



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102282502 B

(45) 授权公告日 2014. 07. 16

(21) 申请号 200980154945. 6

(22) 申请日 2009. 11. 02

(30) 优先权数据

61/116, 072 2008. 11. 19 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 07. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/062939 2009. 11. 02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/059412 EN 2010. 05. 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 安德鲁·J·乌德科克

查尔斯·L·布鲁泽

菲利普·E·沃森

斯蒂芬·J·威利特 戴尔·R·卢茨

(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 梁晓广 关兆辉

(51) Int. Cl.

G02B 27/28 (2006. 01)

G02B 27/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0007538 A1, 2006. 01. 12, 说明书第 0028-0033 段, 说明书附图 1-5.

JP 特开 2005-3825 A, 2005. 01. 06, 说明书第 0032-0034 段, 说明书附图 1.

US 2003/0081179 A1, 2003. 05. 01, 全文.

US 6583833 B1, 2003. 06. 24, 全文.

US 6636276 B1, 2003. 10. 21, 全文.

审查员 张辉

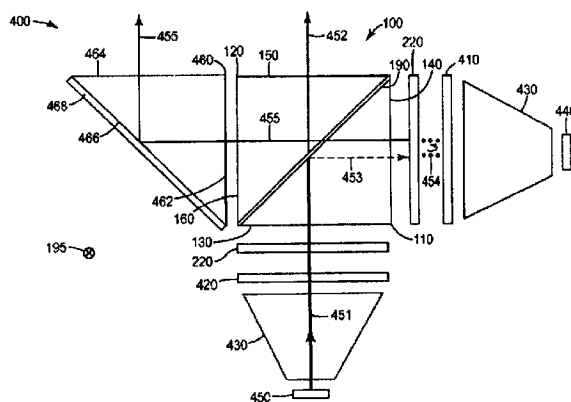
权利要求书2页 说明书23页 附图21页

(54) 发明名称

偏振转换合色器

(57) 摘要

本发明描述了光学元件、使用所述光学元件的合色器以及使用所述合色器的图像投影仪。所述光学元件可构造成下述合色器, 所述合色器接收不同波长谱的光并且产生包括不同波长谱的光的组合输出光。在一个方面, 所接收的输入光为非偏振的, 并且组合输出光是在所需状态偏振的。所述光学元件被构造用于使可对该合光器中的波长敏感型部件造成损害的光的通过降至最低。使用该合色器的图像投影仪可包括通过反射或透射偏振光工作的成像模块。



1. 一种光学元件,包括:

第一颜色选择型二向色滤光器,具有第一输入表面且设置为透射垂直于所述第一输入表面的第一光束;

第二颜色选择型二向色滤光器,具有第二输入表面且设置为透射垂直于所述第二输入表面的第二光束;

第三颜色选择型二向色滤光器,具有第三输入表面且设置为透射垂直于所述第三输入表面的第三光束;

第一反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第一光束和所述第二光束相交;

第二反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第三光束相交;

反射器,设置为使得垂直于所述反射器的线以成大约 45 度角与所述第二反射型偏振器相交;以及

第一、第二、第三和第四延迟片,设置为分别面向所述第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器以及所述反射器中的每一个,

其中所述第一和第二反射型偏振器以及所述延迟片设置用于将所述第一、第二和第三光束的第二偏振态分别转换成所述第一、第二和第三光束的第一偏振态。

2. 根据权利要求 1 所述的光学元件,其中各个反射型偏振器与所述第一偏振态对准,并且各个延迟片包括与所述第一偏振态成大约 45 度角对准的四分之一波长延迟片。

3. 根据权利要求 1 所述的光学元件,还包括:

形成第一偏振分束器的第一和第二棱镜,其中所述第一反射型偏振器设置在所述第一偏振分束器的第一对角面上;和

形成第二偏振分束器的第三和第四棱镜,其中所述第二反射型偏振器设置在所述第二偏振分束器的第二对角面上。

4. 根据权利要求 1 所述的光学元件,其中所述反射器包括:

第四颜色选择型二向色滤光器,具有第四输入表面且设置为透射垂直于所述第四输入表面的第四光束,

其中所述第一和第二反射型偏振器以及所述延迟片设置用于将所述第一、第二、第三和第四光束的第二偏振态分别转换成所述第一、第二、第三和第四光束的第一偏振态。

5. 一种光学元件,包括:

第一颜色选择型二向色滤光器,具有第一输入表面且设置为透射垂直于所述第一输入表面的第一光束;

第二颜色选择型二向色滤光器,具有第二输入表面且设置为透射垂直于所述第二输入表面的第二光束;

第三颜色选择型二向色滤光器,具有第三输入表面且设置为透射垂直于所述第三输入表面的第三光束;

第一反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第一光束和所述第二光束相交;

第二反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第三光束相交;

半波长延迟片,设置在所述第一反射型偏振器和所述第二反射型偏振器之间;以及

第一、第二和第三四分之一波长延迟片,设置为分别面向所述第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器中的每一个,

其中所述第一和第二反射型偏振器以及所述延迟片设置用于将所述第一、第二和第三光束的第二偏振态分别转换成所述第一、第二和第三光束的第一偏振态。

6. 根据权利要求 5 所述的光学元件,其中所述半波长延迟片设置为以大致垂直的方向与所述第一光束相交。

7. 根据权利要求 5 所述的光学元件,其中所述半波长延迟片设置为以成大约 45 度角与所述第一光束相交。

8. 根据权利要求 5 所述的光学元件,其中各个反射型偏振器与所述第一偏振态对准,并且各个四分之一波长延迟片与所述第一偏振态成大约 45 度角对准。

9. 根据权利要求 5 所述的光学元件,还包括:

形成第一偏振分束器的第一和第二棱镜,其中所述第一反射型偏振器设置在所述第一偏振分束器的第一对角面上;和

形成第二偏振分束器的第三和第四棱镜,其中所述第二反射型偏振器设置在所述第二偏振分束器的第二对角面上。

10. 一种光学元件,包括:

第一颜色选择型二向色滤光器,具有第一输入表面且设置为透射垂直于所述第一输入表面的第一光束;

第二颜色选择型二向色滤光器,具有第二输入表面且设置为透射垂直于所述第二输入表面的第二光束;

第三颜色选择型二向色滤光器,具有第三输入表面且设置为透射垂直于所述第三输入表面的第三光束;

第一反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第一光束和所述第二光束相交;

第二反射型偏振器,设置为以成大约 45 度角与所述第三光束相交;

半波长延迟片,设置为面向所述第三颜色选择型二向色滤光器且位于所述第二反射型偏振器的相反侧;以及

第一、第二和第三四分之一波长延迟片,设置为分别面向所述第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器中的每一个,其中所述第一反射型偏振器以及所述第一和第二延迟片设置用于将所述第一和第二光束的第二偏振态分别转换成所述第一和第二光束的第一偏振态,并且其中所述第二反射型偏振器和所述第三延迟片设置用于将所述第一、第二和第三光束的第一偏振态分别转换成所述第一、第二和第三光束的第二偏振态。

11. 根据权利要求 10 所述的光学元件,其中所述半波长延迟片邻近所述第二反射型偏振器,并且位于与所述第三颜色选择型二向色滤光器相反的一侧。

12. 根据权利要求 10 所述的光学元件,其中所述第一反射型偏振器与所述第一偏振态对准,所述第二反射型偏振器与所述第二偏振态对准,并且各个四分之一波长延迟片与所述第一偏振态成大约 45 度角对准。

13. 根据权利要求 10 所述的光学元件,还包括:

形成第一偏振分束器的第一和第二棱镜,其中所述第一反射型偏振器设置在所述第一偏振分束器的第一对角面上;和

形成第二偏振分束器的第三和第四棱镜,其中所述第二反射型偏振器设置在所述第二偏振分束器的第二对角面上。

偏振转换合色器

背景技术

[0001] 用于将图像投影到屏幕上的投影系统可使用多色光源,例如发光二极管(LED),其具有不同颜色以生成照明光。在LED和图像显示单元之间设置若干光学元件,用于将来自LED的光混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施加到光上。例如,正如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] 用于将图像投影在屏幕上的其它投影系统可以使用被构造用于从数字微反射镜阵列显示器中的阵列)进行影像反射的白光,该数字微反射镜阵列例如为用于Texas Instruments的数字光处理器(DLP®)。在DLP®显示器中,数字微反射镜阵列中的各个反射镜表示投影的图像的各个像素。当对应的反射镜倾斜以使得入射光导向到投影的光路时,显示像素被照明。安置在光路内部的旋转色轮被定时为对来自数字微反射镜阵列的光进行反射,从而使得反射的白光经过滤来投射与像素对应的颜色。然后,数字微反射镜阵列切换到下一个需要的像素颜色,并且这个过程以非常迅速的速度继续进行,从而使得整个投影的显示内容看起来被持续照亮。数字微反射镜投影系统需要较少的像素化阵列部件,这可能形成较小尺寸的投影仪。

[0003] 图像亮度是投影系统的重要参数。彩色光源的亮度以及将集光、组合光、均质化光及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,因此在将彩色光源产生的热保持在低水平(可以在小型投影仪系统中扩散)的同时需要保持足够的输出亮度水平。需要光组合系统以更高的效率组合多个彩色光,从而得到具有足够亮度水平的输出光,而光源的功耗不能过大。另外需要一种光组合系统,所述光组合系统以该光组合器中的波长敏感部件的劣化降至最低的方式来导向不同波长谱的光。

发明内容

[0004] 一般来讲,本说明书涉及高耐久性光学元件、使用该光学元件的合色器以及使用该合色器的图像投影仪。在一个方面,光学元件包括第一颜色选择型二向色滤光器,其具有第一输入表面且设置为透射垂直于第一输入表面的第一光束;光学元件还包括第二颜色选择型二向色滤光器,其具有第二输入表面且设置为透射垂直于第二输入表面的第二光束。光学元件还包括反射型偏振器、第一延迟片和第二延迟片,该反射型偏振器设置为以成大约45度角与第一光束和第二光束相交,该第一延迟片设置为面向第一颜色选择型二向色滤光器,并且该第二延迟片设置为面向第二颜色选择型二向色滤光器。反射型偏振器和延迟片设置用于将第一和第二光束的第二偏振态分别转换成该第一和第二光束的第一偏振态。

[0005] 在另一个方面,光学元件包括第一颜色选择型二向色滤光器,其具有第一输入表面且设置为透射垂直于第一输入表面的第一光束。光学元件还包括第二颜色选择型二向色滤光器,其具有第二输入表面且设置为透射垂直于第二输入表面的第二光束。光学元件还包括第一反射型偏振器和第二反射型偏振器,第一反射型偏振器设置为以成大约45度角与第一光束相交,第二反射型偏振器设置为以成大约45度角与第二光束相交。光学元件另

外还包括设置为面向第一颜色选择型二向色滤光器的第一延迟片和设置为面向第二颜色选择型二向色滤光器的第二延迟片。第一和第二反射型偏振器以及第一和第二延迟片设置用于将第一和第二光束的第二偏振态分别转换成第一和第二光束的第一偏振态。

[0006] 在另一方面,光学元件包括第一颜色选择型二向色滤光器,其具有第一输入表面且设置为透射垂直于第一输入表面的第一光束;第二颜色选择型二向色滤光器,其具有第二输入表面且设置为透射垂直第二输入表面的第二光束;以及第三颜色选择型二向色滤光器,其具有第三输入表面且设置为透射垂直于第三输入表面的第三光束。光学元件还包括第一反射型偏振器和第二反射型偏振器,该第一反射型偏振器设置为以成大约 45 度角与第一光束和第二光束相交,该第二反射型偏振器设置为以成大约 45 度角与第三光束相交。光学元件还包括反射器,其设置为使得垂直于该反射器的线以成大约 45 度角与第二反射型偏振器相交。光学元件另外还包括第一、第二、第三和第四延迟片,其设置为分别面向第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器以及反射器中的每一个。第一和第二反射型偏振器以及延迟片设置用于将第一、第二和第三光束的第二偏振态分别转换成第一、第二和第三光束的第一偏振态。

[0007] 在另一方面,光学元件包括第一颜色选择型二向色滤光器,其具有第一输入表面且设置为透射垂直于第一输入表面的第一光束;第二颜色选择型二向色滤光器,其具有第二输入表面且设置为透射垂直第二输入表面的第二光束;以及第三颜色选择型二向色滤光器,其具有第三输入表面且设置为透射垂直于第三输入表面的第三光束。光学元件还包括第一反射型偏振器,其设置为以成大约 45 度角与第一光束和第二光束相交;第二反射型偏振器,其设置为以成大约 45 度角与第三光束相交;以及半波长延迟片,其设置在第一反射型偏振器和第二反射型偏振器之间。光学元件另外还包括第一、第二和第三四分之一波长延迟片,其设置为分别面向第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器中的每一个。第一和第二反射型偏振器以及延迟片设置用于将第一、第二和第三光束的第二偏振态分别转换成第一、第二和第三光束的第一偏振态。

