



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103460089 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201180063694. 8

(22) 申请日 2011. 12. 22

(30) 优先权数据

61/428, 032 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/US2011/066718 2011. 12. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/095482 EN 2013. 06. 27

(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

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄢迅

(51) Int. Cl.

G02B 5/30(2006. 01)

G03B 21/14(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2003/0058516 A1, 2003. 03. 27,

US 2004/0008932 A1, 2004. 01. 15,

CN 1157423 A, 1997. 08. 20,

JP 特表 2009-521721 A, 2009. 06. 04,

US 2003/0043476 A1, 2003. 03. 06,

审查员 李佳

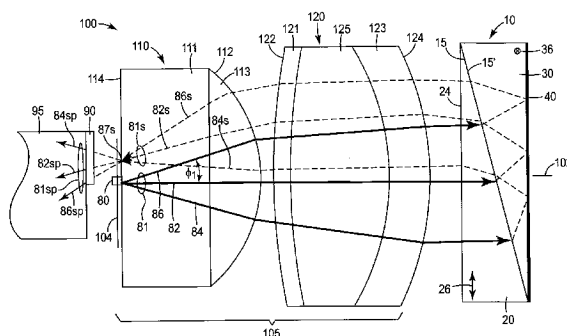
权利要求书2页 说明书16页 附图10页

(54) 发明名称

折射型偏振转换器以及偏振合色器

(57) 摘要

本发明一般地涉及折射型偏振转换器、使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器,特别地涉及可以用于袖珍投影仪等小型投影仪中的使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器。本发明所公开的折射型偏振转换器包括至少一个双折射棱镜,所述双折射棱镜可以将非偏振光束分离成具有正交偏振方向的发散的偏振光束。



1. 一种偏振转换器,其包括:

第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;

非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向将非偏振光束注入所述光输入表面;

光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对,

其中所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向;以及

反射器,其被设置成可将所述第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面,

其中所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置 and 所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。

2. 根据权利要求1所述的偏振转换器,还包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。

3. 根据权利要求1所述的偏振转换器,还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

4. 根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述第一集光光学系统包括光准直光学器件。

5. 根据权利要求4所述的偏振转换器,其中所述光准直光学器件包括单透镜设计、双透镜设计、衍射光学元件,或者它们的组合。

6. 根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述非偏振光束、所述第一偏振光束以及所述第二偏振光束各自包括光束发散角。

7. 根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述第一集光光学系统包括:

第一透镜,其具有与所述光输入表面相对的第一凸形表面;以及

第二透镜,其具有面向所述第一凸形表面的第二表面以及与所述第二表面相对的第三凸形表面。

8. 根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述光学装置包括沃拉斯顿棱镜、塞拿蒙棱镜、尼科耳棱镜、罗歇棱镜、诺马斯基棱镜、格兰-汤普森棱镜、格兰-傅科棱镜,或者它们的组合。

9. 根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述反射器包括宽带反射镜。

10. 根据权利要求2所述的偏振转换器,其中所述组合偏振输出光透射到第二集光光学系统,所述第二集光光学系统将所述组合偏振输出光扩展成具有小发散角的扩展偏振光束。

11. 根据权利要求10所述的偏振转换器,其中所述第二集光光学系统包括:

以所述光轴为中心轴线的第三透镜,其具有第四凸形表面以及与所述第四凸形表面相对的第二光输入表面,能够将离开所述第一集光光学系统的光输入表面的光透射到所述第

二光输入表面;以及

以所述光轴为中心轴线的第四透镜,所述第四透镜具有面向所述第四凸形表面的第五表面以及与所述第五表面相对的第六凸形表面,

其中进入所述第二光输入表面的光作为所述扩展偏振光束离开所述第六凸形表面。

12.根据权利要求10所述的偏振转换器,其中所述小发散角包括小于15度的角。

13.一种偏振转换合色器,其包括根据权利要求1所述的偏振转换器,其中所述非偏振光源包括能够发出第一颜色光的第一颜色光源以及能够发出第二颜色光的第二颜色光源,各光源偏离于所述光轴,并且所述反射器包括分色板。

14.根据权利要求13所述的偏振转换合色器,其中所述分色板包括:

能够反射所述第一颜色光并且透射其它颜色光的第一二向色反射器;以及

能够反射所述第二颜色光的第二反射器,

其中所述第一二向色反射器和所述第二反射器各自倾斜,使得所述第一颜色光和所述第二颜色光均被反射而沿着所述光轴穿过所述光输入表面,作为合色光束离开。

15.根据权利要求14所述的偏振转换合色器,其中所述第二反射器包括宽带反射镜。

16.根据权利要求14所述的偏振转换合色器,其中所述第二反射器包括能够反射所述第二颜色光并且透射其它颜色光的第二二向色反射器。

17.根据权利要求13所述的偏振转换合色器,还包括第三颜色光源,所述第三颜色光源偏离于所述光轴,并且被设置成可将第三颜色光注入所述光输入表面,其中所述分色板还包括第三反射器,所述第三反射器能够反射所述第三颜色光以使之沿着所述光轴穿过所述光输入表面而离开。

18.根据权利要求17所述的偏振转换合色器,其中所述第三反射器包括宽带反射镜。

19.根据权利要求17所述的偏振转换合色器,其中所述第三反射器包括能够反射所述第三颜色光并且透射其它颜色光的第三二向色反射器。

20.一种图像投影仪,其包括:

根据权利要求2所述的偏振转换器;

空间光调制器,其被设置成可将图像赋予所述组合偏振输出光;以及
投影光学系统。

折射型偏振转换器以及偏振合色器

背景技术

[0001] 用于将图像投影到屏幕上的投影系统可以使用多色光源,例如发光二极管(LED),它们具有不同的颜色以生成照明光。LED与图像显示单元之间设置若干光学元件,用于将来自LED的光组合并转移到图像显示单元。图像显示单元可以使用多种方法来将图像赋予光。例如,如同透射型或反射型液晶显示器一样,图像显示单元可以利用偏振。

[0002] 用于将图像投影到屏幕上的其他投影系统可以使用白光,白光被设定成按图像从数字微镜(DMM)阵列反射,例如德州仪器(Texas Instruments)的数字光处理器(DLP®)显示器中使用的阵列。在DLP®显示器中,数字微镜阵列内的各个反射镜表示投影图像的各个像素。当对应的反射镜倾斜以使得入射光导入投影的光路时,显示像素被照亮。安置在光路内部的旋转色轮被定时,以对来自数字微镜阵列的光进行反射,使得反射的白光得以过滤,从而投影对应于像素的颜色。然后,数字微镜阵列切换到下一个所需的像素颜色,并且这个过程会继续非常迅速地进行,从而使得整个投影的显示内容看起来被持续照亮。数字微镜投影系统需要的像素化阵列部件较少,这可形成尺寸较小的投影仪。

[0003] 图像亮度是投影系统的重要参数。颜色光源的亮度以及收集光、组合光、匀化光并且将光递送到图像显示单元的效率均会影响亮度。由于现代投影仪系统的尺寸减小,因此,在将颜色光源产生的热保持在小型投影仪系统中可以消散的低水平的同时,需要保持足够的输出亮度水平。需要一种以更高的效率组合多种颜色光的光组合系统,以提供亮度水平足够的光输出,同时不会使光源的功耗过大。

[0004] 液晶显示器通常只使用一种光偏振,并且通常使用产生非偏振光的光源。已使用若干种用于将非偏振光转换成偏振光的装置来产生偏振光,所述装置包括偏振分束器以及双折射棱镜或偏振棱镜的阵列。这些系统可能需要相当大的体积,尤其在考虑到集光光学系统和积分系统的情况下。若干种显示器(包括手持式装置、微投影系统,以及头盔式显示器)均要求具有紧凑性和高效率。

[0005] 微型投影仪和袖珍投影仪中可用于有效合色器、光积分器和/或匀化器的空间有限。因此,来自这些投影仪(诸如合色器和偏振转换器)中使用的光学装置的有效且均匀的光输出可能需要紧凑有效的光学设计。

发明内容

[0006] 本发明一般地涉及折射型偏振转换器、使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器,特别地涉及可以用于袖珍投影仪等小型投影仪中的使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器。本发明所公开的折射型偏振转换器包括至少一个双折射棱镜,所述双折射棱镜可以将非偏振光束分离成具有正交偏振方向的发散的偏振光束。

[0007] 在一个方面,本发明提供一种偏振转换器,所述偏振转换器包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;以及光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对。所述偏振转换器还包括

反射器,所述反射器被设置成可将第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面。所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向。所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置和所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。在另一方面,所述偏振转换器包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。在又一方面,所述偏振转换器还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0008] 在另一方面,本发明提供一种包括偏振转换器的偏振转换合色器。所述偏振转换器包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;以及光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对。所述偏振转换器还包括反射器,所述反射器被设置成可将第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面。所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向。所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置和所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。所述非偏振光源包括能够发出第一颜色光的第一颜色光源以及能够发出第二颜色光的第二颜色光源,各光源偏离于所述光轴,并且所述反射器包括分色板。在另一方面,所述偏振转换器包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。在又一方面,所述偏振转换器还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0009] 在又一方面,本发明提供一种包括偏振转换器的偏振转换合色器。所述偏振转换器包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;以及光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对。所述偏振转换器还包括反射器,所述反射器被设置成可将第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面。所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向。所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置和所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。所述非偏振光源包括能够发出第一颜色光的第一颜色光源以及能够发出第二颜色光的第二颜色光源,各光源偏离于所述光轴,并且所述反射器包括分色板。所述偏振转换器还包括第三颜色光源,所述第三颜色光源偏离于所述光轴,并且被设置成可将第三颜色光注入所述光输入表面,其中所述分色板还包括第三反射器,所述第三反射器能够反射所述第三颜色光以使之沿着所述光轴穿过所述光输入表面而离开。在另一方面,所述偏振转换器包括半波延迟器,所述半波延迟

器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。在又一方面,所述偏振转换器还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0010] 在又一方面,本发明提供一种图像投影仪,所述图像投影仪包括:偏振转换器;空间光调制器,其被设置成可将图像赋予所述组合偏振输出光;以及投影光学系统。所述偏振转换器包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;以及光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对。所述偏振转换器还包括反射器,所述反射器被设置成可将第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面。所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向。所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置 and 所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。在另一方面,所述偏振转换器包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。在又一方面,所述偏振转换器还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0011] 在又一方面,本发明提供一种图像投影仪,所述图像投影仪包括:偏振转换合色器;空间光调制器,其被设置成可将图像赋予偏振的第一颜色光、第二颜色光和第三颜色光;以及投影光学系统。所述偏振转换合色器包括偏振转换器。所述偏振转换器包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;以及光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对。所述偏振转换器还包括反射器,所述反射器被设置成可将第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面。所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向。所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置 and 所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。所述非偏振光源包括能够发出第一颜色光的第一颜色光源以及能够发出第二颜色光的第二颜色光源,各光源偏离于所述光轴,并且所述反射器包括分色板。所述偏振转换器还包括第三颜色光源,所述第三颜色光源偏离于所述光轴,并且被设置成可将第三颜色光注入所述光输入表面,其中所述分色板还包括第三反射器,所述第三反射器能够反射所述第三颜色光以使之沿着所述光轴穿过所述光输入表面而离开。在另一方面,所述偏振转换器包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。在又一方面,所述偏振转换器还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0012] 上述发明内容并非意图描述本发明的每个所公开的实施例或每种实施方案。以下

附图和具体实施方式更具体地举例说明了示例性实施例。

附图说明

[0013] 整个说明书参考附图,在附图中,类似的附图标号表示类似的元件,并且其中:

[0014] 图1示出了光学装置的横截面示意图;

