, 入射的基本准直的光束 111D 被有效分成为四个较小的光束, 其中每个光束在被对应小透镜折射时扩展。焦点不位于同一平面的照明系统 100 的优点是减少了斑点。

[0035] 根据本发明的一个实施例, 对于小透镜阵列 123 中的所有小透镜, 小透镜外径与小透镜焦距的比率是相同的。然而, 小透镜可以具有不同的焦距和 / 或外径。根据本发明的另一个实施例, 小透镜阵列 123 中的小透镜具有基本相同的外径, 但至少一些小透镜具有不同的焦距。

[0036] 小透镜阵列 123 中的不同小透镜可具有不同的光学功率, 其中光学功率可以为正或负。小透镜阵列 123 可以为线性或二维小透镜阵列。此外, 小透镜阵列 123 中的小透镜可密集堆积或不密集堆积, 但是在本发明的一个优选实施例中, 小透镜被密集堆积以 (例如) 提高递送至光调制器 150 的光的均匀性。

[0037] 小透镜阵列 123 中的小透镜可具有不同形状, 例如正方形、六边形、矩形或可能适用于应用的任何其它形状。此外, 小透镜阵列 123 中的不同小透镜可具有不同形状、不同内径和 / 或不同外径。小透镜阵列 123 中的小透镜可以是球形透镜、圆柱形透镜、非球面透镜或应用所需的任何其它类型透镜。

[0038] 根据本发明的一个实施例, 透镜 120 能够扩展每个入射准直光束。在图 1a 中所示的示例性实施例中, 小透镜阵列 123 中的小透镜为平凸型。在这种情况下, 透镜 120 首先聚焦每个入射准直光束, 然后 (例如) 如图 1c 所示扩展每个聚焦光束。小透镜阵列 123 中的一些或所有小透镜可为平凸型, 在这种情况下, 入射准直光束由第一平面 121 透射之后即被扩展。一般来讲, 小透镜阵列 123 中的小透镜可为应用所需的任何小透镜, 例如双凹小透镜、双凸小透镜、凹 - 凸小透镜或凸 - 凹小透镜, 或者适用于给定应用的任何其它类型小透镜。

[0039] 在图 1a 中所示的示例性照明系统中, 小透镜阵列 123 中的小透镜是在基板 174 的表面 173 上形成的。在一些照明系统中, 小透镜阵列 123 中的小透镜和基板 174 可形成一体式系统, 例如通过在基板 174 的表面 173 上直接模铸小透镜。

[0040] 图 1a 中的光学元件 130 主要用于匀化透镜 120 透射的光线, 其中匀化光线意味着离开光学元件 130 的光线比进入光学元件 130 的光具有更均匀的空间强度分布。已知的光匀化器实例可能存在于美国专利 No. 5, 625, 738 和 6, 332, 688 及美国专利专申请公开 No. 2002/0114167、2002/0114573 和 2002/0118946 中。

[0041] 光学元件 130 具有输入面 131、长度为“d”的光学棒 132 和输出面 133。光学元件 130 从输入面 131 接收透镜 120 透射的光线, 在光线沿光学棒的长度传播时匀化所接收的光线, 然后从光学元件的输出面 133 透射匀化的光线。

[0042] 输入面 131、输出面 133 和光学棒 132 的横截面可为任何形状, 例如矩形、梯形、正方形、椭圆形或应用所需的任何其它形状。输入面 131、输出面 133 和光学棒 132 的横截面可具有不同形状。例如, 输入面 131 可为圆形, 输出面 133 可为正方形。光学棒 132 不同位置处的横截面可以有所不同。例如, 光学棒 132 可以沿光学轴线 190 沿其长度渐缩。光学

棒可沿光学轴线向内或向外渐缩。光学棒 132 横截面的两边可以是直的或弯曲的。锥形光学棒的实例在美国专利 No. 6, 332, 688 中有所描述。

[0043] 匀化器 130 可为任何三维形状,例如多面体(如六面体)。匀化器 130 的一部分或整体可为实心或中空。匀化器 130 可以匀化通过任何适用的光学方法(例如反射、全内反射、折射、散射或衍射,或者它们的任何组合)或可能适用于匀化所接收光线的任何其它方法接收的光线。

[0044] 图 1a 示出了直的光学轴线 190 和直的光学元件 130。一般来讲,可根据应用需要,在沿光学轴线 190 的一个或多个点处折叠该光学轴线。在这种情况下,光学元件 130 也可以在沿光学棒 132 的长度“d”的一个或多个点处折叠。

[0045] 根据本发明的一个实施例,透镜 120 对发射准直光束的扩展与光学元件 130 的匀化功能相结合,在光学元件 130 的输出面 133 上递送出空间上足够均匀的光。

[0046] 根据本发明的一个实施例,在 xy 平面的方向上使透镜 120 移动的距离不大于小透镜外径的 1/2 使输出面 133 上的光的空间均匀性(有时称为近场强度分布)变化小于 30%,优选小于 20%,更优选小于 15%。在一些应用中,这样的移动使输出面 133 上的光的空间均匀性变化小于 10%,优选小于 5%,更优选小于 1%,甚至更优选小于 0.5%。