[0008] 在另一方面,光学元件包括第一颜色选择型二向色滤光器,其具有第一输入表面且设置为透射垂直于第一输入表面的第一光束;第二颜色选择型二向色滤光器,其具有第二输入表面且设置为透射垂直第二输入表面的第二光束;以及第三颜色选择型二向色滤光器,其具有第三输入表面且设置为透射垂直于第三输入表面的第三光束。光学元件还包括第一反射型偏振器,其设置为以成大约 45 度角与第一光束和第二光束相交;以及第二反射型偏振器,其设置为以成大约 45 度角与第三光束相交。光学元件还包括半波长延迟片,其设置为面向第三颜色选择型二向色滤光器且位于第二反射型偏振器的相反侧;以及第一、第二和第三四分之一波长延迟片,其设置为分别面向第一、第二和第三颜色选择型二向色滤光器中的每一个。在一个实施例中,半波长延迟片改为邻近第二反射型偏振器,并且位于与第三颜色选择型二向色滤光器相反的一侧。第一反射型偏振器以及第一和第二延迟片设置用于将第一和第二光束的第二偏振态分别转换成第一和第二光束的第一偏振态,并且第二反射型偏振器和第三延迟片设置用于将第一、第二和第三光束的第一偏振态分别转换成第一、第二和第三光束的第二偏振态。

附图说明

- [0009] 整个说明书中都参考了附图,其中类似的附图标记表示类似的元件,并且其中:
- [0010] 图 1 是偏振分束器的透视图。
- [0011] 图 2 是具有四分之一波长延迟片的偏振分束器的透视图。
- [0012] 图 3 为具有抛光表面的偏振分束器的俯视示意图。
- [0013] 图 4a-4b 为合色器的俯视示意图。
- [0014] 图 5a-5b 为合色器的俯视示意图。
- [0015] 图 6a-6b 为合色器的俯视示意图。
- [0016] 图 7a-7d 为合色器的俯视示意图。
- [0017] 图 8a-8d 为合色器的俯视示意图。
- [0018] 图 9a-9c 为合色器的俯视示意图。
- [0019] 图 10 是投影仪的示意图。
- [0020] 附图未必按比例绘制。在附图中使用的相同的标号表示相同的部件。然而,应当理解,在给定附图中使用标号指示部件并非意图限制另一个附图中用相同标号标记的部件。

具体实施方式

[0021] 本文描述的光学元件可以被构造为合色器,该合色器接收不同波长谱的光并且产生包括不同波长谱的光的组合输出光。在一个方面,所接收的输入光为非偏振的,并且组合输出光是在所需状态偏振的。在一个实施例中,将具有非所需偏振态的所接收的光进行再循环并且旋转至所需的偏振态,以提高光利用效率。组合光可以是不止一种波长谱的光的多色组合光。组合光可以是每个所接收光的按时间排序的输出。在一个方面,不同波长谱的光中的每一个对应不同的色光(如,红光、绿光和蓝光)并且组合输出光是白光或者按时间排序的红光、绿光和蓝光。为了本文说明的目的,“彩色光”和“波长谱光”都旨在意指具有可与特定颜色(如果肉眼可见)相关的波长谱范围的光。更普通的术语“波长谱光”是指可见的和其他波长谱的光,其包括,例如,红外光。

[0022] 同样为了本文说明的目的,术语“与所需偏振态对准”旨在涉及光学元件的透光轴与穿过光学元件的光的所需偏振态(即,诸如 s 偏振、p 偏振、右圆偏振、左圆偏振等等之类的所需偏振态)对准。在本文参照附图所述的一个实施例中,与第一偏振态对准的光学元件(例如偏振器)是指下述取向的偏振器,即通过 p 偏振态的光、并且反射或吸收第二偏振态(在这种情况下为 s 偏振态)的光。应当理解,如果需要,偏振器可相反对准成通过 s 偏振态的光、并且反射或吸收 p 偏振态的光。

[0023] 同样为了本文说明的目的,术语“面向”是指设置一个元件使得元件表面的垂直线沿着同样垂直于其他元件的光程。一个面向另一个元件的元件可包括邻近彼此设置的元件。一个面向另一个元件的元件还包括元件,该元件被光学分离以便垂直于一个元件的光线同样垂直于另一个元件。

[0024] 当将两个或两个以上的非偏振色光导向至光学件时,各个光根据通过一个或多个反射型偏振器产生的偏振而被分离。根据下述的一个实施例,色光组合系统从不同颜色的非偏振光源接收非偏振光,并且产生沿一个所需状态偏振的组合输出光。在一个方面,两个、三个、四个或更多个接收色光根据通过光学元件中反射型偏振器产生的偏振(如 s 偏振和 p 偏振、或右或左圆偏振)分别进行分离。将一个偏振态的接收光进行再循环,以变为所

需的偏振态。

[0025] 根据一个方面,光学元件包括反射型偏振器,该反射型偏振器定位成使得来自三色光中的每一个的光以成大约 45 度角与该反射型偏振器相交。该反射型偏振器可为任何已知的反射型偏振器,例如麦克尼尔偏振器、线栅偏振器、多层光学膜偏振器或诸如胆甾型液晶偏振器之类的圆偏振器。根据一个实施例,多层光学膜偏振器可优选为反射型偏振器。

[0026] 多层光学膜偏振器可包括用于与不同波长范围的光相互作用的不同层“组”。例如,一体多层光学膜偏振器在整个膜厚度上可包括若干层“组”,每个组与不同波长范围(如颜色)的光相互作用以反射一个偏振态并且透射其他偏振态。在一个方面,多层光学膜可具有第一层组、第二层组和第三层组,第一层组邻近膜的第一表面并且与(例如)蓝色光相互作用(即,“蓝层”),第二层组与(例如)绿色光相互作用(即,“绿层”),且第三层组邻近膜的第二表面并且与(例如)红色光相互作用(即,“红层”)。通常,“蓝层”中的层之间的间距远小于“红层”中的层之间的间距,以便与较短(和较高能量)的蓝色波长的光相互作用。

[0027] 聚合物多层光学膜偏振器可为尤其优选的反射型偏振器,其可包括上文所述的膜层组。通常,较高能量波长的光(例如蓝光)会不利地影响膜的老化稳定性,并且至少由于此原因,优选最小化蓝光与反射型偏振器相互作用的次数。另外,蓝光与膜相互作用的特性影响不利老化的严重程度。蓝光穿过膜的透射与从“蓝层”(即薄层)侧进入的蓝光的反射相比,通常对膜具有较小的损害。另外,从“蓝层”侧进入膜的蓝光的反射与从“红层”(即,厚层)侧进入的蓝光的反射相比,对膜具有较小的损害。本发明描述了下述技术,其包括设置和定向反射型偏振器来减少蓝光与反射型偏振器的相互作用次数以及降低相互作用的严重性。

[0028] 反射型偏振器可设置在两个棱镜的对角面之间,或者其可为诸如保护膜之类的自立式膜。在一些实施例中,当将反射型偏振器设置在两个棱镜(如偏振光分束器(PBS))之间时,光学元件的光利用效率得到改善。在该实施例中,穿过 PBS 传播的光中原本会在光程中损失的一些光可以经历棱面的全内反射(TIR)并且再加入光程。至少由于此原因,下面的描述涉及其中反射型偏振器设置在两个棱镜的对角面之间的光学元件;然而,应当理解,当 PBS 用作护膜时,它可以相同的方式作用。在一个方面,PBS 棱镜的所有外表面被高度抛光,使得进入 PBS 的光经历 TIR。以此方式,光包含在 PBS 内并且光部分均质化。

[0029] 根据一个方面,将诸如颜色选择型二向色滤光器之类的波长选择型滤光器设置在来自不同彩色光源中的每一个的输入光的路径中。颜色选择型二向色滤光器中的每一个设置为使输入光束以接近垂直入射的角度与滤光器相交,以使 s 及 p 偏振光的分离降至最低,并且还使色移降至最低。颜色选择型二向色滤光器中的每一个都选择为透射具有邻近输入光源的波长谱的光,并反射具有其他输入光源中的至少一个的波长谱的光。在一些实施例中,颜色选择型二向色滤光器中的每一个都选择为透射具有邻近输入光源的波长谱的光,并反射具有所有其他输入光源中的波长谱的光。在一个方面,颜色选择型二向色滤光器中的每一个都相对反射型偏振器设置,以使得接近垂直每个颜色选择型二向色滤光器的表面的输入光束以成大约 45 度的相交角与反射型偏振器相交。颜色选择型二向色滤光器的表面的法线是指垂直穿过颜色选择型二向色滤光器的表面的线;接近垂直是指距法线变化小于约 20 度、或者优选距法线小于约 10 度。在一个实施例中,与反射型偏振器的相交角的范

围为约 25 度至 65 度 ;35 度至 55 度 ;40 度至 50 度 ;43 度至 47 度 ;或 44.5 度至 45.5 度。

[0030] 在一个方面,非所需偏振态的输入光通过下述方式转换成所需偏振态,即将其导向至延迟片和颜色选择型二向色滤光器,在此处该输入光借助穿过延迟片两次而反射并改变偏振态。在一个实施例中,延迟片设置在从每束输入光到棱面的光路内,以使来自一个光源的光在进入 PBS 棱面之前穿过颜色选择型二向色滤光器和延迟片。具有非所需偏振态的光通过在从至少第二颜色选择型二向色滤光器反射之前和之后穿过至少第二延迟片两次进行转换,从而变为所需的偏振态。

[0031] 在一个实施例中,延迟片设置在颜色选择型二向色滤光器和反射型偏振器之间。颜色选择型二向色滤光器、延迟片和光源取向的特定组合共同配合,以得到更小、更紧凑的光学元件,该光学元件在构造成合色器时可有效地产生单一偏振态的组合光。根据一个方面,延迟片为以相对反射型偏振器的偏振态成大约 45 度对准的四分之一波长延迟片。在一个实施例中,对准可为相对反射型偏振器的偏振态成 35 至 55 度 ;40 度至 50 度 ;43 度至 47 度 ;或 44.5 到 45.5 度。

[0032] 在一个方面,第一色光包括非偏振蓝光,第二色光包括非偏振绿光且第三色光包括非偏振红光,并且色光组合器组合红光、蓝光和绿光以产生偏振白光。在一个方面,第一色光包括非偏振蓝光,第二色光包括非偏振绿光且第三色光包括非偏振红光,并且色光组合器组合红光、绿光和蓝光以产生按照时序的偏振红光、绿光和蓝光。在一个方面,第一、第二和第三色光中的每一束都以单独的光源设置。在另一个方面,将三色光中的一个以上组合为光源中的一个。在另一方面,将多于三束色光在光学元件中组合以产生组合光。

[0033] 根据一个方面,反射型偏振膜包括多层光学膜。在一个实施例中,PBS 产生第一组合输出光,该第一组合输出光包括 p 偏振的第二色光以及 s 偏振的第一和第三色光。在另一个实施例中,PBS 产生 p 偏振的第一和第三色光以及 s 偏振的第二色光。第一组合输出光可穿过颜色选择型堆叠延迟滤光器,该颜色选择型堆叠延迟滤光器在第二色光穿过该滤光器时选择性地改变第二色光的偏振态。这种颜色选择多层延迟滤光器购自例如科罗拉多州博尔德市的 ColorLink 公司。所述滤光器产生第二组合输出光,该第二组合输出光包括组合成具有相同偏振态(例如如,s 偏振)的第一、第二和第三色光。第二组合输出光可用于调节偏振光来产生图像的透射型或反射型显示机制中的照明。

[0034] 当光束进入 PBS 时包括可为准直、会聚或发散的光线。在穿过 PBS 的表面或端面中的一个时,进入 PBS 的会聚光或发散光会产生损失。为了避免此类损失,基于棱镜的 PBS 的所有外表面都可被抛光,以能在 PBS 内产生全内反射(TIR)。TIR 的产生提高了进入 PBS 的光的利用率,以便所有在角度范围内进入 PBS 的光基本上被重导向,从而通过所需的表面射出 PBS。

[0035] 每束色光的偏振分量都可传送至偏振旋转反射器。根据设置在偏振旋转反射器中的延迟片的类型和取向,偏振旋转反射器使光的传播方向转向,并且改变偏振分量的振幅。偏振旋转反射器可包括诸如颜色选择型滤光器之类的波长选择型反射镜以及延迟片。延迟片可以提供任何所需的延迟,例如,八分之一波长延迟片、四分之一波长延迟片等。在本文所述的实施例中,使用四分之一波长延迟片和相关的二向色反射器是有利的。当穿过被对准成与光偏振轴成 45° 角的四分之一波长延迟片时,线偏振光变为圆偏振光。合色器中的反射型偏振器和四分之一波长延迟片 / 反射器的后续反射导致从合色器输出有效的组合

光。相反,随着其穿过其他延迟片并取向,线偏振光部分变为在 s 偏振和 p 偏振(椭圆或线状)之间的偏振态,并可造成光组合器的低效率。偏振旋转反射器通常包括颜色选择型二向色滤光器和延迟片。延迟片和颜色选择型二向色滤光器相对邻近光源的位置取决于偏振分量中的每一个的所需路径,并且在别处参照附图进行描述。在一个方面,反射型偏振器可为圆偏振器,例如胆甾型液晶偏振器。根据此方面,偏振旋转反射器可包括不具有任何相关的延迟片的颜色选择型二向色滤光器。

[0036] 光学元件的部件,包括棱镜、反射型偏振器、四分之一波长延迟片、反射镜、滤光器或其他部件,都可通过合适的光学粘合剂粘合在一起。用于将部件粘合在一起的光学粘合剂具有的折射率小于或等于用于光学元件中的棱镜的折射率。完全粘合在一起的光学元件提供的优点包括:组装、处理和使用期间的定向稳定性。在一些实施例中,可利用光学粘合剂将两个相邻棱镜粘合在一起。在一些实施例中,一体光学部件可整合两个相邻棱镜中的光学件;如(例如)整合两个相邻三角形棱镜中的光学件的单个三角形棱镜,如在别处所述。