[0015] 图2A至图2B示出了偏振转换器的横截面示意图;

[0016] 图3A至图3C示出了合色器的横截面示意图;

[0017] 图4A至图4B示出了合色器的横截面示意图;

[0018] 图5示出了合色器系统的横截面示意图;

[0019] 图6示出了图像投影仪的示意图。

[0020] 附图未必按比例绘制。附图中所使用的类似标号是指类似部件。然而,应当理解,使用标号来指代给定附图中的部件并非意图限制另一附图中使用相同标号标记的部件。

具体实施方式

[0021] 本发明一般地涉及折射型偏振转换器、使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器,特别地涉及可以用于袖珍投影仪等小型投影仪中的使用所述折射型偏振转换器的偏振合色器。本发明所公开的折射型偏振转换器包括至少一个双折射棱镜,所述双折射棱镜可以将非偏振光束分离成具有正交偏振方向的发散的偏振光束。

[0022] 许多显示装置使用偏振光,包括LCD背光源、投影仪,以及头盔式显示器。在一个具体实施例中,本发明提供一种紧凑型偏振转换器,该偏振转换器以紧凑的形式提供了有效的高亮度源。在一些情况下,非偏振光源、集光光学系统、双折射棱镜、第二集光光学系统以及半波延迟器可以用于产生具有一种偏振态的光束。此外,偏振光束可以容易连接到光积分器,以提高光源的光学匀化性。

[0023] 可用的双折射棱镜的实例包括沃拉斯顿(Wollaston)棱镜、塞拿蒙(Senarmont)棱镜、尼科耳(Nicol)棱镜、罗歇(Rochon)棱镜、诺马斯基(Nomarski)棱镜等。可以使用单个双折射棱镜以及棱镜的组合。双折射棱镜(例如,沃拉斯顿棱镜)可以使用方解石或另一种双折射矿物并通过常规方式来制成,或者可以由双折射聚合物或液晶制成。在一个具体实施例中,合适的设计是利用单轴取向的聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚萘二甲酸乙二醇酯(PEN)、或另一种双折射聚合物来制备棱镜。可以使用两种或更多种双折射材料的组合来降低棱镜的色散。在一些情况下,各个双折射棱镜可以各自由单片双折射材料制成,或者它们可以由双折射材料的层或膜的粘合叠堆制成。粘合层(如果使用的话)优选为极薄的,通常为双折射层厚度的五分之一或更小。

[0024] 所描述的偏振转换器可以与合色器(例如倾斜的分色板合色器)结合,所述合色器描述于(例如)以下专利申请:名称为“Tilted Dichroic Color Combiner I(倾斜的二向色合色器I)”的第61/385237号共同未决的美国专利申请(代理人案卷号66530US002);名称为“Tilted Dichroic Color Combiner II(倾斜的二向色合色器II)”的第61/385241号美国专利申请(代理人案卷号66791US002);或者名称为“Tilted Dichroic Color Combiner III(倾斜的二向色合色器III)”的第61/385248号美国专利申请(代理人案卷号66792US002),所有这些专利申请均于2010年9月22日提交。

[0025] 图像投影仪通常可以包括用于对光束进行光学匀化以提高投影于屏幕上的光的亮度和色均匀度的装置。两种常见的装置为积分隧道即积分柱,以及蝇眼阵列(FEA)匀化器。蝇眼匀化器可以非常紧凑,并且因此而成为常用装置。积分隧道在匀化方面的效率可能更高,但中空隧道一般要求其长度通常为高度或宽度(取较大者)的5倍。实心隧道通常由于折射效应而比中空隧道长。光积分隧道即积分柱具有任何所需的横截面,包括(例如)矩形、正方形、多边形、圆形、椭圆形等。通常,无论是积分隧道即积分柱还是FEA,均可以用于匀化,但这两种技术一般不一起使用。积分柱对光学扩展量的影响可能较小,但可能会造成去偏振。FEA可以良好地维持偏振(如果它们是由低双折射材料制成的话),但可能增加光学扩展量。

[0026] 在一个具体实施例中,描述了一种合色器,所述合色器包括至少两个发光二极管(LED),各LED具有不同的颜色。从两个LED发出的光经过准直而形成基本上重叠的光束,而且来自两个LED的光进行组合并导向公共区域中,其中与两个LED发出的光相比,组合光束的光学扩展量较低且亮度较高。

[0027] LED可以用来对投影仪进行照明。由于LED在接近朗伯角分布的区域内发出光,因此,投影仪的亮度会受到光源和投影系统的光学扩展量限制。一种用于降低LED光源的光学扩展量的方法是使用二向色反射器来使LED的两个或更多个颜色在空间重叠,从而使这些颜色看起来是从相同区域发出的。通常,合色器以约45度的角度使用二向色反射器。这样会造成强烈的反射带偏移,并且限制二向色反射器的可用光谱和角范围。在一个具体实施例中,本发明描述一种制品,所述制品使用与入射光束几乎成直角的二向色反射器来组合不同颜色的LED。

[0028] 在一个方面,本发明提供了一种用于将不同颜色非偏振光源的输出有效组合成具有单个偏振态的合色的紧凑方法。这可尤其用于为光学扩展量有限的紧凑型投影系统形成照明器。例如,红、绿和蓝LED的线阵(其中每个LED的输出通过一组初级光学元件而部分准直)穿过用于将非偏振光分离成发散的正交偏振分量的折射型偏振转换器,随后入射到倾斜的反射板组件上,所述反射板组件含有以不同角度反射红光、绿光和蓝光的二向色反射板。随后,所反射的偏振光由初级光学元件聚焦到一个小孔,所述小孔构成各偏振态的红光、绿光和蓝光LED的公共输出端。该公共输出端可以被耦连于另一组集光光学系统,所述另一组集光光学系统使光准直并且使偏振态中的一者旋转,使得均匀的偏振光是由合色器发出的光。公共输出端发出的光也可以被耦连于积分柱,如别处所描述。出口小孔的中心可以在集光光学系统的主轴线(例如,所述光轴)上,或者可以偏离于主轴线。出口小孔可以与LED成一直线,或邻近LED,或者以上两种情况的组合。在一些情况下,出口小孔和LED可以设置在公共基板上,例如柔性基板,如在与此同一天提交的名称为“LED Color Combiner(LED合色器)”的美国专利申请(代理人案卷号67010US002)中所述。

[0029] 如本领域技术人员理解,3个LED的配置可以扩展至其他颜色,包括黄光和红外光。光源可以包括组合了LED的激光器,而且还可以基于所有的激光系统。LED可以包括至少在红光、绿光和蓝光的短波长范围上发出原色的一套设备,以及至少在红光、绿光和蓝光的长波长范围上发出原色的第二套设备。此外,小孔是用于混合光的点,可以采用蝇眼阵列(FEA),以便提供进一步的颜色整合。这可能包括透镜的一维或二维阵列,其中至少一个维度具有2到约20个透镜,如别处所描述。

[0030] 基于LCoS的便携式投影系统因可利用低成本和高分辨率的LCoS面板而变得普遍。LED照明式LCoS投影仪中的元件列表可以包括LED光源、任选的合色器、任选的预偏振系统、光中继器件、PBS、LCoS面板以及投影透镜单元。对于基于LCoS的投影系统,投影仪的效率和对比度与进入PBS的光的偏振程度直接相关。偏振转换光的一个挑战在于,它可能存在空间不均匀度,由此导致所显示的图像中出现伪影。因此,在使用偏振转换器的系统中,可能需要匀化系统,如别处所描述。

[0031] 在一个具体实施例中,偏振光束可以一路通过而到达整体式FEA积分器。整体式FEA积分器会使光束发散,随后光束被导向以作进一步处理,例如使用空间光调制器来将图像赋予光束,以及使用投影光学系统来将图像显示到屏幕上。

[0032] 图1示出了根据本发明一方面的光学装置10的横截面示意图,所述光学装置可以用于将非偏振光束分离成各别的正交偏振态。光学装置10可以包括已知的偏振分束器,例如沃拉斯顿棱镜、塞拿蒙棱镜、尼科耳棱镜、罗歇棱镜、诺马斯基棱镜、格兰-汤普森(Glan-Thompson)棱镜、格兰-傅科(Glan-Foucault)棱镜,或它们的组合。在每种情况下,入射的非偏振光束被分离开,使得偏振态中的至少一者偏离入射的非偏振光束的传播方向,如别处所描述。

[0033] 在一个具体实施例中,光学装置10可以被比作沃拉斯顿棱镜,其包括第一双折射棱镜20,所述第一双折射棱镜具有第一棱镜表面22、第二棱镜表面24以及介于这两者之间的对角第一棱镜表面15。光学装置10还包括第二双折射棱镜30,所述第二双折射棱镜具有第三表面32、第四表面34以及介于这两者之间的对角第二棱镜表面15'。第一双折射棱镜20的快轴与第一偏振方向26一致,而第二双折射棱镜30的快轴与第二偏振方向36一致。第一双折射棱镜20和第二双折射棱镜30各自可以由(例如)方解石晶体或本领域技术人员已知的其他双折射材料制成。

[0034] 第一双折射棱镜20和第二双折射棱镜30被布置成使得第一偏振方向26和第二偏振方向36彼此正交,并且第一双折射棱镜20和第二双折射棱镜30被布置成使得对角第一棱镜表面15和对角第二棱镜表面15'彼此邻接。在一些情况下,对角第一棱镜表面15和对角第二棱镜表面15'可以使用光学粘合剂彼此粘结。在一个具体实施例中,第四棱镜表面34可以包括反射器40,该反射器被设置成可将光束往回反射而穿过第一双折射棱镜20和第二双折射棱镜30。反射器40可以是任何已知的反射器,例如宽带反射镜。例如,所述反射器可以是金属或金属合金反射镜,或者二向色反射器,该二向色反射器包括干涉反射器,例如包括无机或有机多层薄膜叠堆或者无机和有机多层薄膜叠堆的组合的多层介质反射器。反射器40可以被设置成紧邻第四棱镜表面34,如图1所示,或者它可以被布置成与第四棱镜表面34分开,如别处所描述。

[0035] 沿着传播方向52行进的非偏振输入光束50包括随机偏振态51。非偏振输入光束50穿过第一双折射棱镜20的第二棱镜表面24,并且在进入第二双折射棱镜30时穿过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'。非偏振输入光束50的正交偏振分量各自(第一偏振方向26和第二偏振方向36)在对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'处以不同方式折射。非偏振输入光束50分叉为第一偏振光束53和第二偏振光束54,其中所述第一偏振光束具有第一偏振方向26,以与传播方向52成第一折射角 θ_1 的方式传播;所述第二偏振光束具有第二偏振方向36,以与传播方向52成第二折射角 θ_2 的方式传播。第一偏振光束53和第二偏振光束54

从反射器40反射,并通过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'而再次折射,并且作为第一偏振光束53和第二偏振光束54离开第一棱镜面24,第一偏振光束53和第二偏振光束54以与非偏振输入光束50不同且分开的角度和位置行进,也就是说,各个偏振方向分离并发散。

[0036] 在一些情况下,第一折射角 θ_1 和第二折射角 θ_2 基本上相同(例如,在沃拉斯顿棱镜中,对角第一棱镜面15与第一棱镜表面22和第二棱镜表面24各自成45度的角度),如图1所示。在一些情况下,这些角度可以不同,例如在沃拉斯顿棱镜中,对角第一棱镜面15成不同于45度的角度(未示出),或者如本领域技术人员所知通过使用上述可供选择的双折射棱镜中的一者。一般来讲,光学装置10可以被设计成适应偏振光束的任何所需的分离和发散。