[0047] 根据本发明的另一个实施例,在 xy 平面的方向上使透镜 120 移动的距离不大于小透镜阵列 123 的小透镜中最大外径的 1/2 使输出面 133 上的光的空间均匀性变化小于 30%,优选小于 20%,更优选小于 15%。在一些应用中,这样的移动使输出面 133 上的光的空间均匀性变化小于 10%,优选小于 5%,更优选小于 1%,甚至更优选小于 0.5%。

[0048] 在图 1a 中,透镜 120 和光学习化器 130 由距离“1”隔开。一般来讲,距离“1”可以是能够在应用中产生所需结果的任何距离。例如,距离“1”可以足够大以改善输出面 133 上的均匀性。在一些应用中,距离“1”可以足够小以增加光学习化器 130 接收和收集的光量。在另一些其它应用中,距离“1”可以为零以便(例如)改善机械稳定性和/或减少在透镜 120 与光学习化器 130 之间保持对齐的需要。可通过(例如)取消基板 174 并直接在光学习化器 130 的输入面 131 上形成小透镜阵列 123 使距离“1”为零。

[0049] 根据本发明的一个实施例,用粘合剂层(图 1a 中未示出)将透镜 120 光学连接到光学元件 130 上。如本文所用,术语粘合剂是指能够通过表面附连将两个相邻的层连接在一起的材料。粘合剂层可通过(例如)分散粘合剂宿主材料中的小颗粒的方式来具有光扩散性,其中颗粒的折射率不同于粘合剂宿主材料的折射率。类似地,透镜 120 可沿透镜的厚度“t”具有光学扩散性。

[0050] 根据本发明的一个实施例,透镜 120 为光学元件 130 的一体部分,意即透镜 120 和光学元件 130 形成一体构造。例如,小透镜阵列 123 可为光学习化器 130 的输入面 131 的一体部分。

[0051] 光学传输系统 140 从其输入面 141 接收由光学习化器 130 发射的光,并将所接收的光传输到其输出面 142,然后将所传输的光从其输出面传递到光调制器 150。根据本发明的一个实施例,输出面 133 和光调制器 150 形成共轭对,意即(例如)光调制器 150 位于输出面 133 的成像平面上。

[0052] 光学传输系统 140 包括具有开放区域 144 的孔径阑 143。根据本发明的一个实施例,输出面 133 和孔径阑 144 形成傅立叶变换对,意即,一般来讲,输出面 133 中的每个点

(例如点 134) 照亮基本上整个开放区域 144。此外,沿相同方向传播的离开输出面 133 的所有光线(例如光线 135)都在各自的点(例如开放区域 144 中的点 145)处基本会聚。

[0053] 光学传输系统 140 可包括一个或多个本质上具有(例如)折射性、衍射性或全息性的光学元件,例如透镜、小透镜阵列、光学滤光器、色轮、反射镜或光学传输系统 140 中可以用来将光从光学元件 130 传输到光调制器 150 的有效区域 151 的任何其它光学元件。

[0054] 光调制器 150 具有能够显示图像的有效区域 151。根据本发明的一个实施例,孔径阑 143 和有效区域 152 形成傅立叶变换对。

[0055] 光调制器 150 可为能够显示图像的任何光调制器。光调制器 150 可为像素化的。例如,光调制器 150 可以是微电子机械系统(MEMS),例如数字微反射镜器件(DMD)。DMD 通常包括可倾斜的微反射镜阵列。例如,可以通过电信号独立控制每个反射镜的倾斜。每个反射镜(或像素)的倾斜使得反射镜可作为快速而精确的光开关。因此,DMD 可作为数字化调制入射光的空间光调制器,例如,在用入射光照明时显示图像。DMD 的实例为可得自 Texas Instruments Company(Dallas, Texas) 的 Digital Light Processor™(DLP™)。

[0056] 光调制器 150 的其它实例包括(例如)美国专利 No. 5,841,579 中所讨论的光栅光阀(GLV)或液晶显示屏(LCD)。例如,液晶显示屏型调制器 150 可具有光透射性质或反射性质,例如分别为高温多晶硅(HTPS)液晶显示屏或硅基液晶(LCoS)显示屏。

[0057] 一般来讲,光调制器 150 可以是能够形成图像的任何可进行电子开关的器件。在一些应用中,光调制器 150 可以显示静态图像,例如,可随时刷新、更改或以其它方式更新的静态图像,取决于具体应用。

[0058] 光学匀化器 130 透射的光具有近场分布,这是在输出面 133 上的空间光强度分布。光学元件 130 透射的光还具有远场或角强度分布。远场分布理论上为设置在距离输出面 133 无限远的平面上透射的光的空间强度分布。实际上,可通过考虑设置在距离输出面 133 较远距离(例如几米)的平面上透射光的空间强度分布来大致确定远场分布。

[0059] 根据本发明的一个实施例,在 xy 平面的方向上使透镜 120 移动的距离不大于小透镜阵列 123 的小透镜中小透镜外径的 1/2 使匀化器 130 透射的光的角强度分布变化小于 40%,优选小于 20%,更优选小于 10%,更优选小于 5.0%,甚至更优选小于 1.0%。

[0060] 根据本发明的另一个实施例,在 xy 平面的方向上使透镜 120 移动的距离不大于小透镜阵列 123 小透镜中最大外径的 1/2 使匀化器 130 透射的光的角强度分布变化小于 40%,优选小于 20%,更优选小于 10%,更优选小于 5.0%,甚至更优选小于 1.0%。