[0037] 通过参照附图和下面的附图说明,上述的实施例可以更容易地理解。

[0038] 图 1 为 PBS 的透视图。PBS 100 包括设置在棱镜 110 和 120 的对角面之间的反射型偏振器 190。棱镜 110 包括两个端面 175、185,以及在两个端面之间的具有 90° 角的第一和第二棱面 130、140。棱镜 120 包括两个端面 170、180,以及在其间具有 90° 角的第三和第四棱面 150、160。第一棱面 130 与第三棱面 150 平行,第二棱面 140 与第四棱面 160 平行。采用“第一”、“第二”、“第三”和“第四”标识图 1 所示的四个棱面,仅用于使下面的讨论中对 PBS 100 的描述更清楚。第一反射型偏振器 190 可以是笛卡尔反射型偏振器或非笛卡尔反射型偏振器。非笛卡尔反射型偏振器,例如麦克尼尔偏振器,可包括多层无机膜,例如由无机电介质顺序沉积而产生的那些。笛卡尔反射型偏振器具有偏振轴状态,并且包括线栅偏振器和聚合物多层光学薄膜,该聚合物多层光学薄膜例如可通过对多层聚合层合物进行挤出并且随后进行拉伸而制备。在一个实施例中,反射型偏振器 190 定向为使得一个偏振轴与第一偏振态 195 平行,并且与第二偏振态 196 垂直。在一个实施例中,第一偏振态 195 可为 s 偏振态,并且第二偏振态 196 可为 p 偏振态。在另一个实施例中,第一偏振态 195 可为 p 偏振态,并且第二偏振态 196 可为 s 偏振态。如图 1 所示,第一偏振态 195 垂直于端面 170、175、180、185 中的每一个。

[0039] 笛卡尔反射型偏振膜使偏振分束器能够以高效率使不完全准直的以及从中心光束轴发散或偏斜的输入光线通过。笛卡尔反射型偏振膜可以包括具有多层的电介质或聚合物材料的聚合物多层光学膜。电介质膜的使用可以具有低光衰减和高透光效率的优势。多层光学膜可以包括聚合物多层光学膜,例如在美国专利 5,962,114(Jonza 等人)或美国专利 6,721,096(Bruzzzone 等人)中所述的那些。

[0040] 图 2 为在一些实施例中使用的四分之一波长延迟片与 PBS 对准的透视图。四分之一波长延迟片可用于改变入射光的偏振态。PBS 延迟片系统 200 包括具有第一棱镜 110 和第二棱镜 120 的 PBS 100。四分之一波长延迟片 220 设置为与第一棱面 130 相邻。反射型偏振器 190 为(例如)与第一偏振态 195 对准的笛卡尔反射型偏振膜。四分之一波长延迟片 220 包括可与第一偏振态 195 成 45° 对准的四分之一波长偏振态 295。尽管图 2 示出的偏振态 295 在顺时针方向上与第一偏振态 195 成 45° 对准,但偏振态 295 可相反在逆时针

方向上与第一偏振态 195 成 45° 对准。在一些实施例中,四分之一波长偏振态 295 可相对第一偏振态 195 成任何角度取向对准,例如从逆时针方向的 90° 到顺时针方向的 90° 。将延迟片以大约 $\pm 45^\circ$ 取向是有利的,因为当线偏振光穿过相对于偏振态这样对准的四分之一波长延迟片时产生圆偏振光。在从反射镜反射时,四分之一波长延迟片的其他取向会导致 s 偏振光未完全转换为 p 偏振光以及 p 偏振光未完全转换为 s 偏振光,从而造成在本说明书别处所述的光学元件的效率降低。

[0041] 图 3 示出了抛光的 PBS 300 内的光线路径的俯视图。根据一个实施例,棱镜 110 和 120 的第一、第二、第三和第四棱面 130、140、150、160 为抛光外表面。根据另一个实施例, PBS 100 的所有外表面(包括未示出的端面)均为抛光表面,其在抛光的 PBS 300 内产生倾斜光线的 TIR。抛光的外表面与具有比棱镜 110 和 120 的折射率“ n_2 ”小的折射率“ n_1 ”的材料接触。TIR 提高了抛光的 PBS 300 中的光利用率,尤其是当导向到抛光 PBS300 的光没有沿中心轴准直时,即入射光为会聚光或者发散光时。至少一些光由于全内反射捕获在抛光的 PBS 300 中,直至其通过第三棱面 150 离开。在一些情况下,基本上所有的光都由于全内反射捕获在抛光的 PBS 300 内,直至其通过第三棱面 150 离开。

[0042] 如图 3 所示,光线 L_0 在角度 θ_1 的范围内进入第一棱面 130。抛光的 PBS 300 内的光线 L_1 在角度 θ_2 的范围内传播,使得在棱面 140、160 和端面(未示出)处满足 TIR 条件。光线“AB”、“AC”和“AD”表示通过抛光的 PBS 300 的多个光程中的三个,其在穿过第三棱面 150 射出之前以不同入射角与反射型偏振器 190 相交。另外光线“AB”和“AD”在射出之前均分别在棱面 160 和 140 经历 TIR。应当理解,角度 θ_1 和 θ_2 的范围可以为角锥,以便还可在抛光的 PBS 300 的端面发生反射。在一个实施例中,反射型偏振器 190 被选择为在宽泛的入射角范围有效地将不同偏振的光分离。聚合物多层光学膜特别适于在入射角的宽泛范围内分光。可以使用包括麦克尼尔偏振器和线栅偏振器在内的其他反射型偏振器,但是其在分离偏振光方面效率较低。麦克尼尔偏振器在显著不同于设计角的入射角下不会有效地透射光,该设计角通常关于偏振选择表面成 45° ,或垂直于 PBS 的入射面。利用麦克尼尔偏振器进行偏振光的有效分离可受距法线方向低于约 6 或 7 度的入射角的限制,因为在一些更大角度下可发生 p 偏振态的显著反射,并且在一些更大角度下也可发生 s 偏振态的显著透射。这两种影响均可降低麦克尼尔偏振器的分离有效性。利用线栅偏振器的偏振光的有效分离通常需要邻近线一侧的空气间隙,并且当线栅偏振器沉浸在较高折射率介质中时效率下降。用于分离偏振光的线栅偏振器示于例如 PCT 公开 WO 2008/1002541 中。

[0043] 在一个方面,图 4a-4b 为光学元件的俯视示意图,该光学元件被构造成合色器 400,该合色器 400 包括 PBS 100 和邻近 PBS 100 的第四棱面 160 的反射棱镜 460。合色器 400 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第一和第二光源 440、450 发射的各偏振态的光线路径示于图 4a-4b 中,以更清晰地示出合色器 400 的各个部件的功能。PBS 100 包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 的对角面之间的反射型偏振器 190,如在别处所述。反射棱镜 460 重导向离开 PBS 100 的光的一部分,如在别处所述。反射棱镜 460 包括其间具有 90° 度角的第五棱面 462、第六棱面 464,以及对角棱面 466。反射镜 468 设置为邻近对角棱面 466。反射镜 468 也可类似于如在别处所述的薄膜反射型偏振器的薄膜,并且反射棱镜 460 为不需要的。在一个实施例中,反射棱镜 460 和第二棱镜 120 可为一体光学部件(未示出),例如具有由反射镜 468、反射型偏振器 190 以及第三和第六棱面

150、464 限定的三个侧面的棱镜。

[0044] 第一和第二波长选择型滤光器 410、420 设置为分别面向第二和第一棱面 140、130。第一和第二波长选择型滤光器 410、420 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器,其被选择用于分别透射第一和第二波长谱的光,并反射其他波长谱的光。在一个方面,反射型偏振器 190 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中,反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一和第二颜色选择型二向色滤光器 410、420 的蓝层,如在别处所述。

[0045] 延迟片 220 设置为面向第一和第二颜色选择型二向色滤光器 410、420 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型二向色滤光器 (410、420) 和反射型偏振器 190 配合以通过第三和第六棱面 150、464 透射一种偏振态的光,并且再循环其他偏振态的光,如在别处所述。在下文所述的一个实施例中,合色器 400 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0046] 根据另一方面,可为第一和第二光源 440、450 中的每一个提供任选的光隧道 430 或透镜组件 (未示出),以便提供将光源与偏振分束器分开的间距,以及提供某一准直的光。光隧道可具有直的或弯曲的侧面,或者其可被透镜系统代替。根据每种应用的具体详情,可以优选不同的方法,并且本领域的技术人员将会很容易为具体的应用选择最佳的方法。

[0047] 可在合色器 400 的输出端提供任选积分器 (未示出),以提高组合输出光的均匀度。根据一个方面,每个光源 (440、450) 包括一个或多个发光二极管 (LED)。可以结合合适的集光器或反射器来使用各种光源,例如激光器、激光二极管、有机 LED (OLED) 和诸如超高压 (UHP) 卤素灯或氙灯的非固态光源。可用于本发明的光源、光隧道、透镜和光积分器进一步地描述于例如共同未决的美国专利申请序列号 60/938,834 中,该专利的公开内容以其全文并入到本文中。

[0048] 现在将参照图 4b 来描述第一色光 441 的路径,其中非偏振的第一色光 441 以 p 偏振的第一色光 445 离开第三棱面 150 并且以 p 偏振的第一色光 442 离开第六棱面 464。

[0049] 第一光源 440 使非偏振的第一色光 441 注入穿过第一颜色选择型二向色滤光器 410、四分之一波长延迟片 220、通过第二棱面 140 进入 PBS 100、与反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第一色光 442 和 s 偏振的第一色光 443。p 偏振的第一色光 442 穿过反射型偏振器 190、通过第四棱面 160 离开 PBS 100、通过第五棱面 462 进入反射棱镜 460、从反射镜 468 反射、以 p 偏振的第一色光 442 通过第六棱面 464 离开反射棱镜 460。

[0050] S 偏振的第一色光 443 从反射型偏振器 190 反射、通过第一棱面 130 离开 PBS 100、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 444。圆偏振光 444 从第二颜色选择型二向色滤光器 420 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第一色光 445。p 偏振的第一色光 445 通过第一棱面 130 进入 PBS 100、无改变地穿过反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第一色光 445 通过第三棱面 150 离开 PBS 100。

[0051] 现在将参照图 4a 来描述第二色光 451 的路径,其中非偏振的第二色光 451 以 p 偏振的第二色光 452 离开第三棱面 150 并且以 p 偏振的第二色光 455 离开第六棱面 464。

[0052] 来自第二光源 450 的非偏振的第二色光 451 穿过第二颜色选择型二向色滤光器 420、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130 进入 PBS 100、与反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第二色光 452 和 s 偏振的第二色光 453。p 偏振的第二色光 452 穿过

反射型偏振器 190, 并且以 p 偏振的第二色光 452 通过第三棱面 150 离开 PBS 100。

[0053] s 偏振的第二色光 453 从反射型偏振器 190 反射、通过第二棱面 140 离开 PBS 100、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 454。圆偏振光 454 从第一颜色选择型二向色滤光器 410 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 455。p 偏振的第二色光 455 通过第二棱面 140 进入 PBS 100、无改变地穿过反射型偏振器 190、通过第四棱面 160 离开 PBS 100、通过第五棱面 462 进入反射棱镜 460、从反射镜 468 反射、并且以 p 偏振的第二色光 455 通过第六棱面 464 离开反射棱镜 460。

[0054] 在一个实施例中, 第一色光 441 为绿光, 并且第二色光 451 为洋红光。根据此实施例, 第一颜色选择型二向色滤光器 410 为反射红和蓝 (即, 洋红) 光且透射绿光的二向色滤光器; 第二颜色选择型二向色滤光器 420 为反射绿光且透射洋红光的二向色滤光器。根据此实施例, 第一偏振态的第二色光 451 的蓝色分量被透射两次, 并且第二偏振态的第二色光 451 的蓝色分量被反射型偏振器 190 反射一次。单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射, 其因反射型偏振器 190 的取向而产生, 如在别处所述。

[0055] 在一个方面, 图 5a-5b 为光学元件的俯视图, 该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 的合色器 500。合色器 500 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第一和第二光源 540、550 发射的各种偏振的光线的路径示于图 5a-5b 中, 以更清晰地示出合色器 500 的各个部件的功能。第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 以及 110'、120' 的对角面之间的第一和第二反射型偏振器 190、190', 如在别处所述。在一个实施例中, 第二 PBS 100' 的第一棱镜 110' 和第一 PBS 100 的第一棱镜 110 可为一体光学部件 (未示出), 例如具有由第二反射型偏振器 190'、第一反射型偏振器 190 以及第一棱面 130' 和第二棱面 140 限定的三个侧面的棱镜。

[0056] 第一和第二波长选择型滤光器 510、520 设置为分别面向第一 PBS 100 的第二棱面 140 和第二 PBS 100' 的第一棱面 130'。第一和第二波长选择型滤光器 510、520 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器, 其被选择用于分别透射第一和第二波长谱的光, 并反射其他波长谱的光。在一个方面, 第一和第二反射型偏振器 190、190' 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中, 第一反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 510 的蓝层, 并且第二反射型偏振器 190' 包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 520 的蓝层, 如在别处所述。

[0057] 延迟片 220 设置为面向第一和第二波长选择型滤光器 510、520 中的每一个。延迟片 220、波长选择型滤光器 (510、520) 以及第一和第二反射型偏振器 190、190' 配合以通过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100' 的第三棱面 150' 透射一种偏振态的光并且并且再循环其他偏振态的光, 如在别处所述。在下文所述的一个实施例中, 合色器 500 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0058] 根据另一方面, 可为第一和第二光源 540、550 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件 (未示出), 如在别处参照图 4a-4b 所述, 其公开内容同样适用于图 5a-5b。