[0037] 图2A至图2B示出了根据本发明一方面的偏振转换器100的横截面示意图。图2A至图2B中所示的要素15到40中的每一者均对应于已在之前描述的图1所示类似编号的要素15到40。在图2A至图2B中,偏振转换器100包括第一集光光学系统105,所述第一集光光学系统包括第一透镜元件110和第二透镜元件120。第一集光光学系统105包括光输入表面114以及垂直于光输入表面114的光轴102。非偏振光源80设置在面向光输入表面114的光注入表面104上。图2A至图2B中所示的非偏振光源80设置在光轴102上;但是可以根据需要将它布置成沿着光注入表面104偏离于光轴102。非偏振光源80被设置成可将所需颜色或波长的非偏振光81注入光输入表面114,如别处所描述。

[0038] 在一个具体实施例中,偏振转换器100还包括光学装置10,所述光学装置沿着光轴102设置成面向第一集光光学系统105,使得第一透镜元件110和第二透镜元件120介于光学装置10与光输入表面114之间。光学装置10包括已在别处参照图1描述的部件。

[0039] 在一个具体实施例中,第一集光光学系统105可以是光准直仪,用来使非偏振光源80发出的光准直。第一集光光学系统105可以包括单透镜光准直仪(未示出)、双透镜光准直仪(示出)、衍射光学元件(未示出),或它们的组合。双透镜光准直仪具有第一透镜元件110,所述第一透镜元件包括设置成与光输入表面114相对的第一凸形表面112。第二透镜元件120包括面向第一凸形表面112的第二表面122,以及与第二表面122相对的第三凸形表面124。第二表面122可以选自凸形表面、平坦表面,以及凹形表面。

[0040] 转到图2A,来自非偏振光源80的非偏振光81中的第一偏振分量光81p的路径可以穿过偏振转换器100。在一些情况下,第一偏振方向可以指定为“p-”偏振,而第二偏振方向可以指定为“s-”偏振,如本领域所公知。非偏振光源80包括沿着光轴102在光传播方向上行进的第一中心光线82,以及在非偏振输入光准直角 ϕ_1 内的非偏振光81的光锥,该光锥的边界由第一边界光线84、86表示。第一中心光线82沿大致平行于光轴102的方向从非偏振光源80注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120,并且通过第二棱镜面24而进入光学装置10。如可以从图2A中看出,第一集光光学系统105用来使从非偏振光源80到光学装置10的非偏振光81准直。

[0041] 第一中心光线82穿过第一双折射棱镜20并且当它穿过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'进入第二双折射棱镜30时被折射。中心光线的第一偏振分量82p与第二偏振方向36(即,快轴)正交,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。中心光线的第一偏振分量82p随后从反射器40反射。

[0042] 第一边界光线84、86各自在与光轴102大致成非偏振输入光准直角 ϕ_1 的方向上注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120,并且通过第二棱镜面24而进

入光学装置10。第一边界光线84、86穿过第一双折射棱镜20,并且当它们穿过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'而进入第二双折射棱镜30时被折射。边界光线的第一偏振分量84p、86p与第二偏振方向36(即,快轴)正交,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。边界光线的第一偏振分量84p、86p随后从反射器40反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。

[0043] 中心光线的第一偏振分量82p和边界光线84p、86p各自从反射器40反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102的准直光线。中心光线的第一偏振分量82p和边界光线84p、86p共同形成可以会聚在第一偏振光线焦点87p上的第一偏振方向输出光束81p。第一偏振方向输出光束81p随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。

[0044] 转到图2B,来自非偏振光源80的非偏振光81中的第二偏振分量光81s的路径可以穿过偏振转换器100。来自非偏振光源80的中心光线82、第一边界光线84以及第二边界光线86已经行进到对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'。中心光线的第二偏振分量82s与第二偏振方向36(即,快轴)平行,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。中心光线的第二偏振分量82s随后从反射器40反射。

[0045] 边界光线的第二偏振分量84s、86s与第二偏振方向36(即,快轴)平行,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。边界光线的第二偏振分量84s、86s随后从反射器40反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。

[0046] 中心光线和边界光线的第二偏振分量82s、84s、86s各自从反射器40反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102的准直光线。中心光线和边界光线的第二偏振分量82s、84s、86s共同形成可以会聚在第二偏振光线焦点87s上的第二偏振方向输出光束81s。第二偏振方向输出光束81s随后可以穿过半波延迟器90,使得第二偏振方向输出光束81s旋转到第一偏振方向(即,与第一偏振方向输出光束81p相同),成为转向的第二偏振方向输出光束81sp,该光束包括转向的中心光线82sp以及转向的边界光线84sp、86sp。转向的第二偏振方向输出光束81sp随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。

[0047] 在一个具体实施例中,半波延迟器90可以覆盖积分柱95的一半,使得它将偏振光转换成与积分柱另一半所收集的光相同的偏振态。半波延迟器90可以由常用于延迟板的石英或其他材料制成。在一些情况下,半波延迟器90是消色差或复消色差延迟片,并且可以包括较广的接受角范围。例如,合适的广角延迟片可以由石英和蓝宝石制成。在一些情况下,半波延迟器90的侧壁可以被金属化,以将入射到延迟片侧壁上的光反射。这些侧壁也可以经抛光以镜面反射入射光。

[0048] 如图2A至图2B所示,非偏振光81成为第一偏振方向偏振的输出光束,其包括第一偏振方向输出光束81p以及转向的第二偏振方向输出光束81sp。在一个具体实施例中,半波延迟器90可以被设置成使得第二偏振光线焦点87s位于半波延迟器90处,从而可以提高偏振转换器100的效率。第二偏振光线焦点87s可以被调整成使得该焦点位于半波延迟器90处,或者该半波延迟器可以被布置成更靠近光输入表面114,以截获第二偏振光线焦点87s。

[0049] 图3A至图3C示出了根据本发明一方面的垂直于笛卡尔坐标系的X-Z平面观察到的偏振合色器200的横截面示意图。偏振合色器200包括在别处描述的合色部件的集合,例如

在名称为“Tilted Dichroic Color Combiner I(倾斜的二向色合色器I)”的第61/385237号共同未决的美国专利申请(代理人案卷号66530US002)中所描述。应当理解,本文所述的光学装置10可以将非偏振光分离成偏振分量,它可能适于任何合适的合色器,例如以下专利申请中所述的那些合色器:名称为“Tilted Dichroic Color Combiner II(倾斜的二向色合色器II)”的第61/385241号共同未决的美国专利申请(代理人案卷号66791US002);以及名称为“Tilted Dichroic Color Combiner III(倾斜的二向色合色器III)”的第61/385248号美国专利申请(代理人案卷号66792US002),等等。

[0050] 在偏振合色器200的X-Z平面图中,偏振分束不可见,因为该分束发生在Y-Z平面内。在图4A至图4B中提供的Y-Z平面图中,偏振分束可见,而合色不可见。应当理解,在图3A至图3C以及图4A至图4B中,将偏振合色器分成独立观看的光路只是为了清晰地图示,将颜色光束分成正交偏振态的光和将颜色光束组合成合色光束是同时发生的。

[0051] 在图3A至图3C中,偏振合色器200包括第一集光光学系统105,所述第一集光光学系统包括第一透镜元件110和第二透镜元件120。第一集光光学系统105包括光输入表面114和垂直于光输入表面114的光轴102。第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160各自设置在面向光输入表面114的光注入表面104上。光输出区域170位于光轴102上,并且设置在光注入表面104上。第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160各自偏离于光轴102。第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160各自被设置以将第一颜色光141、第二颜色光151以及任选的第三颜色光161分别注入光输入表面114,如别处所描述。

[0052] 在一个具体实施例中,偏振合色器200还包括分色板130,所述分色板沿着光轴102设置成面向第一集光光学系统105,使得第一透镜元件110和第二透镜元件120介于分色板130与光输入表面114之间。分色板130可以设置成与光轴成倾角 $\phi 2$,而且包括能够反射第一颜色光141并且透射所有其他颜色光的第一二向色反射器132。分色板130还包括能够反射第二颜色光151并且透射所有其他颜色光的第二二向色反射器134。分色板130另外还包括能够反射任选的第三颜色光161的任选的第三二向色反射器136。在一些情况下,例如在只包括第一非偏振光源140和第二非偏振光源150(即,省去了任选的第三非偏振光源160)时,第二二向色反射器可以由通用反射器例如宽带反射镜取代,这是因为无需透射其他波长(即,颜色)的光。在一些情况下,例如在包括任选的第三非偏振光源160时,任选的第三二向色反射器136也可以是宽带反射镜等反射器,这是因为所有其他颜色的光在到达第三二向色反射器136之前已经被其他二向色反射器反射。

[0053] 分色板130经过加工,使得第一二向色反射器132、第二二向色反射器134以及任选的第三二向色反射器136中的每一者分别以第一二向色倾角 $\alpha 1$ 、第二二向色倾角 $\alpha 2$ 以及第三二向色倾角 $\alpha 3$ 向光轴102倾斜。在一些情况下,例如如图3A至图3C所示,第一二向色倾角 $\alpha 1$ 可以与分色板倾角 $\phi 2$ 相同,但也可以不同。第一二向色倾角 $\alpha 1$ 、第二二向色倾角 $\alpha 2$ 以及第三二向色倾角 $\alpha 3$ 各自可被选择以引导来自第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160中每个光源的反射光束穿过光输出区域170,如别处所描述。

[0054] 在一个具体实施例中,偏振合色器200还包括别处所述的光学装置10,该光学装置设置在第一集光光学系统105与分色板130之间。光学装置10能够将非偏振光束分离成岔开的偏振分量,如别处所描述。在图3A至图3C以及图4A至图4B所示的一个具体实施例中,参

照图1以及图2A至图2B所描述的反射器40由分色板130替代,该分色板包括本文所述的第一二向色反射器132、第二二向色反射器134以及任选的第三二向色反射器136。如图3A至图3C以及图4A至图4B所示,分色板130可以设置成与光学装置10分开,且无需如图1以及图2A至图2B所示设置成紧邻双折射棱镜。

[0055] 在一个具体实施例中,第一集光光学系统105可以是光准直仪,用来使从第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160发出的光准直。第一集光光学系统105可以包括单透镜光准直仪(未示出)、双透镜光准直仪(示出)、衍射光学元件(未示出),或者它们的组合。双透镜光准直仪具有第一透镜元件110,所述第一透镜元件包括设置成与光输入表面114相对的第一凸形表面112。第二透镜元件120包括面向第一凸形表面112的第二表面122,以及与第二表面122相对的第三凸形表面124。第二表面122可以选自凸形表面、平坦表面,以及凹形表面。

[0056] 转到图3A,来自第一非偏振光源140的第一颜色光141的路径可以穿过偏振合色器200。第一颜色光141包括沿第一光传播方向行进的第一颜色中心光线142,以及第一输入光准直角 θ_{1i} 内的光线锥,所述光线锥的边界由第一颜色边界光线144、146表示。第一颜色中心光线142沿大致平行于光轴102的方向从第一非偏振光源140注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并且从第一二向色反射器132反射,使得所反射的光束与光轴102一致,如图所示。第一颜色边界光线144、146各自沿着大致与光轴102成第一输入光准直角 θ_{1i} 的方向注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并且从第一二向色反射器132反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。从图3A中可以看出,第一集光光学系统105用来使从第一非偏振光源140行进到分色板130的第一颜色光141准直。

[0057] 第一颜色中心光线142和第一颜色边界光线144、146各自从第一二向色反射器132反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102并且以该光轴为中心的准直光线。在一个具体实施例中,如图3A所示,这些准直光线会聚而通过光输出区域170离开偏振合色器200,成为具有第一输出准直角 θ_{1o} 的第一颜色光束148。第一颜色光束148随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。半波延迟器90覆盖光积分柱95的一部分,以便转换偏振方向,这将参照图4A至图4B进行描述。