[0061] 以下实例进一步说明了本发明的优点和实施例。具体材料、光学参数(例如折射率)、实例中详述的尺寸以及其它条件和细节不应理解为对本发明的不当限制。

[0062] 实例 1：

[0063] 对于在透镜 120 上入射的基本准直的光束,对类似图 1a 中照明系统 100 的照明系统进行了数值分析。参考图 2-4 描述了实例中所用系统变量和参数的详细信息。分析中使用了一束圆形的入射准直光束 111A。所述光束在表面 131 的 xy 平面上沿 x 方向和 y 方向的强度 FWHM 均为 0.2mm。所述光束具有等于 0.344 度的半发散角 α 。所述光束的波长为 0.532 微米。

[0064] 在分析中,小透镜阵列 123 是直接在光学元件 130 的输入表面 131 上形成的、密集堆积的相同正方形小透镜的二维阵列。每个小透镜都具有曲率半径为 0.3mm 的凸形第一表

面（如图 3 中小透镜 301 所示）和等于 0.04mm 的小透镜厚度“P”。输入面 131 为矩形，其沿 y 轴的边的尺寸为 6.8mm，沿 x 轴的边的尺寸为 4.0mm。光学棒 132 的长度为 40mm。

[0065] 分析中有两个变量。第一变量是“q”，即每个正方形小透镜每边的大小，也是每个正方形小透镜的内径，如图 2 和图 4 所示。第二变量是未对齐尺寸“h”，其定义为小透镜阵列 123 处入射准直光束 111A 的中心 401 与指定小透镜 123B 的中心 402 之间的距离，如图 4 所示。h 使用了三个不同的值。第一个值为 $h = 0$ ，意即中心 401 位于中心 402 处。第二个值为 $h = q/4$ ，意即中心 401 沿 y 轴横向移动，移动距离等于小透镜 123B 的边的四分之一。第三个值为 $h = q/2$ ，意即中心 401 沿 y 轴横向移动，移动距离等于小透镜 123B 的边的二分之一。

[0066] 每组变量的分析输出为 D，即包围由光学匀化器 130 透射的光的远场分布的最小半锥角。参考图 1a，D 对应于孔径阑 143 的开放区域 144 的最小直径（孔径阑透射基本上所有离开光学匀化器 130 的光），意即（例如）较大的 D 需要较大的开放区域 144，一般来讲，较大的开放区域需要照明系统中的其它元件也要较大。

[0067] 表 1 示出了针对实例中考虑的不同变量组的 D：

[0068] 表 I

q (mm)	OD (mm)	S	h (mm)	D (度数)	D 的变化 百分率
0.2	0.283	0.707	0	7.5	67
			0.05	12.5	
			0.1	12.5	
0.166	0.235	0.852	0	7.1	55
			0.041	11	
			0.083	11	
0.150	0.212	0.943	0	7	43
			0.038	10	
			0.075	10	
0.144	0.204	0.982	0	6.9	33
			0.036	9.2	
			0.072	9.2	
0.139	0.197	1.017	0	7.5	17
			0.035	8.8	
			0.069	8.8	
0.133	0.188	1.063	0	8	6
			0.033	8.5	
			0.067	8.5	
0.125	0.177	1.131	0	8.5	0
			0.031	8.5	
			0.062	8.5	

[0070] 在表 1 中，“OD”为图 2 和图 4 所示小透镜 123B 的外径，S 为 FWHM 与 OD 的比率。从表 1 中可看出，在 $OD = 0.283\text{mm}$ 时，等于小透镜边二分之一大小的未对齐（即， $h = 0.1\text{mm}$ ）导致 D 从 7.5 度增大至 12.5 度，增大近 67%。类似地，在 $OD = 0.212\text{mm}$ 时，等于小透镜边

二分之一大小的未对齐（即， $h = 0.075\text{mm}$ ）导致 D 从 7.0 度增大至 10.0 度，增大近 43% 。另一方面，在 $OD = 0.188\text{mm}$ 时，等于小透镜边二分之一大小的未对齐（即， $h = 0.067\text{mm}$ ）导致 D 从 8.0 度增大至 8.5 度，仅增大约 6% 。在 $OD = 0.177\text{mm}$ 时， $q/4$ 或 $q/2$ 的未对齐不会改变 D 。因此，对于大于 1.06 的 S 值，入射准直光束与对应小透镜之间的未对齐会使远场分布变化小于 10% 。相应地，本发明的优点是对于足够大的 S 值，远场分布足够小，同时对于入射准直光束与小透镜阵列中小透镜之间的未对齐不敏感。

[0071] 图 5a-d 示出了实例中所用四组不同变量的角强度分布。具体地讲，图 5a 示出了对齐条件下 $S = 0.707$ 时的角强度分布 510，图 5b 示出了 S 相同时的角强度分布 520，但具有 0.1mm 的未对齐。类似地，图 5c 示出了对齐条件下 $S = 1.131$ 时的角强度分布 530，图 5d 示出了 S 相同时的角强度分布 540，但具有 0.062mm 的未对齐。一种定义角 θ 和 Φ 的方法是参考如图 5a 所示的光学匀化器 130 的输出面 133 上的任意点 501。从点 501 离开输出面 133 的光线 502 终止于远场分布 504 中的点 503。角 θ 为光线 502 与 z 轴所成的角。角 Φ 为光线 502 在 xy 平面上的投影（即，线 505）与 x 轴所成的角。因此， D 为包围光学匀化器 130 透射的光的远场分布的最小角 θ 。