[0059] 现在将参照图 5b 来描述第一色光 541 的路径, 其中非偏振的第一色光 541 以 p 偏振的第一色光 542 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第一色光 545 离开第二 PBS 100' 的第三棱面 150'。

[0060] 来自第一光源 540 的非偏振的第一色光 541 穿过第一颜色选择型二向色滤光器 510、四分之一波长延迟片 220、通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、与反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第一色光 542 和 s 偏振的第一色光 543。p 偏振的第一色光 542 穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第一色光 542 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0061] S 偏振的第一色光 543 从第一反射型偏振器 190 反射、通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、从第二反射型偏振器 190' 反射、并且通过第一棱面 130' 离开第二 PBS100'。s 偏振的第一色光 543 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 544、从第二颜色选择型二向色滤光器 520 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第一色光 545。p 偏振的第一色光 545 通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190' 并且以 p 偏振的第一色光 545 通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。

[0062] 现在将参照图 5a 来描述第二色光 551 的路径,其中非偏振的第二色光 551 以 p 偏振的第二色光 555 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第二色光 552 离开第二 PBS 100' 的第三棱面 150'。

[0063] 来自第二光源 550 的非偏振的第二色光 551 穿过第二颜色选择型二向色滤光器 520、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第二色光 552 和 s 偏振的第二色光 553。p 偏振的第二色光 552 穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第二色光 552 通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。

[0064] S 偏振的第二色光 553 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 190 反射并且通过第二棱面 140 离开第一 PBS100。s 偏振的第二色光 553 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 554、从第一颜色选择型二向色滤光器 510 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 555。p 偏振的第二色光 555 通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第二色光 555 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0065] 在一个实施例中,第一色光 541 为绿光,并且第二色光 551 为洋红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 510 为反射红和蓝(即,洋红)光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 520 为反射绿光且透射洋红光的二向色滤光器。根据此实施例,第一偏振态的第二色光 551 的蓝色分量被透射一次并且第二偏振态的第二色光 551 的蓝色分量被反射型偏振器 190、190' 中的每一个反射一次。单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 190、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0066] 在一个方面,图 6a-6c 为光学元件的俯视示意图,该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 的合色器 600。合色器 600 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第一、第二和第三光源 650、660、670 发射的各种偏振的光线的路径示于图 6a-6c 中,以更清晰地示出合色器 600 的各个部件的功能。第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 以及 110'、120' 的对角面之间的第一和第二反射型偏振器 190、190',如在别处所述。在一个实施例中,第二 PBS100' 的第二棱镜 120' 和

第一 PBS 100 的第二棱镜 120 可为一体光学部件（未示出），例如具有由第二反射型偏振器 190'、第一反射型偏振器 190 以及第四棱面 160' 和第三棱面 150 限定的三个侧面的棱镜。

[0067] 第一、第二和第三波长选择型滤光器 610、620、630 设置为分别面向第一 PBS 100 的第一棱面 130、第二 PBS 100' 的第二棱面 140' 和第二 PBS 100' 的第一棱面 130'。第一、第二和第三波长选择型滤光器 610、620、630 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器，其被选择用于分别透射第一、第二和第三波长谱的光，并反射其他波长谱的光。在一个方面，第一和第二反射型偏振器 190、190' 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中，第一反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 610 的蓝层，并且第二反射型偏振器 190' 包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 620 以及第三颜色选择型二向色滤光器 630 的蓝层，如在别处所述。

[0068] 包括宽带反射镜 640 的偏振旋转反射器设置为面向第一 PBS 100 的第二棱面 140。偏振旋转反射器还包括设置在第二棱面 140 和宽带反射镜 640 之间的延迟片 220。宽带反射镜 640 和延迟片 220 用于转换通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100 的光的偏振态，并且将转换了偏振态的光重导向返回到第一 PBS 100 内，如在别处所述。

[0069] 延迟片 220 设置为面向第一、第二和第三颜色选择型滤光器 610、620、630 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型滤光器 (610、620、630) 和第一和第二反射型偏振器 190、190' 配合以通过第一 PBS 100 的第三棱面 150 和第二 PBS 100' 的第四棱面 160' 透射一种偏振态的光并且并且再循环其他偏振态的光，如在别处所述。在下文所述的一个实施例中，合色器 600 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0070] 根据另一方面，可为第一、第二和第三光源 650、660、670 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件（未示出），如在别处参照图 4a-4b 所述，其公开内容同样适用于图 6a-6c。

[0071] 现在将参照图 6c 来描述第一色光 651 的路径，其中非偏振的第一色光 651 以 p 偏振的第一色光 652 离开第一 PBS 100 的第三棱面 150 并且以 p 偏振的第一色光 659 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0072] 来自第一光源 650 的非偏振的第一色光 651 穿过第一颜色选择型二向色滤光器 610、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、与第一反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第一色光 652 和 s 偏振的第一色光 653。p 偏振的第一色光 652 穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第一色光 652 通过第三棱面 150 离开第一 PBS 100。

[0073] S 偏振的第一色光 653 从第一反射型偏振器 190 反射、通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 654、从宽带反射镜 640 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第一色光 655。p 偏振的第一色光 655 通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100、通过第三棱面 150' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且通过第一棱面 130' 离开第二 PBS 100'。p 偏振的第一色光 655 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 656、从第三颜色选择型二向色滤光器 630 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第一色光 657、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、从第二反射型偏振器 190' 反射、并且通过第二棱面 140'

离开第二 PBS 100'。s 偏振的第一色光 657 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 658、从第二颜色选择型二向色滤光器 620 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第一色光 659、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第一色光 659 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0074] 现在将参照图 6b 来描述第二色光 661 的路径,其中非偏振的第二色光 661 以 p 偏振的第二色光 669 离开第一 PBS 100 的第三棱面 150 并且以 p 偏振的第二色光 662 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0075] 来自第二光源 660 的非偏振的第二色光 661 穿过第二颜色选择型二向色滤光器 620、四分之一波长延迟片 220、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第二色光 662 和 s 偏振的第二色光 663。p 偏振的第二色光 662 穿过第二反射型偏振器 190', 并且以 p 偏振的第二色光 662 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0076] S 偏振的第二色光 663 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第一棱面 130' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 664、从第三颜色选择型二向色滤光器 630 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 665、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。p 偏振的第二色光 665 通过第四棱面 160 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 666。圆偏振光 666 从宽带反射镜 640 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第二色光 667、通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 190 反射、并且通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100。s 偏振的第二色光 667 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 668、从第一颜色选择型二向色滤光器 610 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 669 并且通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100。p 偏振的第二色光 669 穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第二色光 669 通过第三棱面 150 离开第一 PBS 100。

[0077] 现在将参照 6a 来描述第三色光 671 的路径,其中非偏振的第三色光 671 以 p 偏振的第三色光 679 离开第一 PBS 100 的第三棱面 150 并且以 p 偏振的第三色光 675 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0078] 来自第三光源 670 的非偏振的第三色光 671 穿过第三颜色选择型二向色滤光器 630、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第三色光 672 和 s 偏振的第三色光 673。p 偏振的第三色光 672 穿过第二反射型偏振器 190'、通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'、通过第四棱面 160 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100。p 偏振的第三色光 672 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 676、从宽带反射镜 640 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第三色光 677、并且通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100。s 偏振的第三色光 677 从第一反射型偏振器 190 反射、通过第一棱面 130 离开第一 PBS100、随着其穿过四分之一波长延迟

片 220 变为圆偏振光 678、从第一颜色选择型二向色滤光器 610 反射以改变圆偏振状态、并且穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 679。p 偏振的第三色光 679 通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第三色光 679 通过第三棱面 150 离开第一 PBS 100。

[0079] S 偏振的第三色光 673 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 674、从第二颜色选择型二向色滤光器 620 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 675。p 偏振的第三色光 675 通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第三色光 675 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0080] 在一个实施例中,第一色光 651 为绿光,第二色光 661 为蓝光,并且第三色光 671 为红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 610 为反射红和蓝光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 620 为反射绿和红光且透射蓝光的二向色滤光器;第三颜色选择型二向色滤光器 630 为反射蓝和绿光且透射红光的二向色滤光器。根据此实施例,第一偏振态的蓝色第二色光 661 通过反射型偏振器 190、190' 中的每一个透射两次,并且第二偏振态的蓝色第二色光 661 被反射型偏振器 190、190' 中的每一个反射一次。单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 190、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0081] 在一个实施例中,也可将第四色光(未示出)注入到合色器 600 中。在此实施例中,偏振旋转反射器包括替代上述宽带反射镜 640 的第四颜色选择型二向色滤光器、任选光隧道以及第四光源,其设置方式类似于图 6a-6c 中所示的第一、第二和第三光源 650、660、670、任选光隧道 430 以及颜色选择型二向色滤光器 610、620、630。第四颜色选择型二向色滤光器反射第一、第二和第三色光 651、661、671,并且透射第四色光(未示出)。在此实施例中,第四色光也以 p 偏振态穿过第一 PBS 100 的第三棱面 150 以及第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0082] 在一个方面,图 7a-7d 为光学元件的俯视示意图,该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 的合色器 700。合色器 700 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第一、第二和第三光源 740、750、760 发射的各种偏振的光线的路径示于图 7a-7c 中,以更清晰地示出合色器 700 的各个部件的功能。任选第四光源 780 的路径示于图 7d 中。第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 以及 110'、120' 的对角面之间的第一和第二反射型偏振器 190、190',如在别处所述。

[0083] 第一、第二和第三波长选择型滤光器 710、720、730 设置为分别面向第一 PBS 100 的第二棱面 140、第二 PBS 100' 的第二棱面 140' 以及第二 PBS 100' 的第一棱面 130'。第一、第二和第三波长选择型滤光器 710、720、730 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器,其被选择用于分别透射第一、第二和第三波长谱的光,并反射其他波长谱的光。在一个方面,第一和第二反射型偏振器 190、190' 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中,第一反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 710 的蓝层,并且第二反射型偏振器 190' 包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 720 以及第三颜色选择型二向色滤光器 730 的蓝层,如在别处所述。

[0084] 延迟片 220 设置为面向第一、第二和第三颜色选择型滤光器 710、720、730 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型滤光器 (710、720、730) 以及第一和第二反射型偏振器 190、190' 配合以通过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100' 的第四棱面 160' 透射一种偏振态的光, 并且再循环其他偏振态的光, 如在别处所述。在下文所述的一个实施例中, 合色器 700 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0085] 合色器 700 还包括设置在第一 PBS 100 的第一棱面 130 和第二 PBS 100' 的第三棱面 150' 之间的半波长延迟片 770。半波长延迟片 770 与第一和第二偏振器 190、190' 配合以转换从其穿过的光的偏振态, 并且另外相对第一偏振态 195 成 45° 取向。

[0086] 根据另一方面, 可为第一、第二和第三光源 740、750、760 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件 (未示出), 如在别处参照图 4a-4b 所述, 其公开内容同样适用于图 7a-7d。

[0087] 现在将参照图 7c 来描述第一色光 741 的路径, 其中非偏振的第一色光 741 以 p 偏振的第一色光 742 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第一色光 748 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0088] 来自第一光源 740 的非偏振的第一色光 741 穿过第一颜色选择型二向色滤光器 710、四分之一波长延迟片 220、通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、与反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第一色光 742 和 s 偏振的第一色光 743。p 偏振的第一色光 742 穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第一色光 742 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0089] S 偏振的第一色光 743 从第一反射型偏振器 190 反射、通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、随着其穿过半波长延迟片 770 变为 p 偏振的第一色光 744、通过第三棱面 150' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且通过第一棱面 130' 离开第二 PBS 100'。p 偏振的第一色光 744 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 745、从第三颜色选择型二向色滤光器 730 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第一色光 746。s 偏振的第一色光 746 通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 747。圆偏振光 747 从第二颜色选择型二向色滤光器 720 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第一色光 748、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第一色光 748 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0090] 现在将参照图 7b 来描述第二色光 751 的路径, 其中非偏振的第二色光 751 以 p 偏振的第二色光 758 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第二色光 752 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0091] 来自第二光源 750 的非偏振的第二色光 751 穿过第二颜色选择型二向色滤光器 720、四分之一波长延迟片 220、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第二色光 752 和 s 偏振的第二色光 753。p 偏振的第二色光 752 穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第二色光 752 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0092] S 偏振的第二色光 753 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第一棱面 130' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 754、从第三颜色选择型二向色滤光器 730 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 755、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。p 偏振的第二色光 755 随着其穿过半波长延迟片 770 变为 s 偏振的第二色光 756、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 190 反射、通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 757。圆偏振光 757 从第一颜色选择型二向色滤光器 710 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第二色光 758、通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第二色光 758 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0093] 现在将参照图 7a 来描述第三色光 761 的路径,其中非偏振的第三色光 761 以 p 偏振的第三色光 768 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第三色光 765 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0094] 来自第三光源 760 的非偏振的第三色光 761 穿过第三颜色选择型二向色滤光器 730、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第三色光 762 和 s 偏振的第三色光 763。p 偏振的第三色光 762 穿过第二反射型偏振器 190'、通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'、并且随着其穿过半波长延迟片 770 变为 s 偏振的第三色光 766。s 偏振的第三色光 766 从第一反射型偏振器 190 反射、通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 767、从第一颜色选择型二向色滤光器 710 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 768。p 偏振的第三色光 768 通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第三色光 768 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0095] S 偏振的第三色光 763 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 764、从第二颜色选择型二向色滤光器 720 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 765。p 偏振的第三色光 765 通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第三色光 765 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0096] 在一个实施例中,第一色光 741 为绿光,第二色光 751 为蓝光,并且第三色光 761 为红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 710 为反射红和蓝光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 720 为反射绿和红光且透射蓝光的二向色滤光器;第三颜色选择型二向色滤光器 730 为反射蓝和绿光且透射红光的二向色滤光器。根据此实施例,第一偏振态的蓝色第二色光 751 通过第二反射型偏振器 190' 透射两次并且通过第一反射型偏振器 190 透射一次;第二偏振态的蓝色第二色光 751 被第二反射型偏振器 190' 和第一反射型偏振器 190 中的每一个反射一次。从每个反射型偏振器的单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 190、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0097] 在一个实施例中,也可将第四色光注入到合色器 700 中,如图 7d 所示。在此实施