[0058] 转到图3B,来自第二非偏振光源150的第二颜色光151的路径可以穿过偏振合色器200。第二颜色光151包括沿第二光传播方向行进的第二中心光线152,以及第二输入光准直角 θ_{2i} 内的光线锥,所述光线锥的边界由第二边界光线154、156表示。第二颜色中心光线152沿大致平行于光轴102的方向从第二非偏振光源150注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并且从第二二向色反射器134反射,使得所反射的光束与光轴102一致,如图所示。第二边界光线154、156各自沿着大致与光轴102成第二输入光准直角 θ_{2i} 的方向注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并且从第二二向色反射器134反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。从图3B中可以看出,第一集光光学系统105用来使从第二非偏振光源150行进到分色板130的第二颜色光151准直。

[0059] 第二中心光线152和第二边界光线154、156各自从第二二向色反射器134反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102并且以该光轴为中心的准直光

线。在一个具体实施例中,如图3B所示,这些准直光线会聚而通过光输出区域170离开偏振合色器200,成为具有第二输出准直角 θ_{2o} 的第二颜色光束158。第二颜色光束158随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。半波延迟器90覆盖光积分柱95的一部分,以便转换偏振方向,这将参照图4A至图4B进行描述。

[0060] 转到图3C,来自任选的第三偏振光源160的任选的第三颜色光161的路径可以穿过偏振合色器200。任选的第三颜色光161包括沿第三光传播方向行进的第三中心光线162,以及第三输入光准直角 θ_{3i} 内的光线锥,所述光线锥的边界由第三边界光线164、166表示。第三中心光线162沿大致平行于光轴102的方向从任选的第三非偏振光源160注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并且从第三二向色反射器136反射,使得所反射的光束与光轴102一致,如图所示。第三边界光线164、166各自沿着大致与光轴102成第三输入光准直角 θ_{3i} 的方向注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120、光学装置10,并从第三二向色反射器136反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。从图3C中可以看出,第一集光光学系统105用来使从任选的第三非偏振光源160行进到分色板130的任选的第三颜色光161准直。

[0061] 第三中心光线162和第三边界光线164、166各自从第三二向色反射器136反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102并且以该光轴为中心的准直光线。在一个具体实施例中,如图3C所示,这些准直光线会聚而通过光输出区域170离开偏振合色器200,成为具有第三输出准直角 θ_{3o} 的任选的第三颜色光束168。第三颜色光束168随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。半波延迟器90覆盖光积分柱95的一部分,以便转换偏振方向,这将参照图4A至图4B进行描述。

[0062] 在一个具体实施例中,第一输入准直角 θ_{1i} 、第二输入准直角 θ_{2i} 以及第三输入准直角 θ_{3i} 可以各自相同,而且与第一非偏振光源140、第二非偏振光源150以及任选的第三非偏振光源160中的每一者相关的注入光学器件(未示出)可以将这些输入准直角限于以下角度:介于约10度到约80度,或介于约10度到约70度,或介于约10度到约60度,或介于约10度到约50度,或介于约10度到约40度,或者介于约10度到约30度或更小。在一些情况下,第一集光光学系统105和分色板130可以被加工成使得第一输出准直角 θ_{1o} 、第二输出准直角 θ_{2o} 以及第三输出准直角 θ_{3o} 可以各自相同,而且还基本上等于相应的输入准直角。在一个具体实施例中,每个输入准直角在约60度到约70度的范围内,且每个输出准直角也在约60度到约70度的范围内。

[0063] 图4A至图4B示出了根据本发明一方面的垂直于笛卡尔坐标系的Y-Z平面观察到的偏振合色器200的横截面示意图。在偏振合色器200的Y-Z平面图中,合色不可见,因为该合色发生在X-Z平面内。在图3A至图3C中给出的X-Z平面图中,合色可见,而偏振分束不可见。应当理解,在图3A至图3C以及图4A至图4B中,将偏振合色器分成独立观看的光路只是为了清晰地图示,而将颜色非偏振光束分成正交偏振态的光以及将颜色非偏振光束组合成合色光束是同时发生的。为了简明,将只描述来自第一非偏振光源140的第一颜色光141的路径;然而,本领域技术人员显然明白,其他颜色光的路径是类似的。

[0064] 转到图4A,来自第一非偏振光源140的第一颜色光141中的第一偏振分量(即,第一颜色光148p)的路径可以穿过偏振合色器200。如别处所描述,第一偏振方向可以指定为“p-”偏振,而第二偏振方向可以指定为“s-”偏振,如本领域所公知。第一非偏振光源140包

括沿着光轴102在光传播方向上行进的第一颜色中心光线142,以及在第一非偏振输入光准直角 θ_{1i} 内的第一颜色光141的光锥,该第一颜色光锥的边界由第一颜色边界光线144、146表示。第一颜色中心光线142沿大致平行于光轴102的方向从第一非偏振光源140注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120,并且通过第二棱镜面24而进入光学装置10。如可以从图4A中看出,第一集光光学系统105用来使从第一非偏振光源140行进到光学装置10的第一颜色光141准直。

[0065] 第一颜色中心光线142穿过第一双折射棱镜20,并且当它穿过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'进入第二双折射棱镜30时被折射。第一颜色中心光线的第一偏振分量142p与第二偏振方向36(即,快轴)正交,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。第一颜色中心光线的第一偏振分量142p随后穿过第四棱镜表面34,并且从分色板130的第一二向色反射器132反射。

[0066] 第一颜色边界光线144、146各自在与光轴102大致成非偏振输入光准直角 θ_{1i} 的方向上注入光输入表面114,穿过第一透镜元件110、第二透镜元件120并且通过第二棱镜面24而进入光学装置10。第一颜色边界光线144、146穿过第一双折射棱镜20,并且当它们穿过对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'而进入第二双折射棱镜30时被折射。第一颜色边界光线的第一偏振分量144p、146p与第二偏振方向36(即,快轴)正交,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。第一颜色边界光线的第一偏振分量144p、146p随后穿过第四棱镜表面34,并且从分色板130的第一二向色反射器132反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。

[0067] 第一颜色中心光线的第一偏振分量142p以及第一颜色边界光线144p、146p各自从第一二向色反射器132反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102的准直光线。第一颜色中心光线的第一偏振分量142p和第一颜色边界光线144p、146p共同形成可以会聚在第一偏振光线焦点147p上的第一偏振方向第一颜色输出光束148p。第一偏振方向第一颜色输出光束148p随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。

[0068] 转到图4B,来自第一非偏振光源140的第一颜色光141中的第二偏振分量(即,第一颜色光148s)的路径可以穿过偏振合色器200。来自第一非偏振光源140的第一颜色中心光线142、第一颜色第一边界光线144以及第一颜色第二边界光线146已经行进到对角第一棱镜面15和对角第二棱镜面15'。第一颜色中心光线的第二偏振分量142s与第二偏振方向36(即,快轴)平行,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。第一颜色中心光线的第二偏振分量142s随后穿过第四棱镜表面34,并且从分色板130的第一二向色反射器132反射。

[0069] 第一颜色边界光线的第二偏振分量144s、146s与第二偏振方向36(即,快轴)平行,它使光偏离非偏振光传播方向(沿着光轴102),如别处所描述。第一颜色边界光线的第二偏振分量144s、146s随后穿过第四棱镜表面34,并且从分色板130的第一二向色反射器132反射,使得所反射的光束大致平行于光轴102,如图所示。

[0070] 第一颜色中心光线和第一颜色边界光线的第二偏振分量142s、144s、146s各自从第一二向色反射器132反射,并且穿过第一集光光学系统105往回行进,成为平行于光轴102的准直光线。第一颜色中心光线和第一颜色边界光线的第二偏振分量142s、144s、146s共同

形成可以会聚在第二偏振第一颜色光线焦点147s上的第二偏振方向输出第二颜色光束148s。第二偏振方向第一颜色输出光束148s随后可以穿过半波延迟器90,使得第二偏振方向输出第一颜色光束148s旋转 to 第一偏振方向(即,与第一偏振方向输出光束81p相同),成为转向的第二偏振方向第一颜色输出光束148sp。转向的第二偏振方向第一颜色输出光束148sp随后可以通过导入光积分柱95中而变得更均匀,如本领域技术人员所知。

[0071] 如图4A至图4B所示,输入第一颜色光束141成为第一偏振方向偏振的第一颜色输出光束,其包括第一偏振方向第一颜色输出光束148p以及转向的第二偏振方向输出第一颜色光束148sp。在一个具体实施例中,半波延迟器90可以被设置成使得第二偏振光线焦点147s位于半波延迟器90处,从而可以提高偏振合色器200的效率。

[0072] 图5示出了根据本发明一方面的偏振合色器系统500的横截面示意图。在图5中,参看图3A至图3C描述的偏振合色器200与第二集光光学系统220成对,使得偏振合色器200的输出进入积分柱95(即光匀化隧道95),在所述光匀化隧道中偏振颜色进一步混合,并且被输入第二集光光学系统220。第二集光光学系统220可以类似于先前所述的第一集光光学系统105,而且可以用作对合色偏振光输出进行扩展的光准直仪。在一些实施例中,合色偏振光输出具有如先前所述的第一输出准直角 θ_{1o} 、第二输出准直角 θ_{2o} 以及第三输出准直角 θ_{3o} ,可以被扩展到已经从任选的宽带反射镜230反射的合色准直偏振光280。合色准直偏振光280包括具有小发散角的光,所述小发散角可以小于约20度,或小于约15度,或者甚至小于约12度。

[0073] 图6示出了根据本发明一方面的图像投影仪600的示意图。图像投影仪600包括偏振合色器模块12,所述偏振合色器模块能够将部分准直的合色偏振光输出24注入到反射器230上,以将部分准直的合色偏振光输出280导向任选的蝇眼组合器阵列42,在所述阵列中,所述部分准直的合色偏振光输出280被转换成匀化偏振光45,以进入图像生成器模块60。图像生成器模块60输出成像光65,该成像光进入投影模块70,在所述投影模块70中,成像光65变为投影成像光79。

[0074] 在一个方面,合色器模块12包括不同波长谱的输入光源,这些光源通过偏振合色器200输入,如别处所描述。偏振合色器200产生组合偏振光输出,所述组合偏振光输出包括通过光匀化隧道95的不同波长谱光。通过光匀化隧道95的组合光输出然后通过第二集光光学系统220,并且离开合色器模块12,成为部分准直的合色偏振光输出24,如别处所描述。

[0075] 在一个方面,输入光源是非偏振的,而部分准直的合色光输出24是偏振的。部分准直的合色偏振光输出24可以是包括不止一个波长谱的光的多色组合光。部分准直的合色偏振光输出24可以是所接收光中每一者的按时间排序输出。在一个方面,不同波长谱的光中的每一者对应于不同的颜色光(例如,红光、绿光和蓝光),并且组合光输出为白光或按时间排序的红光、绿光和蓝光。为了在本文进行说明,“颜色光”和“波长谱光”均是指具有与人眼可见的特定颜色相关的波长谱范围的光。更普遍的术语“波长谱光”是指可见光和包括红外光等的其他波长谱光。

[0076] 根据一方面,各个输入光源均包括一个或多个发光二极管(LED)。激光器、激光二极管、有机LED(OLED)等各种光源以及超高压(UHP)卤素灯或氙灯之类的非固态光源可以结合合适的集光器或反射器来使用。例如,可用于本发明中的光源、光准直仪、透镜、和光积分器在已公布的美国专利申请No. US 2008/0285129中有更多描述,该专利申请的公开内容全