[0072] 图 5a 和 5b 表示未对齐 0.1mm 导致角强度分布大小基本增大，因此需要图 1a 中照明系统 100 有较大的开放区域 144，以适应例如制造、装配或使用照明系统 100 的过程中可能发生的任何未对齐。

[0073] 相反，图 5c 和 5d 示出了本发明的优点，因为恰好 0.062mm 的未对齐不会影响角强度分布的大小。因此，本发明允许在制造和装配时照明系统 100 的不同元件具有更大的公差。本发明还允许更大的系统操作温度范围，因为热膨胀和收缩造成的不同系统元件之间的未对齐基本上不会影响总体系统的性能。此外，本发明允许通过较小的光学元件（包括孔径阑 143 中的较小开放区域 144）而使用具有较大 f - 数的照明或投影系统，从而降低照明或投影系统的成本并减小其总占有面积。使用较大 f - 数系统还可通过（例如）减小光学象差来改善光学性能，继而通过允许在照明系统 100 或包括此类照明系统的投影系统中使用较少和 / 或较不复杂的光学元件来降低成本。

[0074] 图 6 中示出了表 1 中的一些结果。具体地讲，图线 600 示出了等于小透镜 123B 边二分之一的未对齐（见图 4）的 D 的变化百分率，其为 S 的函数。根据图线 600，对于大于约 1 的 S ， D 的变化百分率小于约 25% 。

[0075] 图 7 示出了根据本发明一个实施例的投影系统 700 的示意性侧视图。投影系统 700 包括照明系统 710、投影光学器件 720 和投影屏幕 730。照明系统 710 为根据本发明任何实施例的照明系统，例如图 1a 的照明系统 100。虽然图 1a 显示了一个照明系统，但一般来讲，投影系统 700 可以包括多个照明系统，例如三个照明系统。

[0076] 投影光学器件 720 将照明系统 710 生成的图像投影到投影屏幕 730 上。投影光学器件 720 通常包括多个透镜。已知投影光学器件的实例在美国专利 No. 6, 417, 971、6, 301, 057 和 5, 969, 876 中有所说明。

[0077] 投影系统 700 可以是背投系统，在这种情况下，投影屏幕 730 优选为背投屏幕。投影系统 700 可以是正投系统，在这种情况下，投影屏幕 730 优选是正投屏幕。

[0078] 示出的投影系统 700 居于直线光学轴线 790 中间。一般来讲，光学轴线 790 可以在一个或多个点折叠以（例如）减小投影系统的总占有面积。

[0079] 以上引用的所有的专利、专利申请以及其它出版物均以如同全文复制的方式并入本文以供参考。虽然为了有助于说明本发明的各个方面,上文详细描述了本发明的具体实例,但是应当理解,其目的并不是将本发明限制于实例中所给出的具体内容。相反,其目的在于涵盖附带的权利要求书中限定的本发明的精神和范围内的所有变化形式、实施例和可供选择的形式。