例中,可邻近第一 PBS 100 的第三棱面 150 设置任选光隧道 430 和第四光源 780,其设置方式类似于如图 7a-7c 中所示的第一、第二和第三光源 740、750、760 以及任选光隧道 430。在此实施例中,不需要额外的四分之一波长延迟片 220 和额外的颜色选择型二向色滤光器,因为来自第一、第二、或第三光源 740、750、760 的任何光线均不穿过第三棱面 150。在此实施例中,s 偏振的第四色光穿过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。s 偏振的第四色光可通过颜色选择型层叠延迟滤光片旋转成 p 偏振的第四色光,如在别处所述。

[0098] 来自第四色光源 780 的第四色光 781 穿过任选光隧道 430、通过第三棱面 150 进入第一 PBS 100、并且与第一反射型偏振器 190 相交,在该处其分离成 p 偏振的第四色光 782 和 s 偏振的第四色光 783。s 偏振的第四色光 783 从第一反射型偏振器 190 反射并且以 s 偏振的第四色光 783 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0099] P 偏振的第四色光 782 穿过第一反射型偏振器 190、通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、随着其穿过半波长延迟片 770 变为 s 偏振的第四色光 784、通过第三棱面 150' 进入第二 PBS 100、从第二反射型偏振器 190' 反射、并且以 s 偏振的第四色光 784 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0100] 在一个方面,图 8a 为光学元件的俯视示意图,该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 的合色器 800。合色器 800 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第三光源 860 发射的各种偏振的光线的路径示于图 8a 中,以更清晰地示出合色器 800 的各个部件的功能。从第一和第二光源 840、850 发射的各种偏振的光线的路径未示于图 8a 中;然而,这些光程易于根据针对第三光源 860 提供的描述以及针对图 6a-6c 和 7a-7d 中的合色器实施例提供的描述进行确定。

[0101] 第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 包括第一和第二反射型偏振器 890、190'。第一反射型偏振器 890 与第一偏振态 195 成 90 度对准,并且设置在第一和第二棱镜 110、120 的对角面之间,如在别处所述。第二反射型偏振器 190' 对准第一偏振态 195,并且设置在第一和第二棱镜 110'、120' 的对角面之间,如在别处所述。在一个实施例中,第二 PBS 100' 的第二棱镜 120' 和第一 PBS 100 的第一棱镜 110 可为一体光学部件(未示出),例如具有由第二反射型偏振器 190'、第一反射型偏振器 890、第四棱面 160' 和第二棱面 140 限定的四个侧面的平行四边形。

[0102] 第一、第二和第三波长选择型滤光器 810、820、830 设置为分别面向第一 PBS 100 的第二棱面 140、第二 PBS 100' 的第二棱面 140' 和第二 PBS 100' 的第一棱面 130'。第一、第二和第三波长选择型滤光器 810、820、830 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器,其被选择用于分别透射第一、第二和第三波长谱的光,并反射其他波长谱的光。在一个方面,第一和第二反射型偏振器 890、190' 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中,第一反射型偏振器 890 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 810 的蓝层,并且第二反射型偏振器 190' 包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 820 和第三颜色选择型二向色滤光器 830 的蓝层,如在别处所述。

[0103] 延迟片 220 设置为面向第一、第二和第三颜色选择型滤光器 810、820、830 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型滤光器(810、820、830)以及第一和第二反射型偏振器 890、190' 配合以通过第一 PBS 100 的第四棱面 160 透射一种偏振态的光、通过第二 PBS 100' 的

第四棱面 160' 透射其他偏振态的光、并再循环其他偏振态的光,如在别处所述。在下文所述的一个实施例中,合色器 800 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0104] 合色器 800 还包括设置为面向第一 PBS 100 的第四棱面 160 的半波长延迟片 870。半波长延迟片 870 与第一和第二偏振器 890、190' 配合以转换从其穿过的光的偏振态,并且另外相对第一偏振态 195 成 45° 取向。在一个实施例(未示出)中,半波长延迟片可改为邻近第一反射型偏振器 890 设置在第二棱镜 120 的对角面上。来自光源 840、850、860 中的每一个的所得输出光仍与参照示于图 8a 和图 8c 中的构型所述相同。

[0105] 根据另一方面,可为第一、第二和第三光源 840、850、860 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件(未示出),如在别处参照图 4a-4b 所述,其公开内容同样适用于图 8a。

[0106] 现在将参照图 8a 来描述第三色光 861 的路径,其中非偏振的第三色光 861 以 p 偏振的第三色光 868 离开半波长延迟片 870 并且以 p 偏振的第三色光 865 离开第二 PBS100' 的第四棱面 160'。

[0107] 来自第三光源 860 的非偏振的第三色光 861 穿过第三颜色选择型二向色滤光器 830、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第三色光 862 和 s 偏振的第三色光 863。p 偏振的第三色光 862 穿过第二反射型偏振器 190'、通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 890 反射、并且通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100。p 偏振的第三色光 862 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 866、从第一颜色选择型二向色滤光器 810 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第三色光 867。s 偏振的第三色光 867 通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 890、并且通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100、并且随着其穿过半波长延迟片 870 变为 p 偏振的第三色光 868。

[0108] S 偏振的第三色光 863 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 864、从第二颜色选择型二向色滤光器 820 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 865。p 偏振的第三色光 865 通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第三色光 865 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0109] 在一个实施例中,第一光源 840 发射绿光,第二光源 850 发射蓝光,并且第三色光 861 为红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 810 为反射红和蓝光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 820 为反射绿和红光且透射蓝光的二向色滤光器;第三颜色选择型二向色滤光器 830 为反射蓝和绿光且透射红光的二向色滤光器。根据此实施例,来自第二光源 850 的 p 偏振态的蓝色光通过第二反射型偏振器 190' 透射两次并且从第一反射型偏振器 890 反射一次;来自第二光源 850 的 s 偏振态的蓝色光被第二反射型偏振器 190' 反射一次并且通过第一反射型偏振器 890 透射一次。反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 890、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0110] 在一个实施例中,也可将第四色光注入到合色器 800 中,如图 8c 所示。在此实施例中,可邻近第一 PBS 100 的第三棱面 150 设置任选光隧道 430 和第四光源 880,其设置方式

类似于如图 8a 中所示的第一、第二和第三光源 840、850、860 以及任选光隧道 430。在此实施例中,不需要额外的四分之一波长延迟片 220 和额外的颜色选择型二向色滤光器,因为来自第一、第二、或第三光源 840、850、860 的任何光线均不穿过第三棱面 150。在此实施例中,s 偏振的第四色光穿过第一 PBS100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100'的第四棱面 160'。s 偏振的第四色光可通过颜色选择型层叠延迟滤光片旋转成 p 偏振的第四色光,如在别处所述。

[0111] 来自第四色光源 880 的第四色光 881 穿过任选光隧道 430、通过第三棱面 150 进入第一 PBS 100、并且与第一反射型偏振器 890 相交,在该处其分离成 p 偏振的第四色光 883 和 s 偏振的第四色光 882。p 偏振的第四色光 883 从第一反射型偏振器 890 反射、通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100、并且随着其穿过半波长延迟片 870 变为 s 偏振的第四色光 884。

[0112] S 偏振的第四色光 882 穿过第一反射型偏振器 890、通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、从第二反射型偏振器 190'反射、并且以 s 偏振的第四色光 882 通过第四棱面 160'离开第二 PBS 100'。

[0113] 在一个方面,图 8b 为光学元件的俯视示意图,该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100'的合色器 801。合色器 801 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第三光源 860 发射的各种偏振的光线的路径示于图 8b 中,以更清晰地示出合色器 801 的各个部件的功能。从第一和第二光源 840、850 发射的各种偏振的光线的路径未示于图 8b 中;然而,这些光程易于根据针对第三光源 860 提供的描述以及针对图 6a-6c 和 7a-7d 中的合色器实施例提供的描述进行确定。

[0114] 第一 PBS 100 和第二 PBS 100'包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 以及 110'、120'的对角面之间的第一和第二反射型偏振器 190、190',如在别处所述。在一个实施例中,第二 PBS100'的第二棱镜 120'和第一 PBS 100 的第一棱镜 110 可为一体光学部件(未示出),例如具有由第二反射型偏振器 190'、半波长延迟片 870、第四棱面 160'和第二棱面 140 限定的四个侧面的平行四边形。

[0115] 第一、第二和第三波长选择型滤光器 810、820、830 设置为分别面向第一 PBS 100 的第二棱面 140、第二 PBS 100'的第二棱面 140'和第二 PBS 100'的第一棱面 130'。第一、第二和第三波长选择型滤光器 810、820、830 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器,其被选择用于分别透射第一、第二和第三波长谱的光,并反射其他波长谱的光。在一个方面,第一和第二反射型偏振器 190、190'可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中,第一反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 810 的蓝层,并且第二反射型偏振器 190'包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 820 和第三颜色选择型二向色滤光器 830 的蓝层,如在别处所述。

[0116] 延迟片 220 设置为面向第一、第二和第三颜色选择型滤光器 810、820、830 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型滤光器(810、820、830)以及第一和第二反射型偏振器 190、190'配合以通过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100'的第四棱面 160'透射一种偏振态的光,并且再循环其他偏振态的光,如在别处所述。在下文所述的一个实施例中,合色器 801 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45°取向的四分之一波长延迟片。

[0117] 合色器 801 还包括设置在第一反射型偏振器 190、190'之间、邻近第一反射型偏振

器 190 和第一棱镜 110 的对角面的半波长延迟片 870。半波长延迟片 870 与第一和第二偏振器 190、190' 配合以转换从其穿过的光的偏振态,并且另外相对第一偏振态 195 成 45° 取向。在一个实施例(未示出)中,半波长延迟片改为设置在第一 PBS 100 的第一棱面 130 和第二 PBS 100' 的第三棱面 150' 之间。来自光源 840、850、860 中的每一个的所得输出光仍与参照示于图 8b 和图 8d 中的构型所述相同。

[0118] 根据另一方面,可为第一、第二和第三光源 840、850、860 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件(未示出),如在别处参照图 4a-4b 所述,其公开内容同样适用于图 8b。

[0119] 现在将参照图 8b 来描述第三色光 861 的路径,其中非偏振的第三色光 861 以 p 偏振的第三色光 869 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 p 偏振的第三色光 865 离开第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。

[0120] 来自第三光源 860 的非偏振的第三色光 861 穿过第三颜色选择型二向色滤光器 830、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第三色光 862 和 s 偏振的第三色光 863。p 偏振的第三色光 862 穿过第二反射型偏振器 190'、通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、穿过半波长延迟片 870 变为 s 偏振的第三色光(未示出)、从第一反射型偏振器 190 反射、再次穿过半波长延迟片 870 变为 p 偏振的第三色光 866、并且通过第二棱面 140 离开第一 PBS 100。p 偏振的第三色光 866 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 867、从第一颜色选择型二向色滤光器 810 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第三色光 868。s 偏振的第三色光 868 通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过半波长延迟片 870 变为 p 偏振的第三色光 869、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第三色光 869 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0121] S 偏振的第三色光 863 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 864、从第二颜色选择型二向色滤光器 820 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 865。p 偏振的第三色光 865 通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且以 p 偏振的第三色光 865 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0122] 在一个实施例中,第一光源 840 发射绿光,第二光源 850 发射蓝光,并且第三色光 861 为红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 810 为反射红和蓝光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 820 为反射绿和红光且透射蓝光的二向色滤光器;第三颜色选择型二向色滤光器 830 为反射蓝和绿光且透射红光的二向色滤光器。根据此实施例,来自第二光源 850 的 p 偏振态的蓝色光通过第二反射型偏振器 190' 透射两次并且通过第一反射型偏振器 190 透射一次;来自第二光源 850 的 s 偏振态的蓝色光被第二反射型偏振器 190' 反射一次并且被第一反射型偏振器 190 反射一次。单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 190、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0123] 在一个实施例中,也可将第四色光注入到合色器 801 中,如图 8d 所示。在此实施例中,可邻近第一 PBS 100 的第三棱面 150 设置任选光隧道 430 和第四光源 890,其设置方式类似于如图 8b 中所示的第一、第二和第三光源 840、850、860 以及任选光隧道 430。在此实

施例中,不需要额外的四分之一波长延迟片 220 和额外的颜色选择型二向色滤光器,因为来自第一、第二、或第三光源 840、850、860 的任何光线均不穿过第三棱面 150。在此实施例中,s 偏振的第四色光穿过第一 PBS100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100'的第四棱面 160'。s 偏振的第四色光可通过颜色选择型层叠延迟滤光片旋转成 p 偏振的第四色光,如在别处所述。