文并入到本文中。

[0077] 任选的蝇眼组合器阵列42可以包括整体式透镜阵列,例如别处所描述的任选整体式透镜蝇眼阵列(FEA),它可以对部分准直的合色偏振光输出280进行匀化并提高其均匀度。例如,任选的FEA的代表性布置在以下专利中有所描述:名称为“FLY EYE INTEGRATOR POLARIZATION CONVERTER(蝇眼积分偏振转换器)”的第61/346183号共同未决的美国专利(代理人案卷号66247US002,于2010年5月19日提交);名称为“POLARIZED PROJECTION ILLUMINATOR(偏振投影照明器)”的第61/346190号美国专利(代理人案卷号66249US002,于2010年5月19日提交);以及名称为“COMPACT ILLUMINATOR(紧凑型照明器)”的第61/346193号美国专利(代理人案卷号66360US002,于2010年5月19日提交)。在一些情况下,积分隧道即积分柱(例如,光匀化隧道95)或是FEA(例如,蝇眼组合器阵列42)可以用于匀化,但这两种方法一般不被一起使用。

[0078] 在一个方面,图像生成器模块60包括偏振分束器(PBS)66、代表性成像光学器件62、64以及空间光调制器68,它们相互配合以将匀化偏振光45转换为成像光65。例如,合适的空间光调制器(即,图像生成器)先前已在第7,362,507号美国专利(Duncan等人),第7,529,029号美国专利(Duncan等人);第2008-0285129-A1号美国专利公开(Magari11等人);以及第W02007/016015号PCT专利公开(Duncan等人)中有所描述。在一个具体实施例中,匀化偏振光 45是源自任选FEA的每个透镜的发散光。穿过成像光学器件62、64以及PBS 66之后,匀化偏振光45变为均匀照射空间光调制器68的成像光61。在一个具体实施例中,来自任选FEA中每个透镜的每一发散光线束对空间光调制器68的绝大部分进行照明,使得各个发散的光线束彼此重叠。

[0079] 在一个方面,投影模块70包括可用于将成像光65投影而成为投影光79的代表性投影光学系统72、74、76。合适的投影光学系统72、74、76先前已有所描述,并且为本领域技术人员熟知。

[0080] 以下为本发明各个实施例的列表。

[0081] 项1为一种偏振转换器,其包括:第一集光光学系统,其具有光输入表面以及光轴;非偏振光源,其能够沿着平行于所述光轴的第一传播方向,将非偏振光束注入所述光输入表面;光学装置,其包括双折射棱镜,所述光学装置被设置成面向所述第一集光光学系统并且与所述光输入表面相对,其中所述光学装置能够将所述非偏振光束分离成具有正交偏振态的第一偏振光束和第二偏振光束,所述第一偏振光束和第二偏振光束中的至少一者偏离所述第一传播方向;反射器,其被设置成可将所述第一偏振光束和第二偏振光束往回反射,使之穿过所述光学装置和所述第一集光光学系统而朝向所述光输入表面,其中所述第一偏振光束在偏离于所述非偏振光源的第一位置穿过所述光输入表面,而所述第二偏振光束在偏离于所述第一位置 and 所述非偏振光源的第二位置穿过所述光输入表面。

[0082] 项2为权利要求1所述的偏振转换器,还包括半波延迟器,所述半波延迟器被设置成邻近所述光输入表面,能够将所述第一偏振光束的第一偏振态转换成第二偏振态,使得组合偏振输出光在所述第二偏振态下偏振。

[0083] 项3为权利要求1所述的偏振转换器,还包括被设置成接受所述第一偏振光束和所述第二偏振光束的光学积分器。

[0084] 项4为项1至项3所述的偏振转换器,其中所述第一集光光学系统包括光准直光学

器件。

[0085] 项5为项1至项4所述的偏振转换器,其中所述光准直光学器件包括单透镜设计、双透镜设计、衍射光学元件,或者它们的组合。

[0086] 项6为项1至项5所述的偏振转换器,其中所述非偏振光束、所述第一偏振光束以及所述第二偏振光束各自包括光束发散角。

[0087] 项7为项1至项6所述的偏振转换器,其中所述第一集光光学系统包括:第一透镜,其具有与所述光输入表面相对的第一凸形表面;以及第二透镜,其具有面向所述第一凸形表面的第二表面以及与所述第二表面相对的第三凸形表面。

[0088] 项8为项1至项7所述的偏振转换器,其中所述光学装置包括沃拉斯顿棱镜、塞拿蒙棱镜、尼科耳棱镜、罗歇棱镜、诺马斯基棱镜、格兰-汤普森棱镜、格兰-傅科棱镜,或者它们的组合。

[0089] 项9为项1至项8所述的偏振转换器,其中所述反射器包括宽带反射镜。

[0090] 项10为项2所述的偏振转换器,其中所述组合偏振输出光透射到第二集光光学系统,所述第二集光光学系统将所述组合偏振输出光扩展成具有小发散角的扩展偏振光束。

[0091] 项11为项10所述的偏振转换器,其中所述第二集光光学系统包括:以所述光轴为中心轴线的第三透镜,其具有第四凸形表面以及与所述第四凸形表面相对的第二光输入表面,能够将离开所述光输入表面的光透射到所述第二光输入表面;以及以所述光轴为中心轴线的第四透镜,所述第四透镜具有面向所述第四凸形表面的第五表面以及与所述第五表面相对的第六凸形表面,其中进入所述第二光输入表面的光作为扩展偏振光束离开所述第六凸形表面。

[0092] 项12为项10或项11所述的偏振转换器,其中所述小发散角包括小于约15度的角。

[0093] 项13为一种偏振转换合色器,其包括项1至项12所述的偏振转换器,其中所述非偏振光源包括能够发出第一颜色光的第一颜色光源以及能够发出第二颜色光的第二颜色光源,各光源偏离于所述光轴,并且所述反射器包括分色板。

[0094] 项14为项13所述的偏振转换合色器,其中所述分色板包括:能够反射所述第一颜色光并且透射其他颜色光的第一二向色反射器;以及能够反射所述第二颜色光的第二反射器,其中所述第一二向色反射器和所述第二反射器各自倾斜,使得所述第一颜色光和所述第二颜色光均被反射而沿着所述光轴穿过所述光输入表面,作为合色光束离开。

[0095] 项15为项13或项14所述的偏振转换合色器,其中所述第二反射器包括宽带反射镜。

[0096] 项16为项13或项14所述的偏振转换合色器,其中所述第二反射器包括能够反射所述第二颜色光并且透射其他颜色光的第二二向色反射器。

[0097] 项17为项13至项16所述的偏振转换合色器,还包括第三颜色光源,所述第三颜色光源偏离于所述光轴,并且被设置成可将第三颜色光注入所述光输入表面,其中所述分色板还包括第三反射器,所述第三反射器能够反射所述第三颜色光以使之沿着所述光轴穿过所述光输入表面而离开。

[0098] 项18为项17所述的偏振转换合色器,其中所述第三反射器包括宽带反射镜。

[0099] 项19为项17所述的偏振转换合色器,其中所述第三反射器包括能够反射所述第三颜色光并且透射其他颜色光的第三二向色反射器。

[0100] 项20为一种图像投影仪,其包括:项2至项12所述的偏振转换器;空间光调制器,其被设置成可将图像赋予所述组合偏振输出光;以及投影光学系统。

[0101] 项21为一种图像投影仪,其包括:项17至项19所述的偏振转换合色器;空间光调制器,其被设置成可将图像赋予偏振的第一颜色光、第二颜色光和第三颜色光;以及投影光学系统。

[0102] 项22为项20或项21所述的图像投影仪,其中所述空间光调制器包括硅基液晶(LCoS)成像器或透射型液晶显示器(LCD)。

[0103] 除非另外指明,否则在说明书和权利要求中使用的表示特征的尺寸、数量和物理特性的所有数字应当被理解为由术语“约”来修饰。因此,除非有相反的指示,否则在上述说明书和所附权利要求中提出的数值参数为近似值,这些近似值可以根据本领域内的技术人员利用本文所公开的教导内容寻求获得的所需特性而变化。

[0104] 本文中所引用的所有参考文献和出版物均明确地以全文引用方式并入本发明中,但可能会与本发明直接冲突的部分除外。尽管本文中示出和描述了特定实施例,但是本领域普通技术人员应该明白,在不脱离本发明的范围的情况下,大量的替代形式和/或同等实施方式可以替代所示和所述的特定实施例。本专利申请旨在覆盖本文讨论的特定实施例的任何改动或变型。因此,本发明应该仅仅由权利要求及其等同形式进行限定。