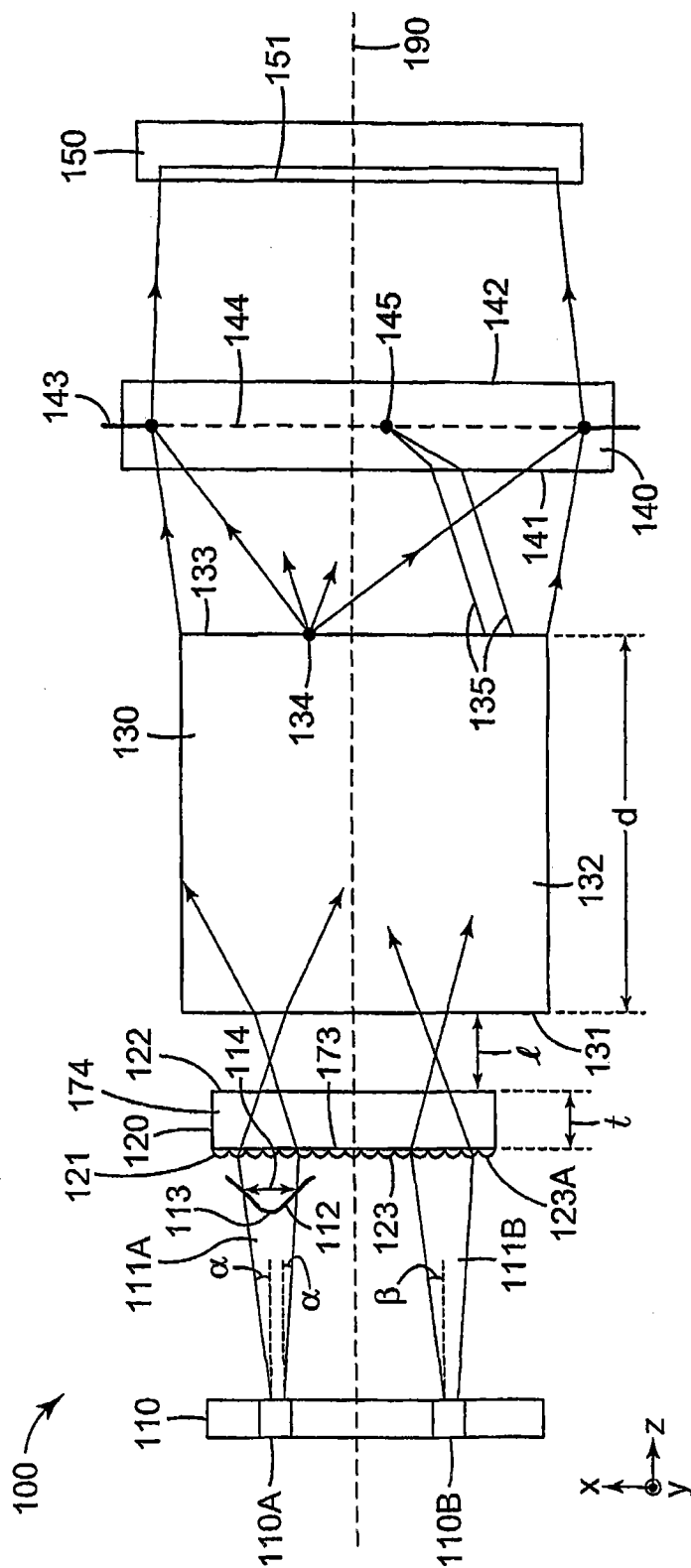


图1a

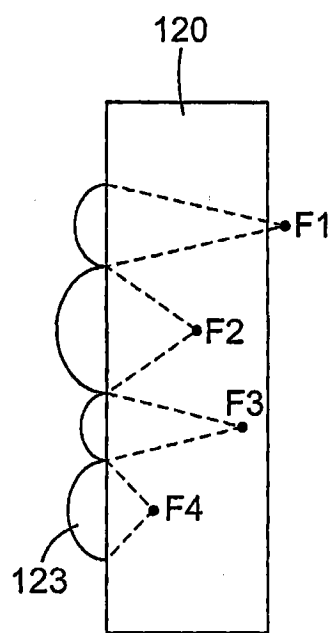


图 1b

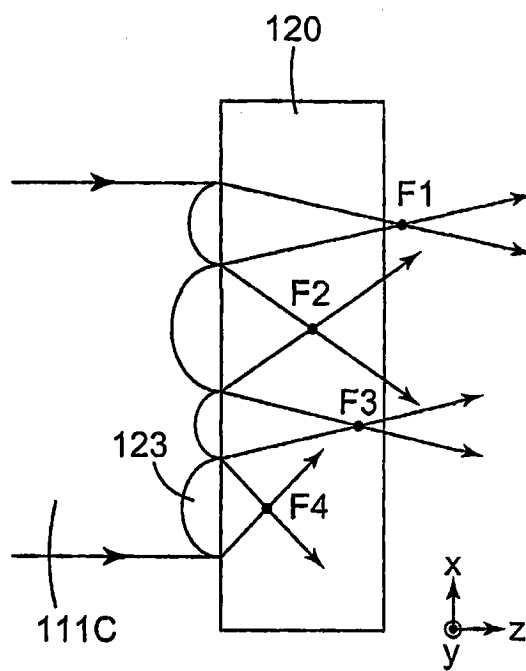


图 1c