[0124] 来自第四色光源 890 的第四色光 891 穿过任选光隧道 430、通过第三棱面 150 进入第一 PBS 100、并且与第一反射型偏振器 190 相交。s 偏振的第四色光 893 从第一反射型偏振器 190 反射并且通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。p 偏振的第四色光穿过第一反射型偏振器 190 并且随着其穿过半波长延迟片 870 变为 s 偏振的第四色光 892。s 偏振的第四色光 892 通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、通过第三棱面 150' 进入第二 PBS 100'、从第二反射型偏振器 190' 反射、并且以 s 偏振的第四色光 892 通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。

[0125] 在一个方面,图 9a-9c 为光学元件的俯视图示意图,该光学元件被构造成包括第一 PBS 100 和第二 PBS 100'的合色器 900。合色器 900 可与在别处描述的多种光源一起使用。从第一和第二光源 940、950 发射的各种偏振的光线的路径示于图 9a-9b 中,以更清晰地示出合色器 900 的各个部件的功能。任选第三光源 960 的路径示于图 9c 中。第一 PBS 100 和第二 PBS 100' 包括对准第一偏振态 195、设置在第一和第二棱镜 110、120 以及 110'、120' 的对角面之间的第一和第二反射型偏振器 190、190',如在别处所述。在一个实施例中,第二 PBS 100' 的第一棱镜 110' 和第一 PBS 100 的第一棱镜 110 可为一体光学部件(未示出),例如具有由第二反射型偏振器 190'、第一反射型偏振器 190 以及第一棱面 130' 和第二棱面 140 限定的三个侧面的棱镜。

[0126] 第一和第二波长选择型滤光器 910、920 设置为分别面向第一 PBS100 的第三棱面 150 和第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。第一和第二波长选择型滤光器 910、920 中的每一个可为颜色选择型二向色滤光器,其被选择用于分别透射第一和第二波长谱的光,并反射其他波长谱的光。在一个方面,第一和第二反射型偏振器 190、190' 可包括聚合物多层光学膜。在一个实施例中,第一反射型偏振器 190 包括设置为靠近第一颜色选择型二向色滤光器 910 的蓝层,并且第二反射型偏振器 190' 包括设置为靠近第二颜色选择型二向色滤光器 920 的蓝层,如在别处所述。

[0127] 延迟片 220 设置为面向第一和第二颜色选择型二向色滤光器 910、920 中的每一个。延迟片 220、颜色选择型二向色滤光器 (910、920) 以及第一和第二反射型偏振器 190、190' 配合以通过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100' 的第三棱面 150' 透射一种偏振态的光,并且再循环其他偏振态的光,如在别处所述。在下文所述的一个实施例中,合色器 900 中的各个延迟片 220 均为相对第一偏振态 195 成 45° 取向的四分之一波长延迟片。

[0128] 根据另一方面,可为第一和第二光源 940、950 中的每一个提供任选光隧道 430 或透镜组件(未示出),如在别处参照图 4a-4b 所述,其公开内容同样适用于图 9a-9c。

[0129] 现在将参照图 9b 来描述第一色光 941 的路径,其中非偏振的第一色光 941 以 s 偏振的第一色光 943 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 s 偏振的第一色光 945 离开第二 PBS 100' 的第三棱面 150'。

[0130] 来自第一光源 940 的非偏振的第一色光 941 穿过第一颜色选择型二向色滤光器 910、四分之一波长延迟片 220、通过第三棱面 150 进入第一 PBS 100、与第一反射型偏振器 190 相交、并且分离成 p 偏振的第一色光 942 和 s 偏振的第一色光 943。s 偏振的第一色光 943 从第一反射型偏振器 190 反射、并且以 s 偏振的第一色光 943 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0131] P 偏振的第一色光 942 穿过第一反射型偏振器 190、通过第一棱面 130 离开第一 PBS 100、通过第二棱面 140' 进入第二 PBS 100'、穿过第二反射型偏振器 190'、并且通过第四棱面 160' 离开第二 PBS 100'。p 偏振的第一色光 942 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 944、从第二颜色选择型二向色滤光器 920 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第一色光 945。s 偏振的第一色光 945 通过第四棱面 160' 进入第二 PBS 100'、从第二反射型偏振器 190' 反射、并且以 s 偏振的第一色光 945 通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。

[0132] 现在将参照图 9a 来描述第二色光 951 的路径,其中非偏振的第二色光 951 以 s 偏振的第二色光 955 离开第一 PBS 100 的第四棱面 160 并且以 s 偏振的第二色光 953 离开第二 PBS 100' 的第三棱面 150'。

[0133] 来自第二光源 950 的非偏振的第二色光 951 穿过第二颜色选择型二向色滤光器 920、四分之一波长延迟片 220、通过第四棱面 160' 进入第二 PBS 100'、与第二反射型偏振器 190' 相交、并且分离成 p 偏振的第二色光 952 和 s 偏振的第二色光 953。s 偏振的第二色光 953 从第二反射型偏振器 190' 反射、并且以 s 偏振的第二色光 953 通过第三棱面 150' 离开第二 PBS 100'。

[0134] P 偏振的第二色光 952 穿过第二反射型偏振器 190'、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且通过第三棱面 150 离开第一 PBS 100。p 偏振的第二色光 952 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 954、从第一颜色选择型二向色滤光器 910 反射以改变圆偏振状态、并且随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 s 偏振的第二色光 955。s 偏振的第二色光 955 通过第三棱面 150 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 190 反射、并且以 s 偏振的第二色光 955 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0135] 在一个实施例中,第一色光 941 为绿光,并且第二色光 951 为洋红光。根据此实施例,第一颜色选择型二向色滤光器 910 为反射红和蓝(即,洋红)光且透射绿光的二向色滤光器;第二颜色选择型二向色滤光器 920 为反射绿光且透射洋红光的二向色滤光器。根据此实施例,第一偏振态的第二色光 951 的蓝色分量被反射型偏振器 190、190' 中的每一个透射一次;第二偏振态的第二色光 951 的蓝色分量被反射型偏振器 190、190' 中的每一个反射一次。单次反射优选地为来自蓝层的前表面反射,其因反射型偏振器 190、190' 的取向而产生,如在别处所述。

[0136] 在一个实施例中,也可将第三色光注入到合色器 900 中,如图 9c 所示。在此实施例中,可邻近第二 PBS 100' 的第一棱面 130' 设置四分之一波长延迟片 220、第三颜色选择型二向色滤光器、任选光隧道以及第三光源,其设置方式类似于图 9a-9b 中所示的第一和第二光源 940、950、任选光隧道 430、颜色选择型二向色滤光器 910、920 以及四分之一波长延迟片 220。诸如宽带反射镜 970 之类的偏振旋转反射器以及四分之一波长延迟片 220 设

置为面向第一 PBS 100 的第二棱面 140。在此实施例中,来自第一或第二光源 940、950 的任何光线均未穿过第二 PBS100' 的第一棱面 130'、或穿过第一 PBS 100 的第二棱面 140。

[0137] 在此实施例中, p 偏振的第三色光穿过第一 PBS 100 的第四棱面 160 和第二 PBS 100' 的第四棱面 160'。p 偏振的第三色光可通过颜色选择型层叠延迟滤光片旋转成 s 偏振的第三色光,如在别处所述。

[0138] 来自第三色光源 960 的非偏振的第三色光 961 穿过任选光隧道 430、第三颜色选择型二向色滤光器 930、四分之一波长延迟片 220、通过第一棱面 130' 进入第二 PBS 100'、并且与第二反射型偏振器 190' 相交,在该处其分离成 p 偏振的第三色光 962 和 s 偏振的第三色光 963。p 偏振的第三色光 962 离开第二 PBS 100' 的第三棱面 150'。

[0139] S 偏振的第三色光 963 从第二反射型偏振器 190' 反射、通过第二棱面 140' 离开第二 PBS 100'、通过第一棱面 130 进入第一 PBS 100、从第一反射型偏振器 190 反射并且通过第二棱面 140 离开第一 PBS100。s 偏振的第三色光 963 随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为圆偏振光 964、从宽带反射镜 970 反射以改变圆偏振状态、随着其穿过四分之一波长延迟片 220 变为 p 偏振的第三色光 965、通过第二棱面 140 进入第一 PBS 100、穿过第一反射型偏振器 190、并且以 p 偏振的第三色光 965 通过第四棱面 160 离开第一 PBS 100。

[0140] 在另一个实施例中,也可将第四色光(未示出)注入到合色器 900 中。在此实施例中,宽带反射镜 970 被取代为第四颜色选择型二向色滤光器 970、任选光隧道 430 和第四光源(未示出),其设置方式类似于图 9a-9c 中所示的光源 940、950、960、任选光隧道 430、四分之一波长延迟片 220 以及颜色选择型二向色滤光器 910、920、930。第三颜色选择型二向色滤光器 930 反射第四色光(未示出)并且透射第三色光 961;第四颜色选择型二向色滤光器 970 反射第三色光 961 并且透射第四色光(未示出)。在此实施例中,第四色光也以 p 偏振态穿过第二 PBS 100' 的第三棱面 150' 和第一 PBS 100 的第四棱面 160。

[0141] 色光组合系统中的光源可按顺序通电,如在共同未决的美国专利申请序列号 60/638834 中所述。根据一个方面,时序与接收来自色光组合系统的组合输出光的投影系统中的透射型或反射型成像装置同步。根据一个方面,以足够快的速率来重复该时序,使得避免了投影图像出现闪烁,并且避免了投影视频图像中出现诸如色断的运动伪影。

[0142] 图 10 示出包括三色光组合系统 1002 的投影仪 1000。三色光组合系统 1002 在输出区域 1004 提供组合输出光。在一个实施例中,输出区域 1004 的组合输出光被偏振。输出区域 1004 的组合输出光穿过光引擎光学件 1006 到达投影光学件 1008。

[0143] 光引擎光学件 1006 包括透镜 1022、1024 和反射器 1026。投影光学件 1008 包括透镜 1028、PBS 1030 和投影透镜 1032。投影透镜 1032 中的一个或多个可相对 PBS 1030 移动,以实现投影图像 1012 的对焦调节。反射型成像装置 1010 调节投影光学件中的光的偏振态,使得穿过 PBS 1030 并进入投影透镜的光的强度将被调节以产生投影图像 1012。控制电路 1014 连接到反射型成像装置 1010 以及光源 1016、1018 和 1020,以将反射型成像装置 1010 的操作与光源 1016、1018 和 1020 的时序同步。在一个方面,输出区域 1004 处组合光的第一部分被引导穿过投影光学件 1008,且组合输出光的第二部分可通过输出区域 1004 循环返回到合色器 1002 内。组合光的第二部分可通过(例如)反射镜、反射型偏振器、反射型 LCD 等的反射而循环返回到合色器内。图 10 中所示的布置是示例性的,并且所公开的光组合系统也可与其它投影系统一起使用。根据一个可供选择的方面,可以使用透

射型成像装置。

[0144] 根据一个方面,如上文所述的色光组合系统生成三色(白色)输出。该系统具有高效率的原因在于,具有反射型偏振膜的偏振分束器的偏振性质(对 s 偏振光的反射和对 p 偏振光的透射)对于大范围的光源入射角的敏感性低。另外的准直组件可以用于提高合色器内光源的光的准直。在没有一定程度的准直的情况下,将存在如下方面导致的大量光损失:取决于入射角(AOI)的二向色性反射的变化、TIR 的损失或增加的阻止 TIR 的短暂连接和/或 PBS 内的劣化的偏振鉴别度和功能。在本公开中,偏振分束器用作光管,用于使光由于全内反射而被包含并且只通过所需表面射出。

[0145] 尽管已经结合优选的实施例描述了本发明,但是本领域中的熟练工人将认识到,在不脱离本发明的精神和范围的前提下,可以进行形式和细节的修改。

[0146] 除非另外指明,否则在说明书和权利要求中使用的表示部件的尺寸、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所提出的数值参数为近似值,可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。

[0147] 除了与本公开可能直接抵触的程度,本文引用的所有参考文献及出版物都明确地以引用方式全文并入本文中。虽然本文已经示出和描述了一些具体实施例,但本领域的普通技术人员应当理解,在不脱离本发明范围的情况下,可以用多种替代和/或等同实现方式来代替所示出和描述的具体实施例。本专利申请旨在涵盖本文所讨论的具体实施例的任何修改或变型。因此,本发明仅受权利要求书及其等同内容的限制。