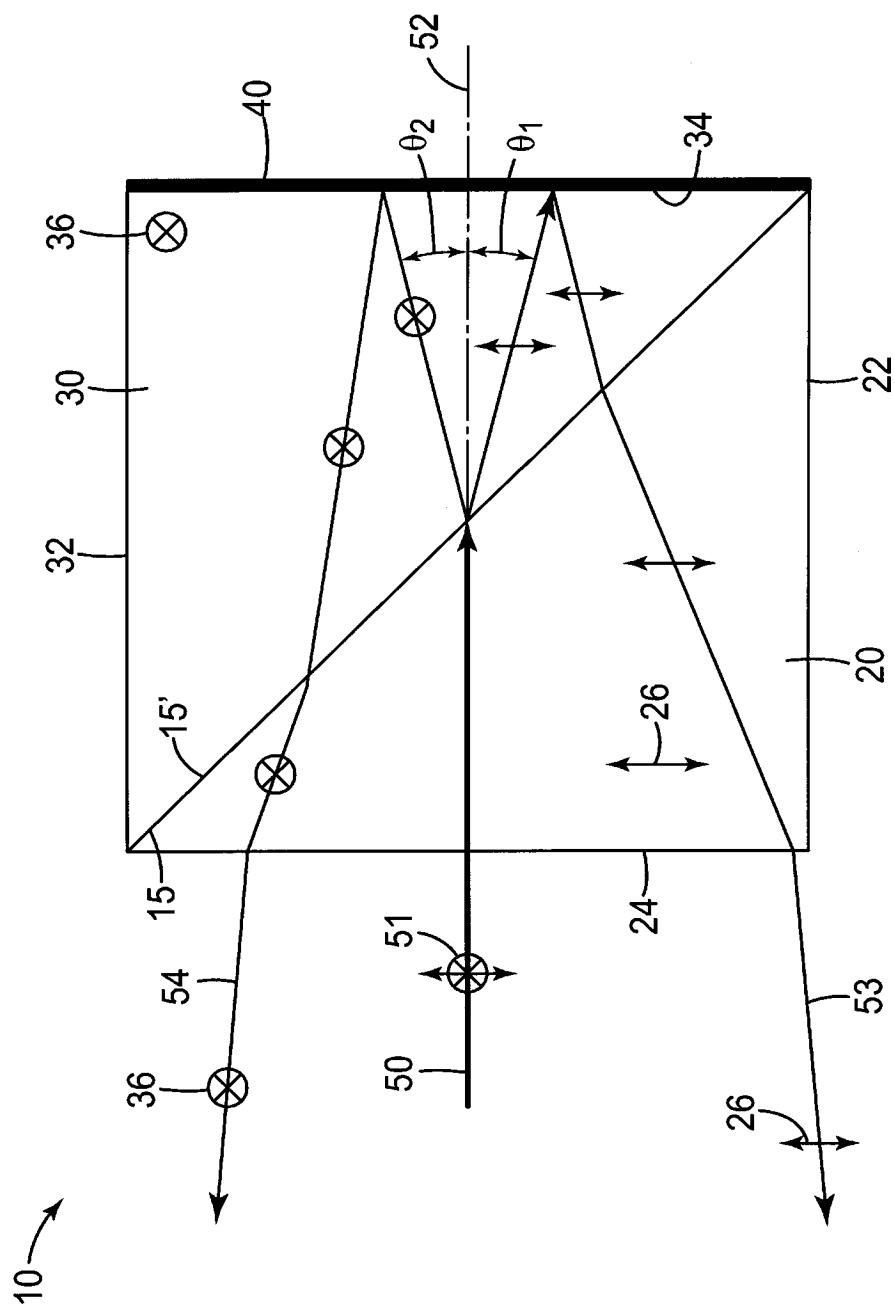


图1

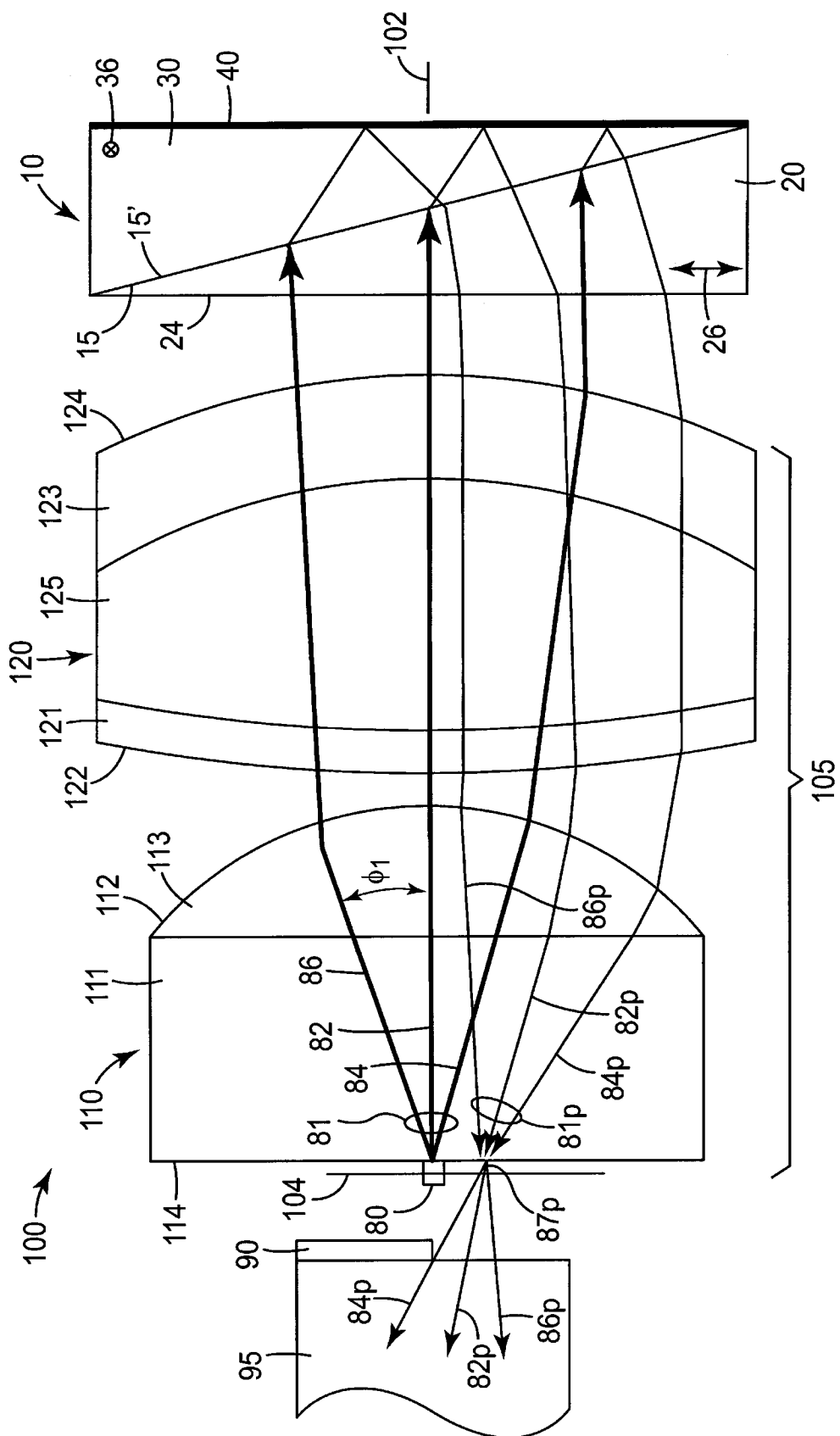


图2A

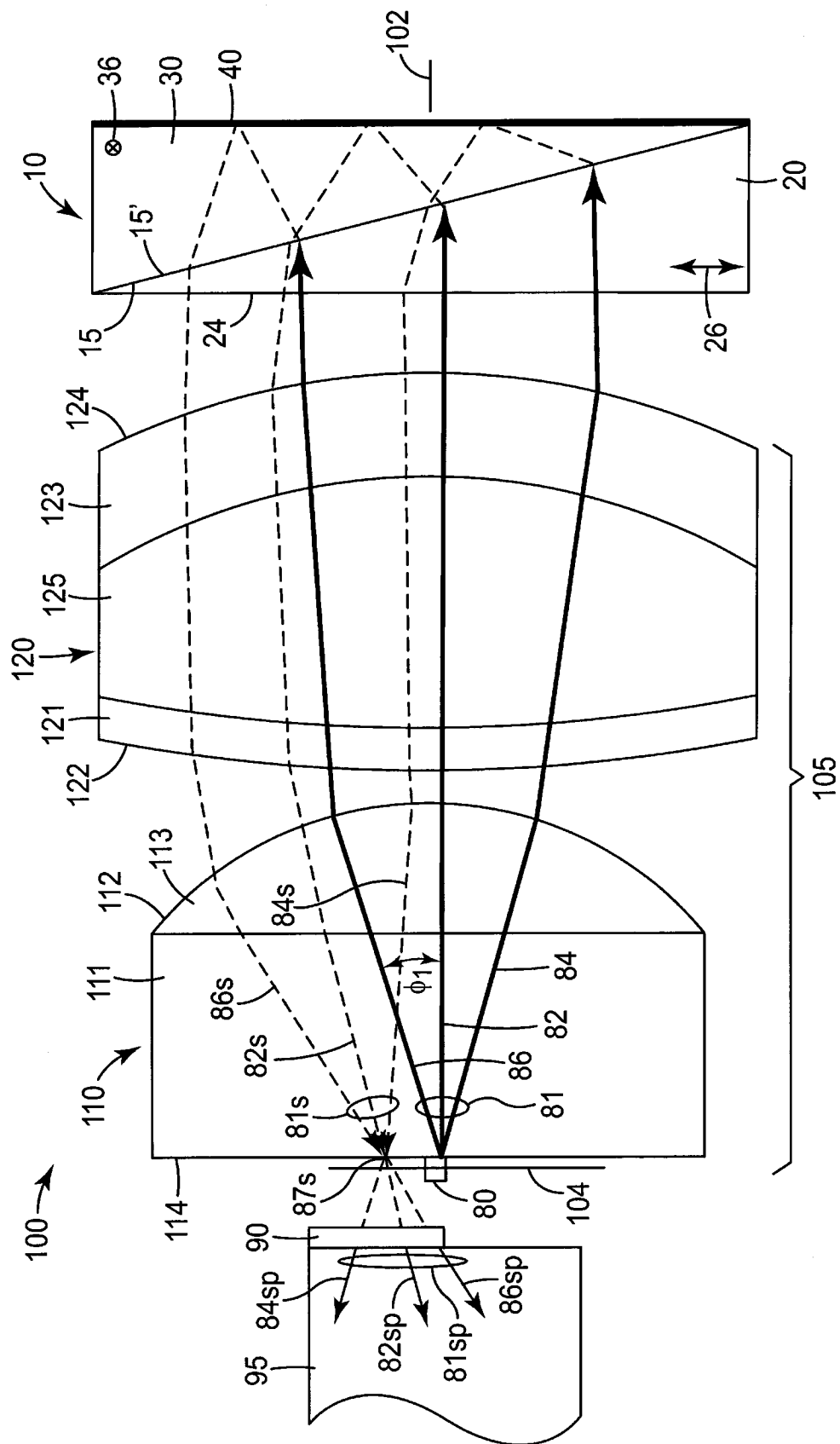


图2B