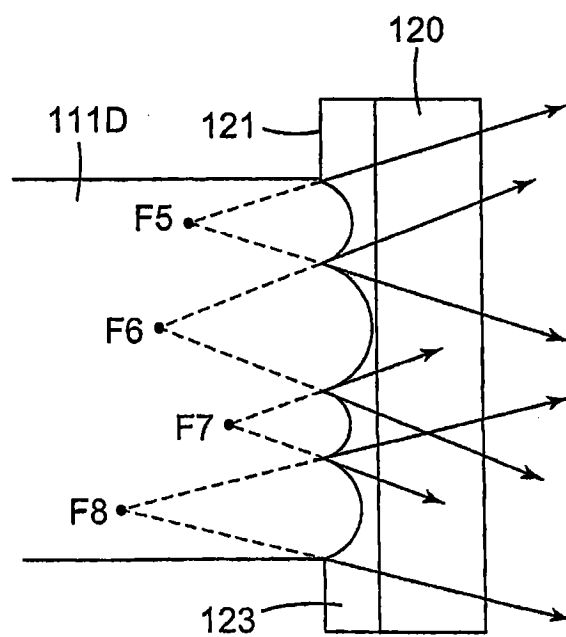


图 1d

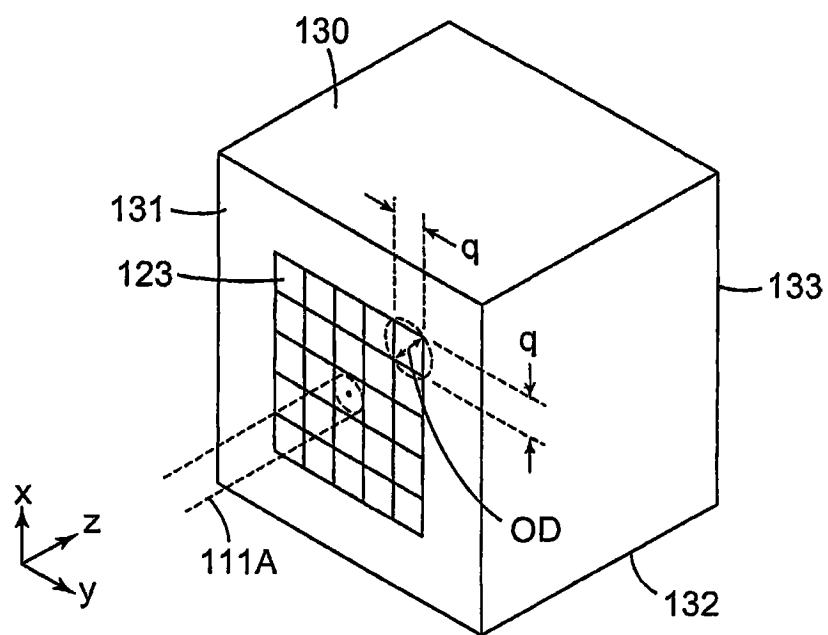


图 2

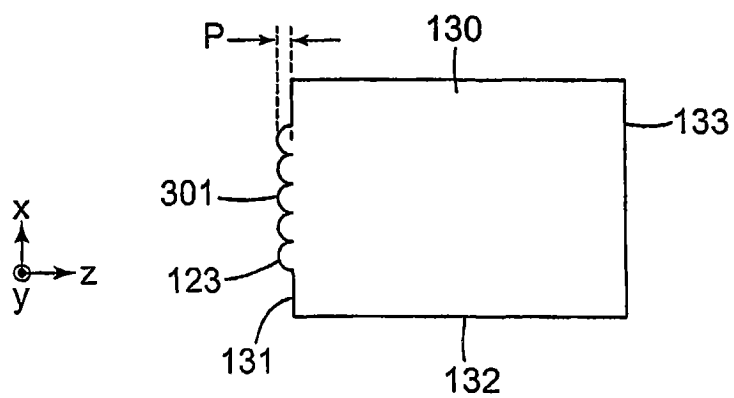


图 3

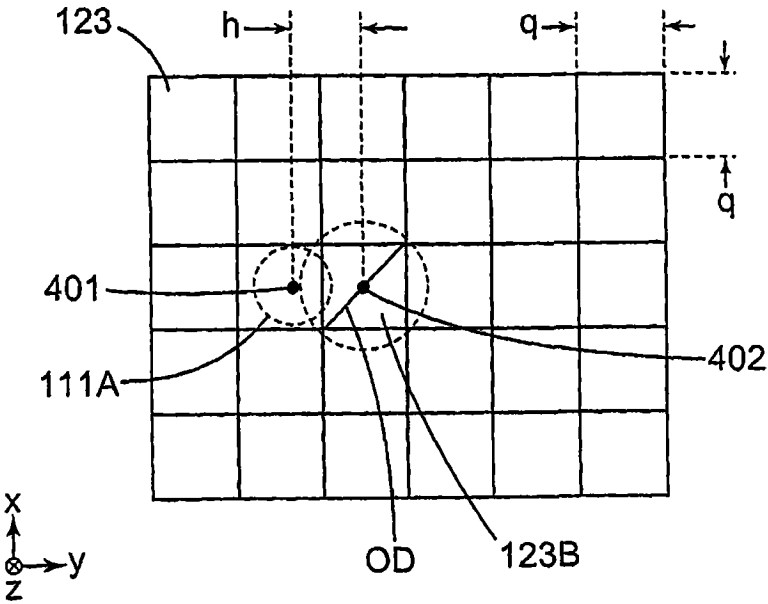