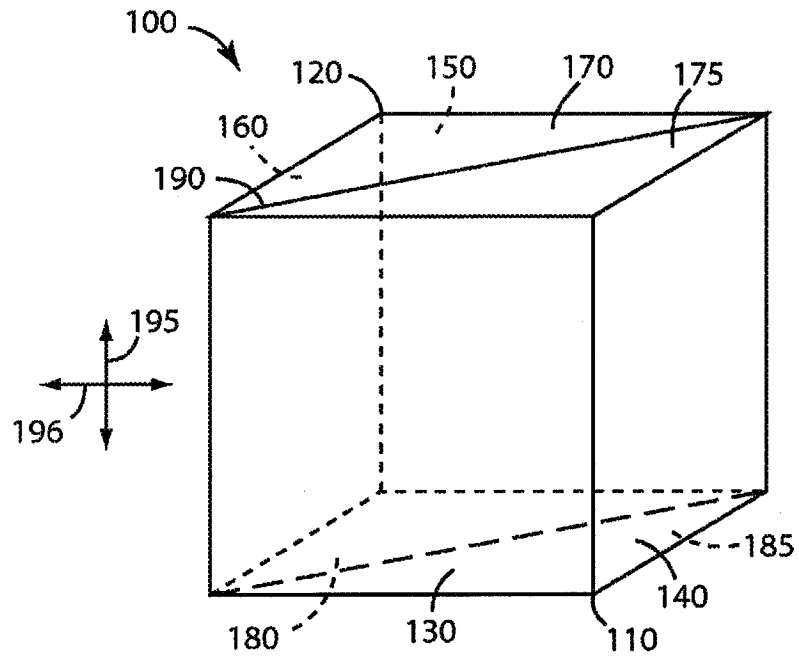


图 1

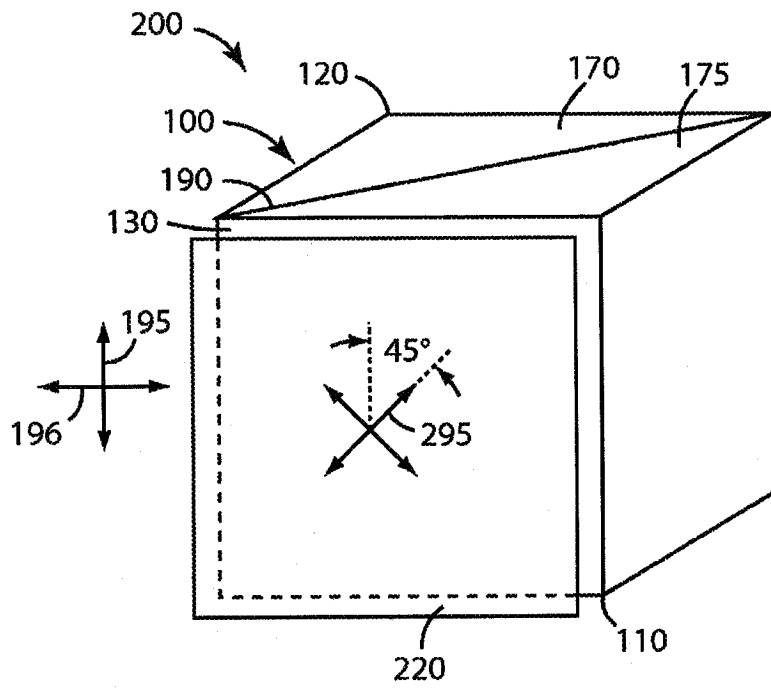


图 2

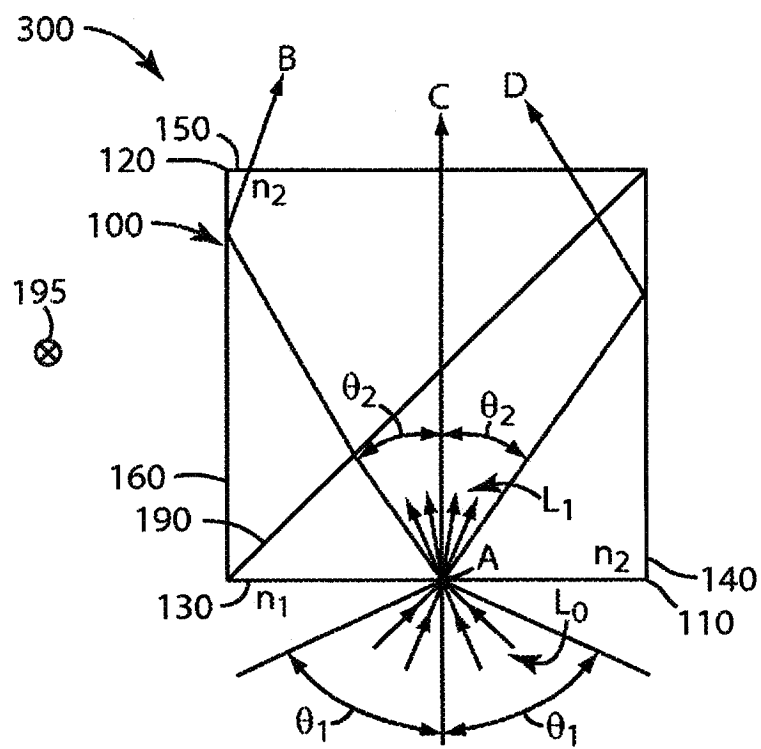


图 3

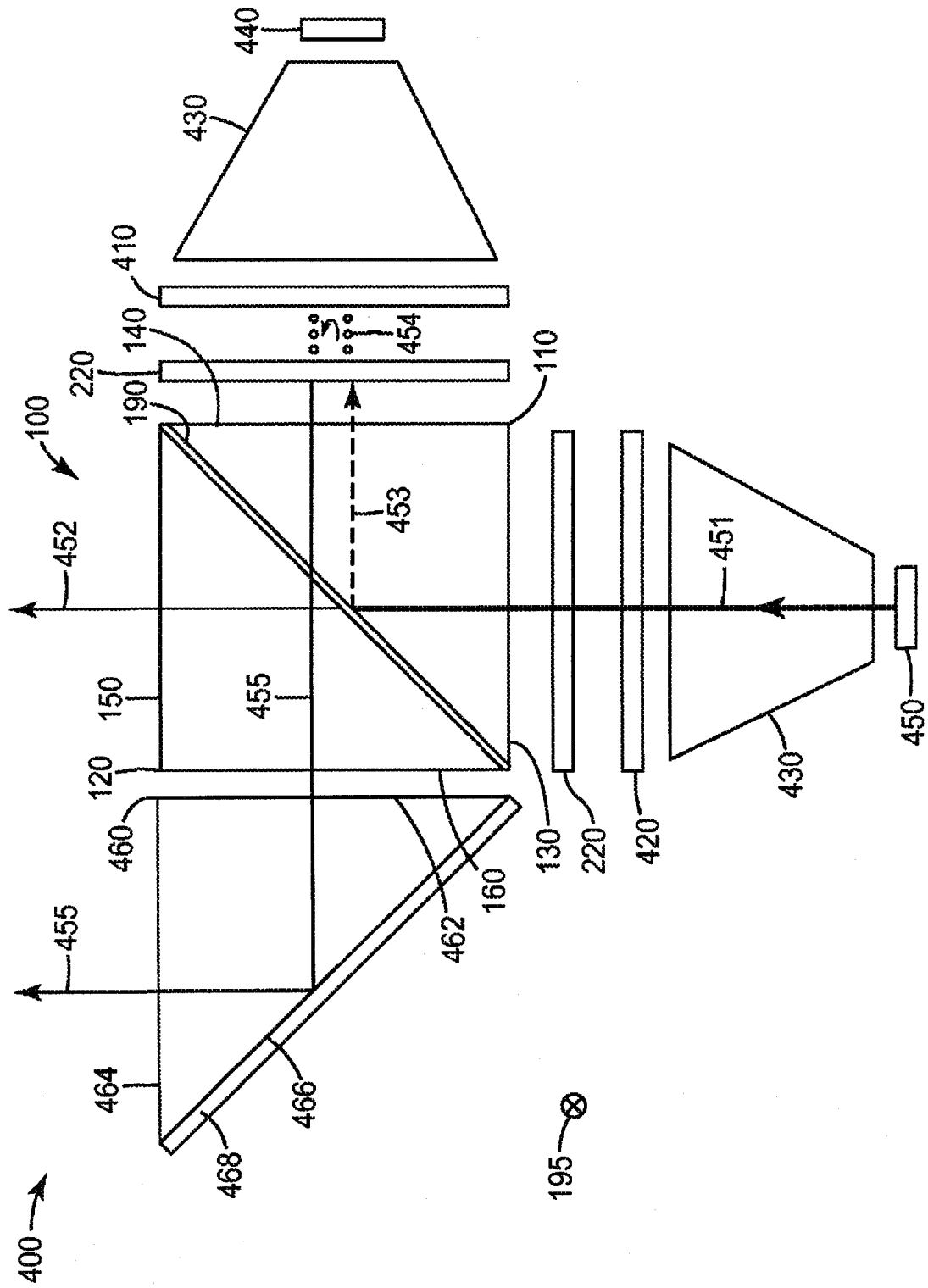


图 4a

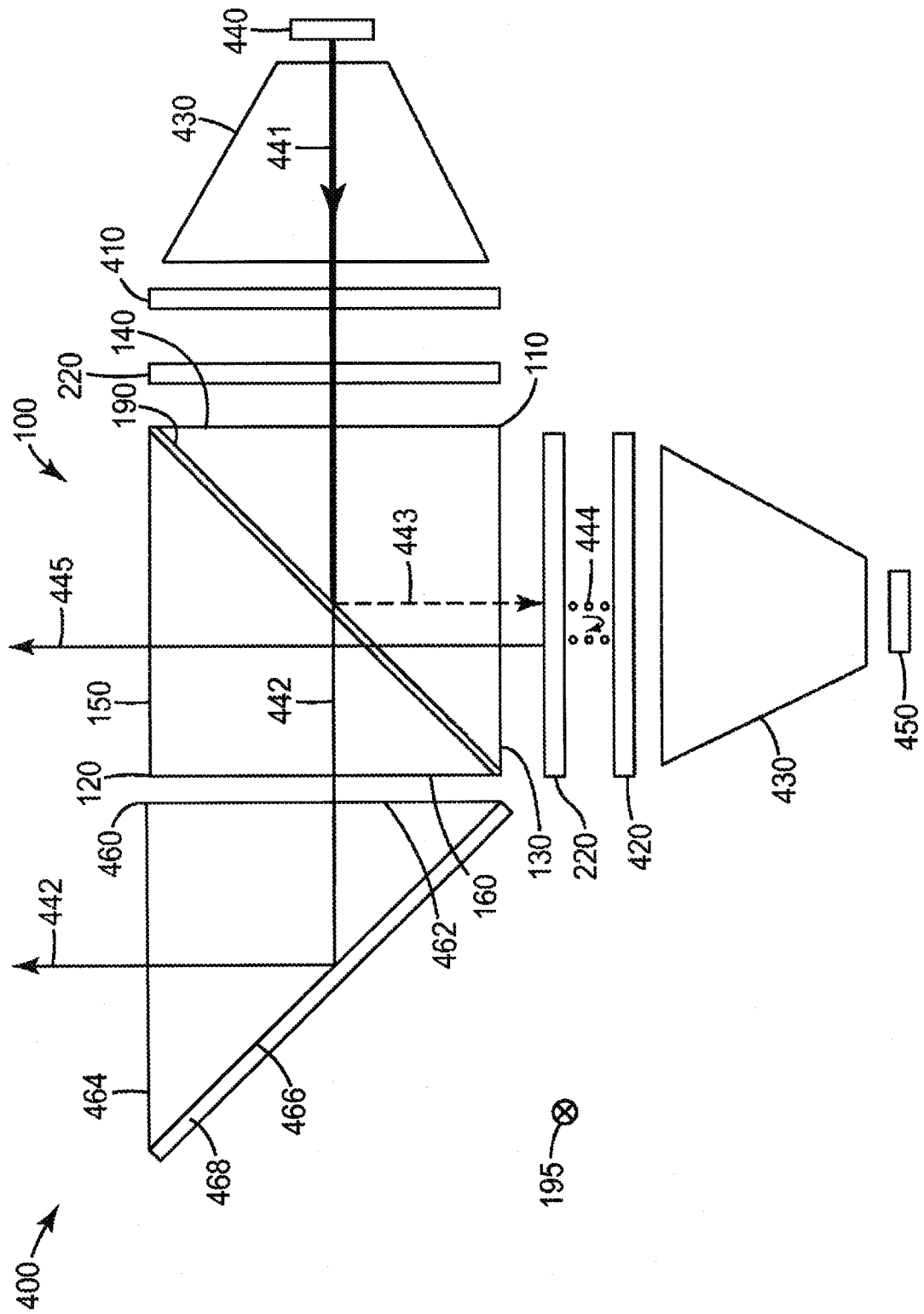