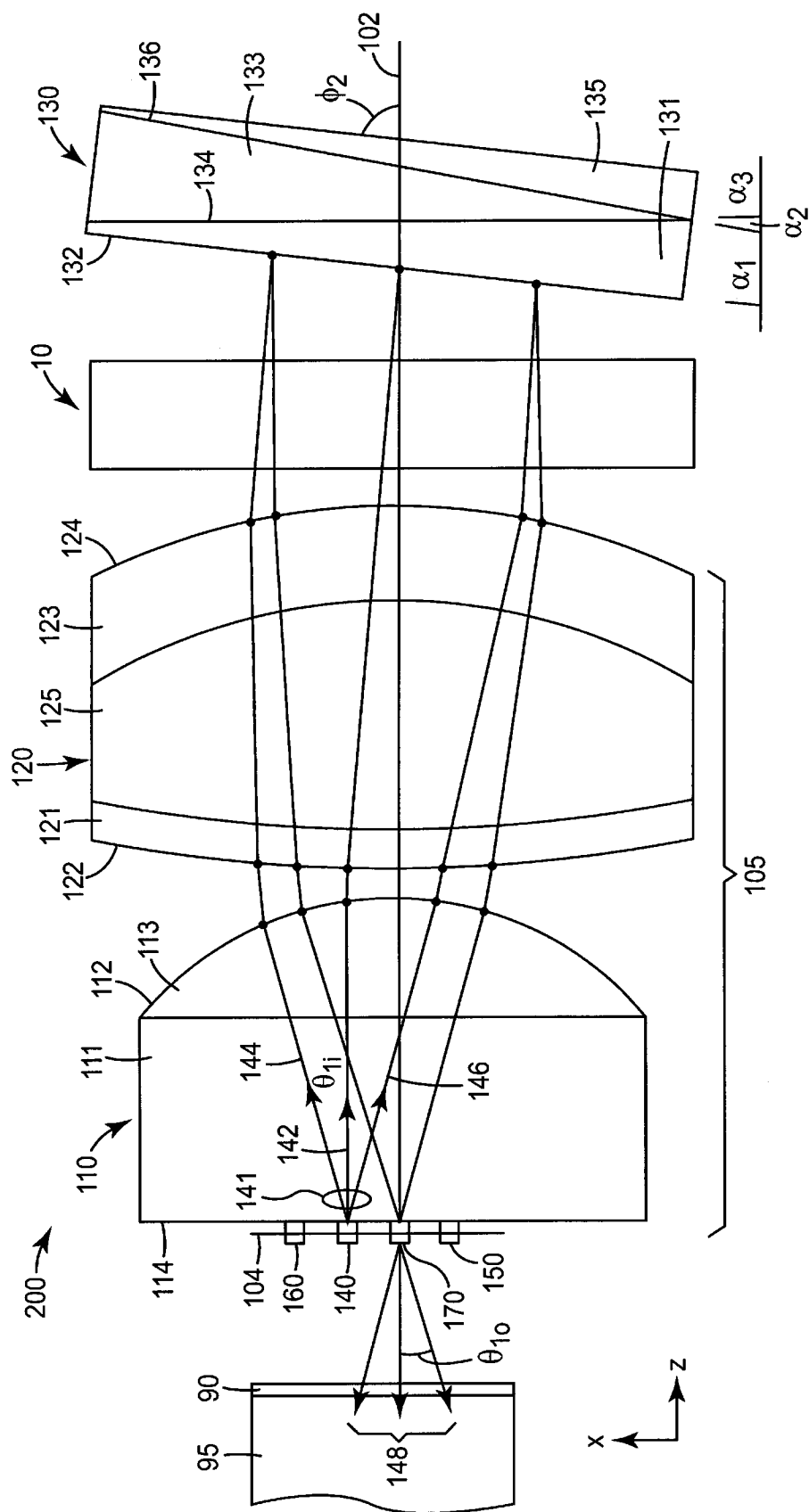


图3A

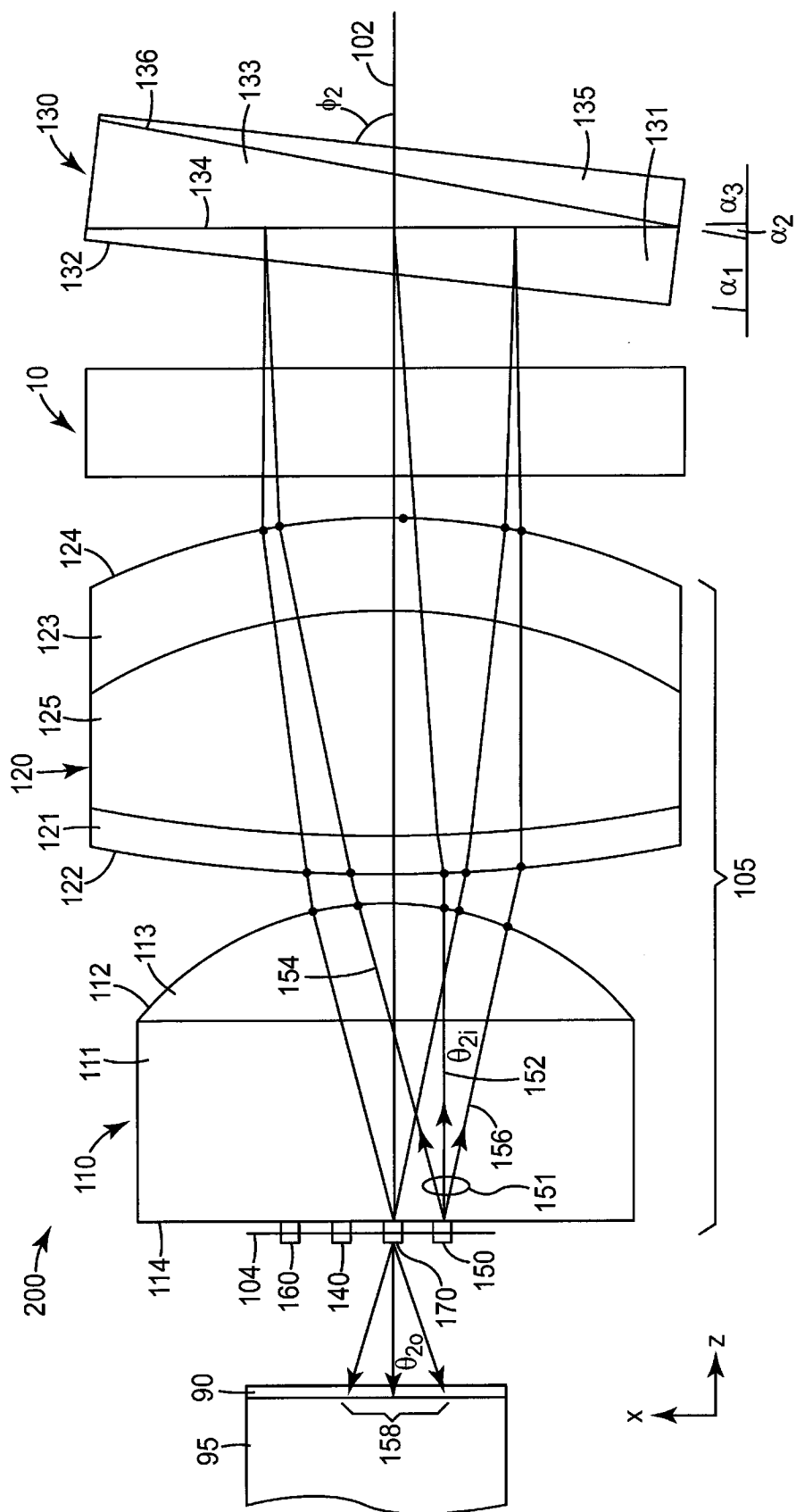


图3B

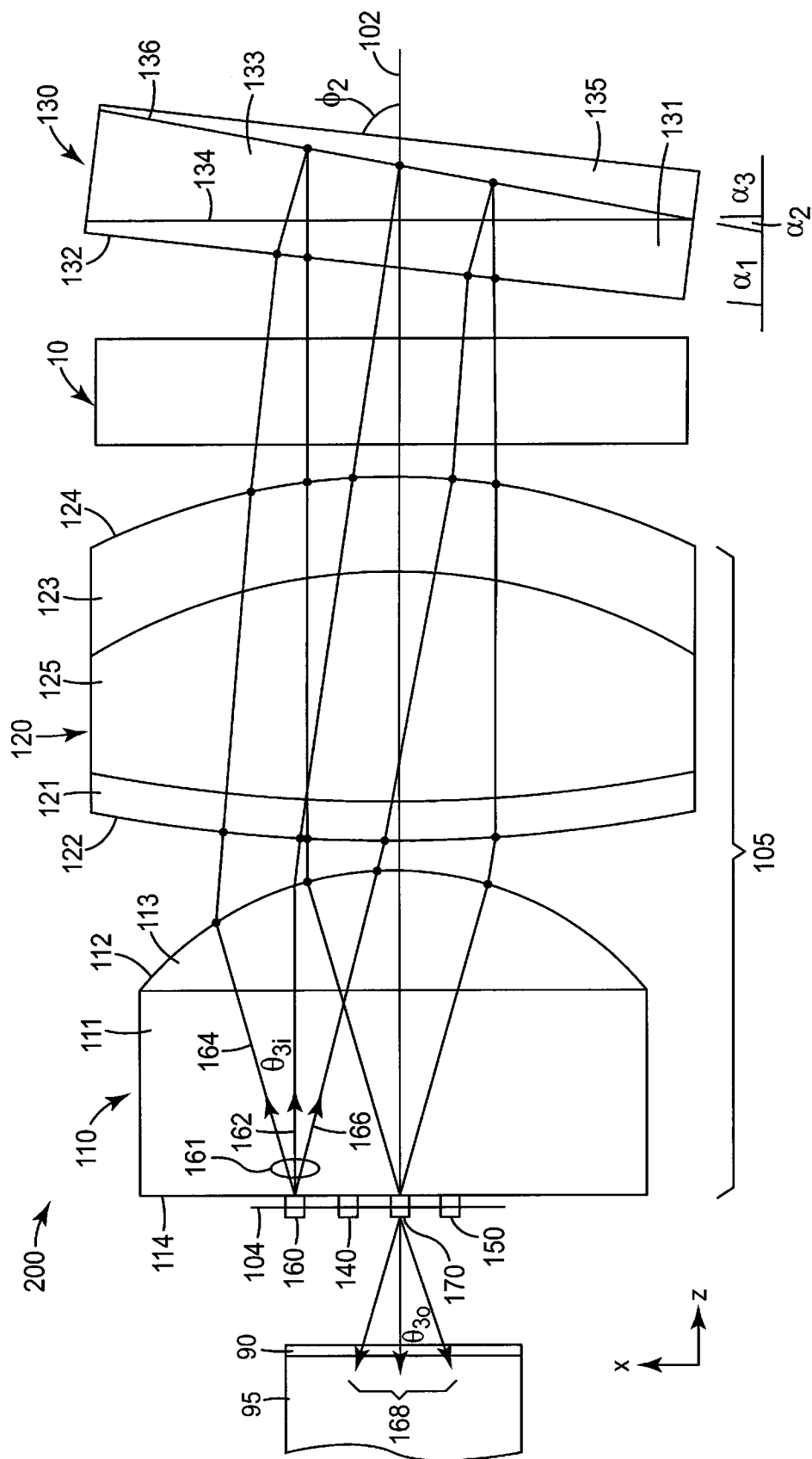


图3C

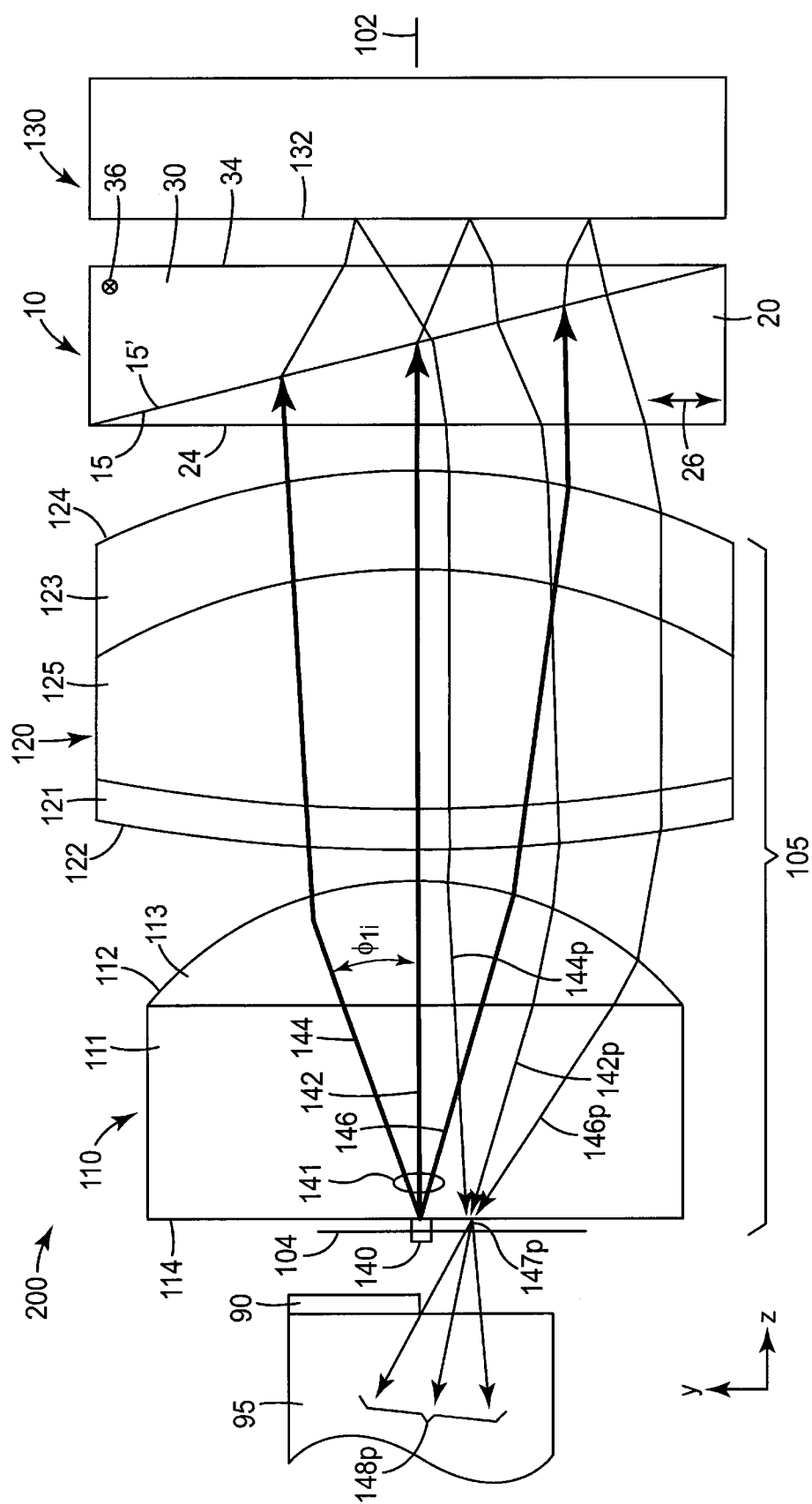