图 4

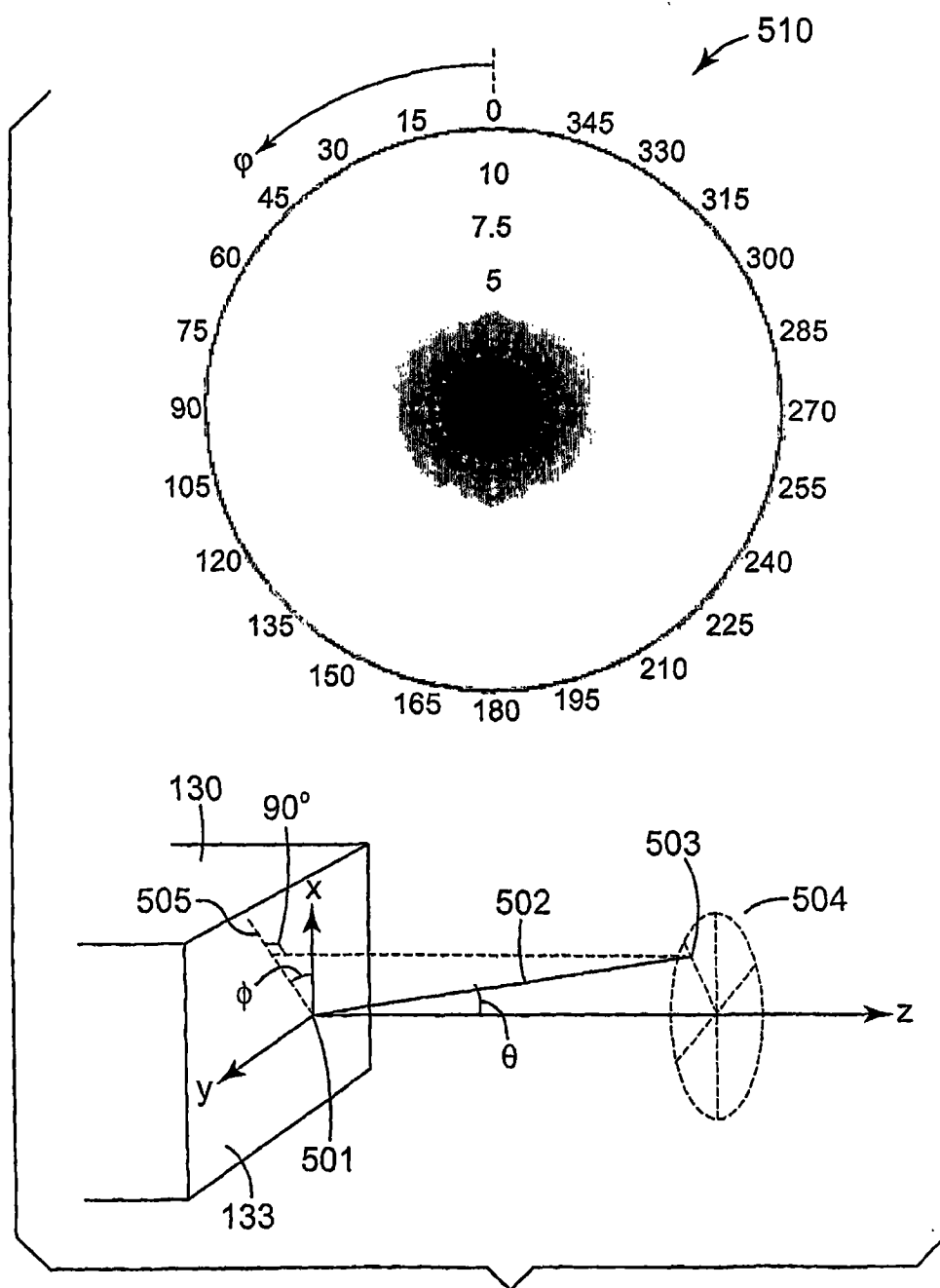


图 5a

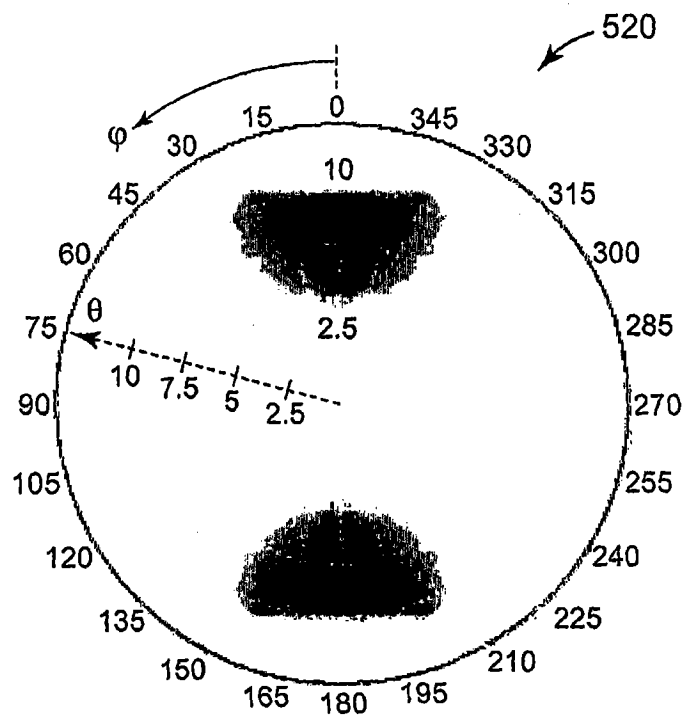


图 5b

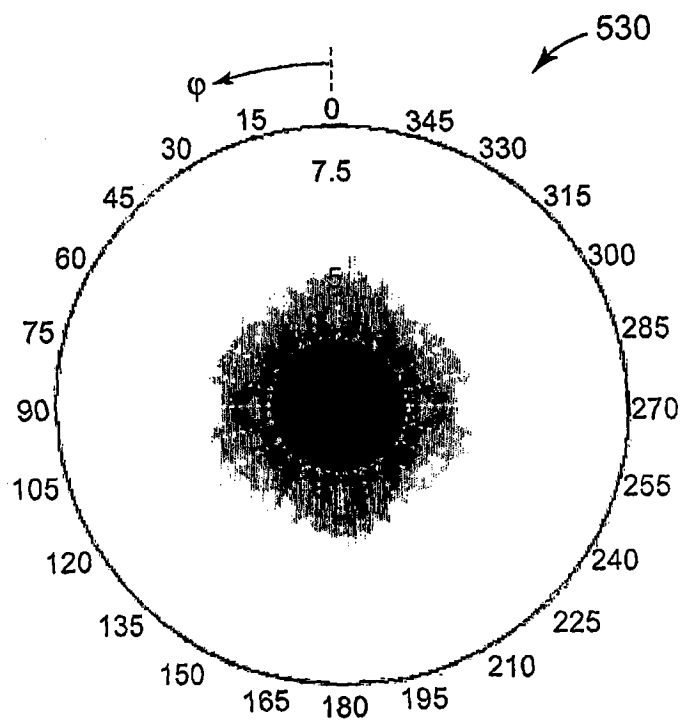