图4A

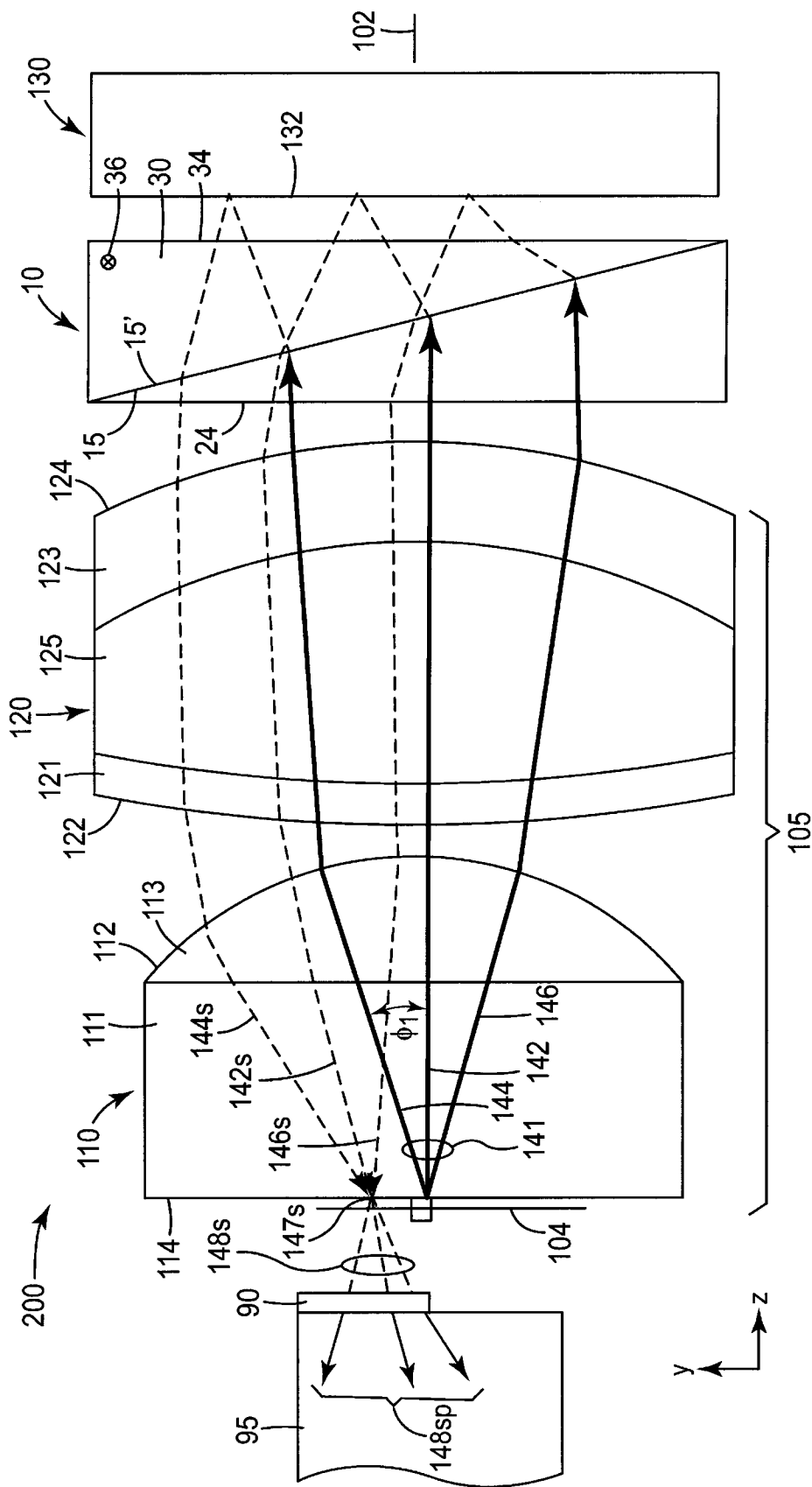


图4B

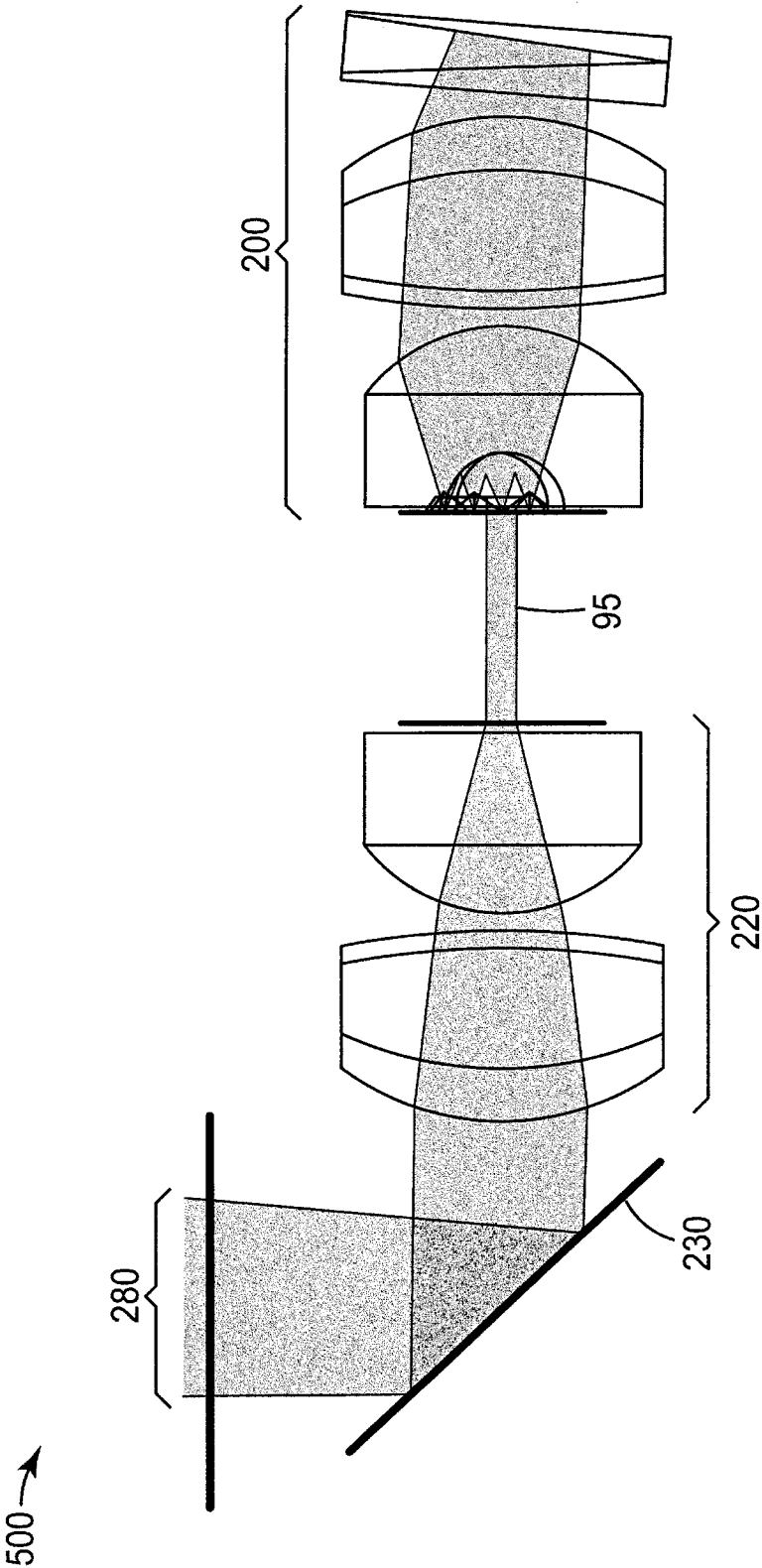


图5

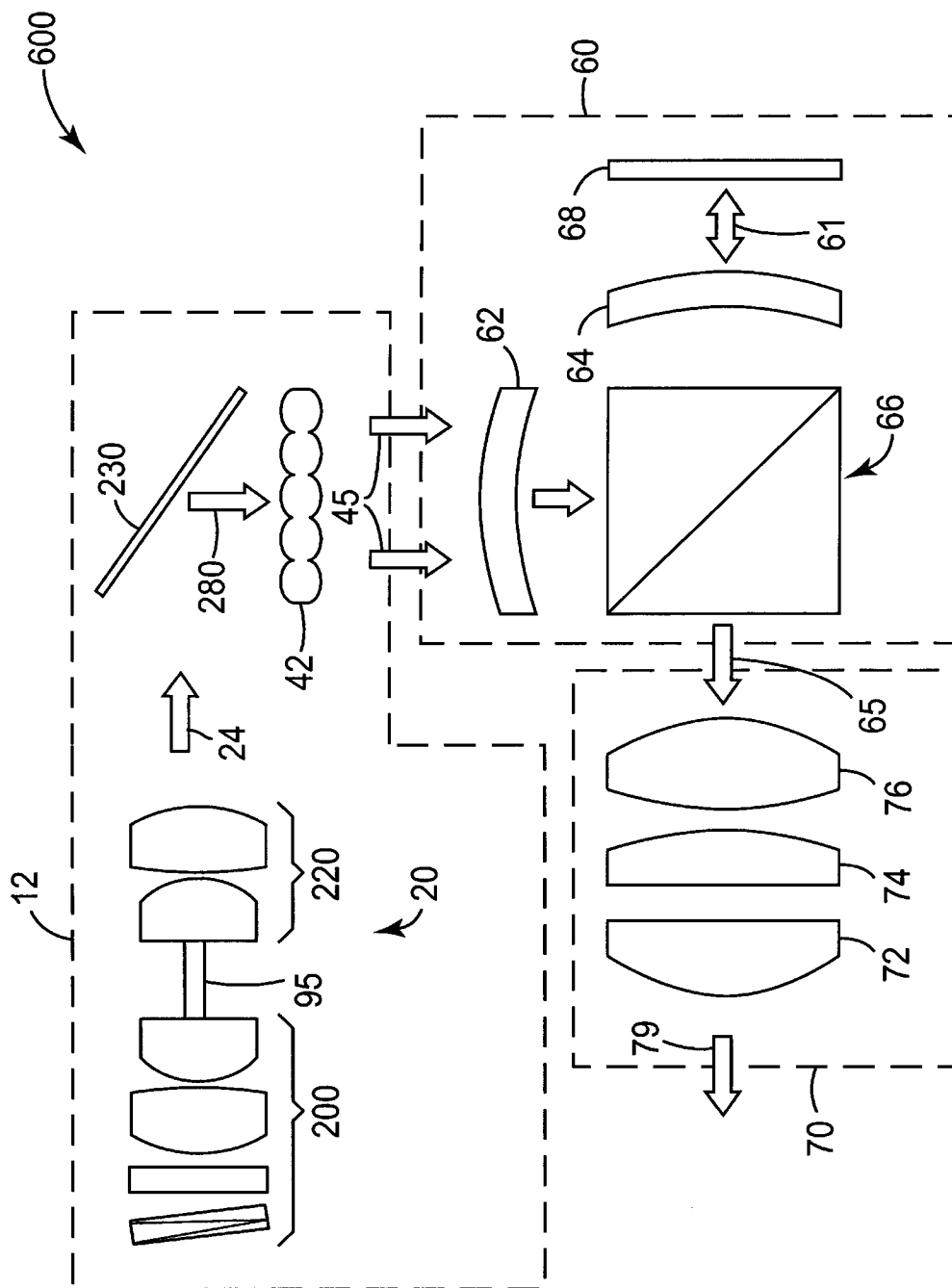


图6