图 5c

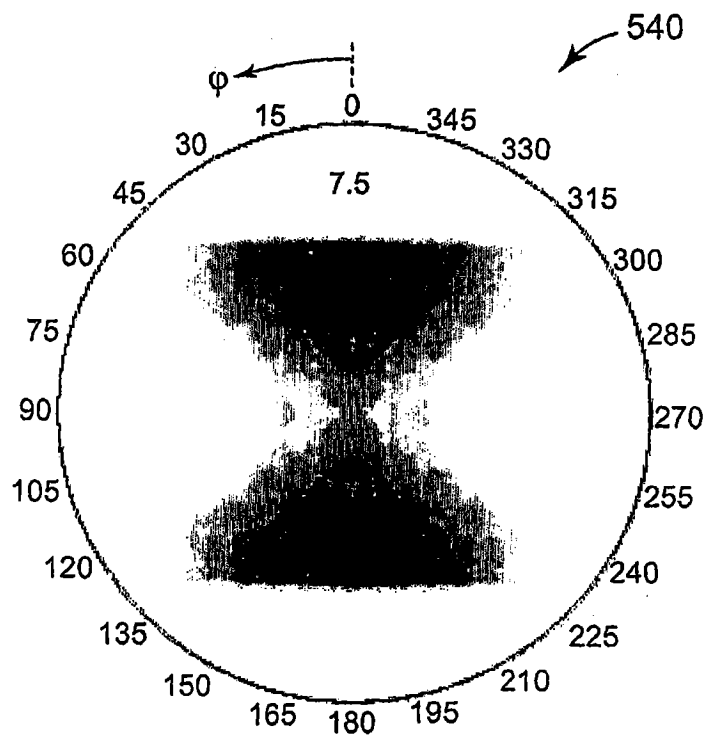


图 5d

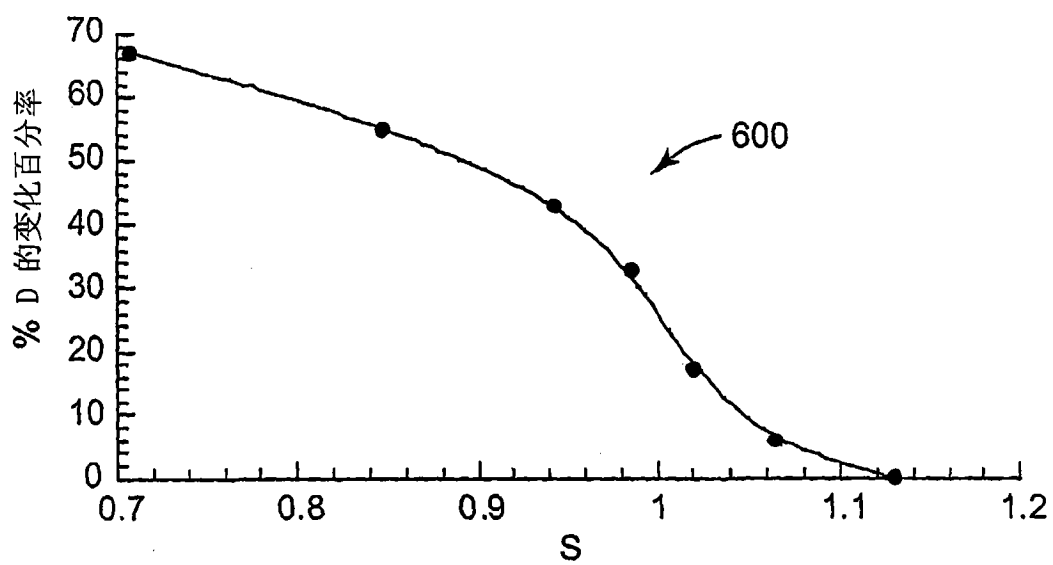


图 6

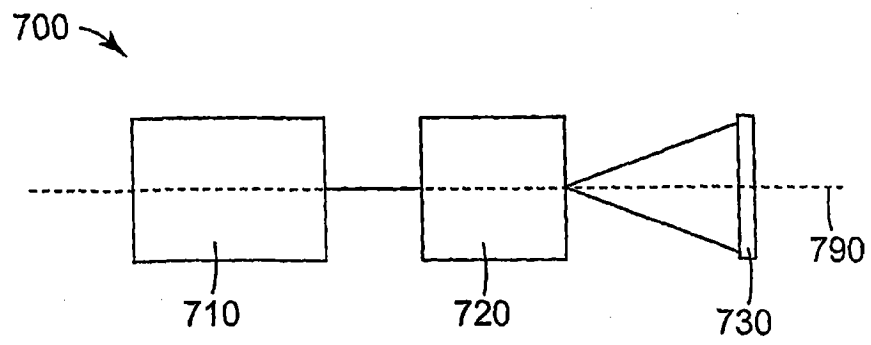


图 7