图 4b

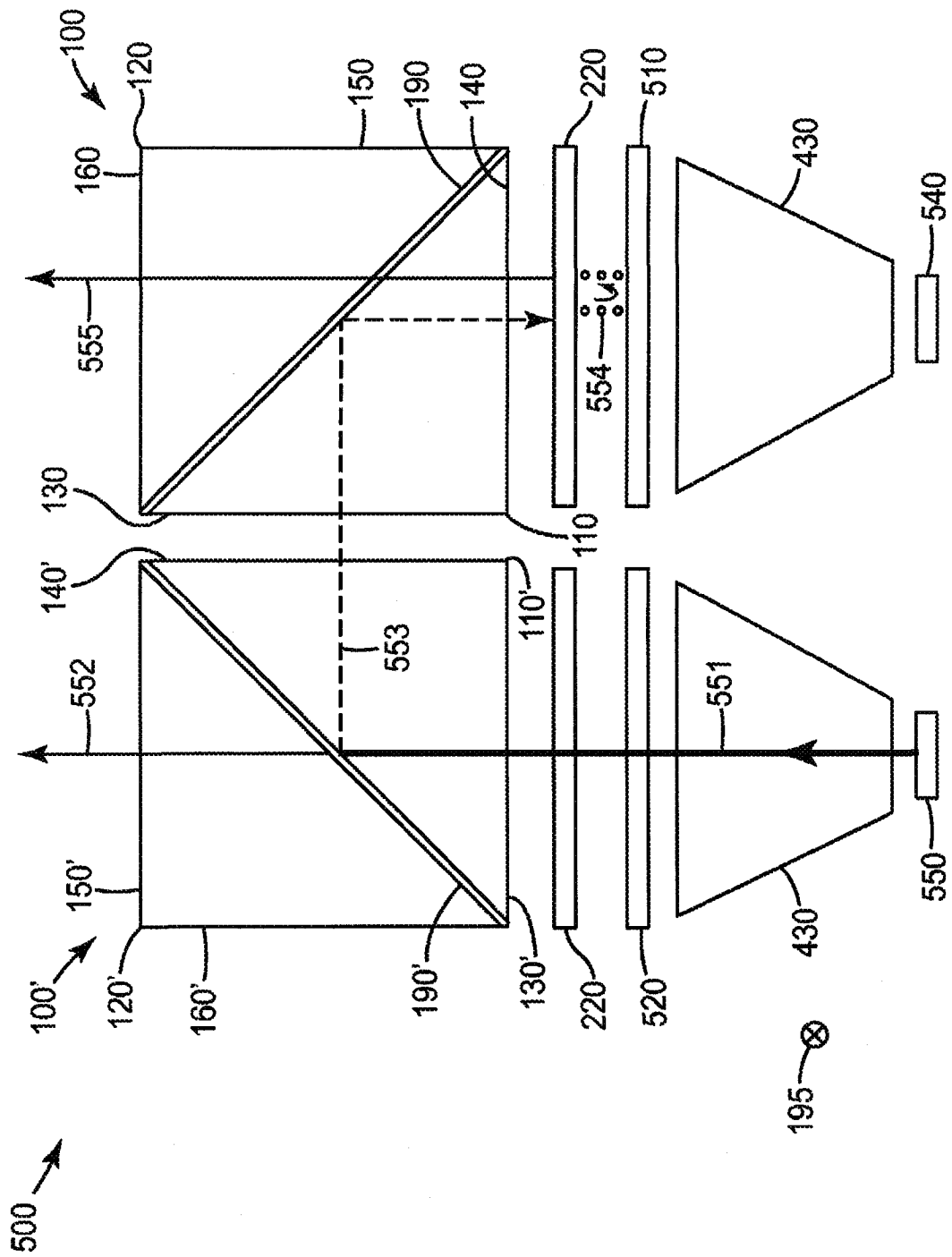


图 5a

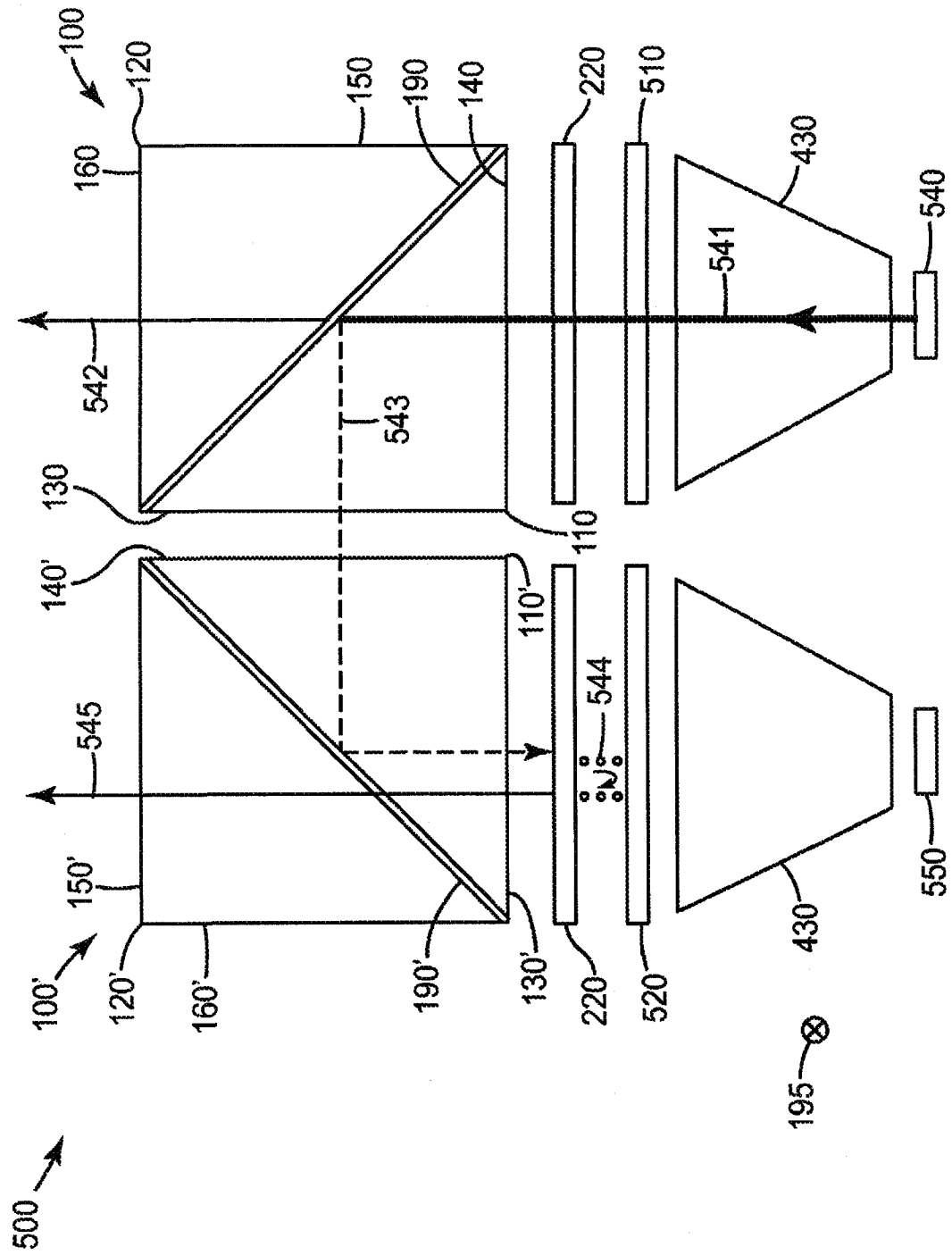


图 5b

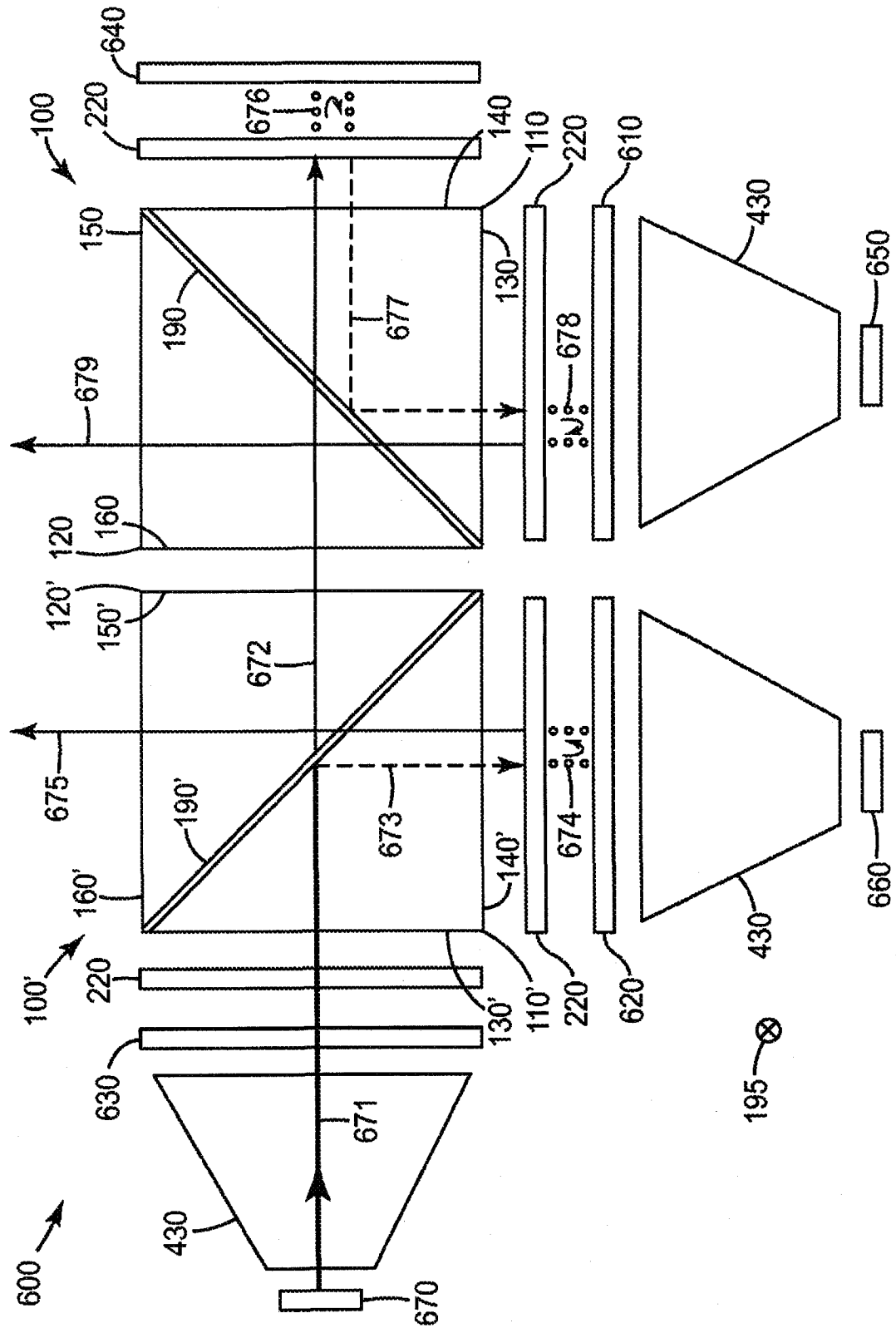


图 6a

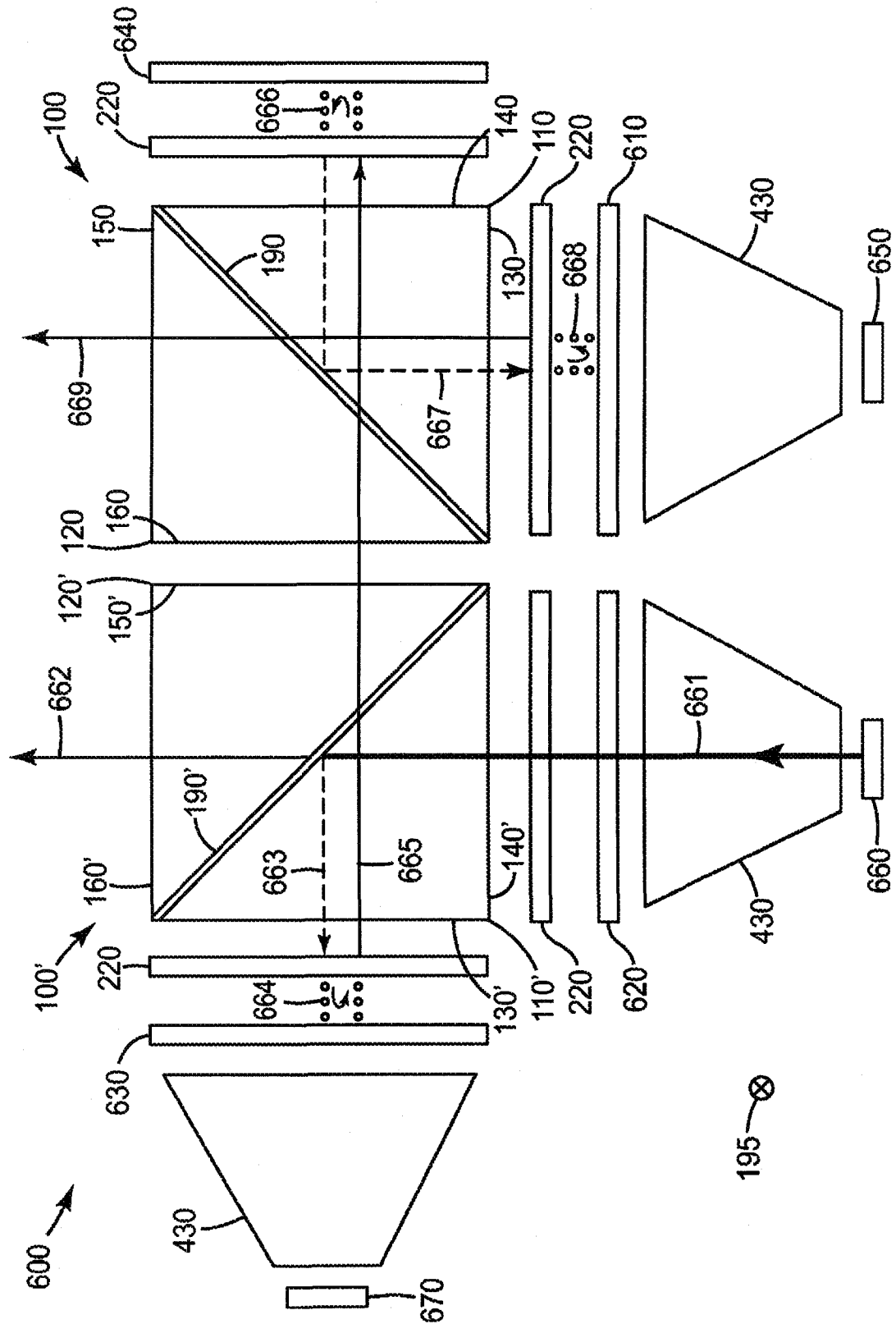


图 6b

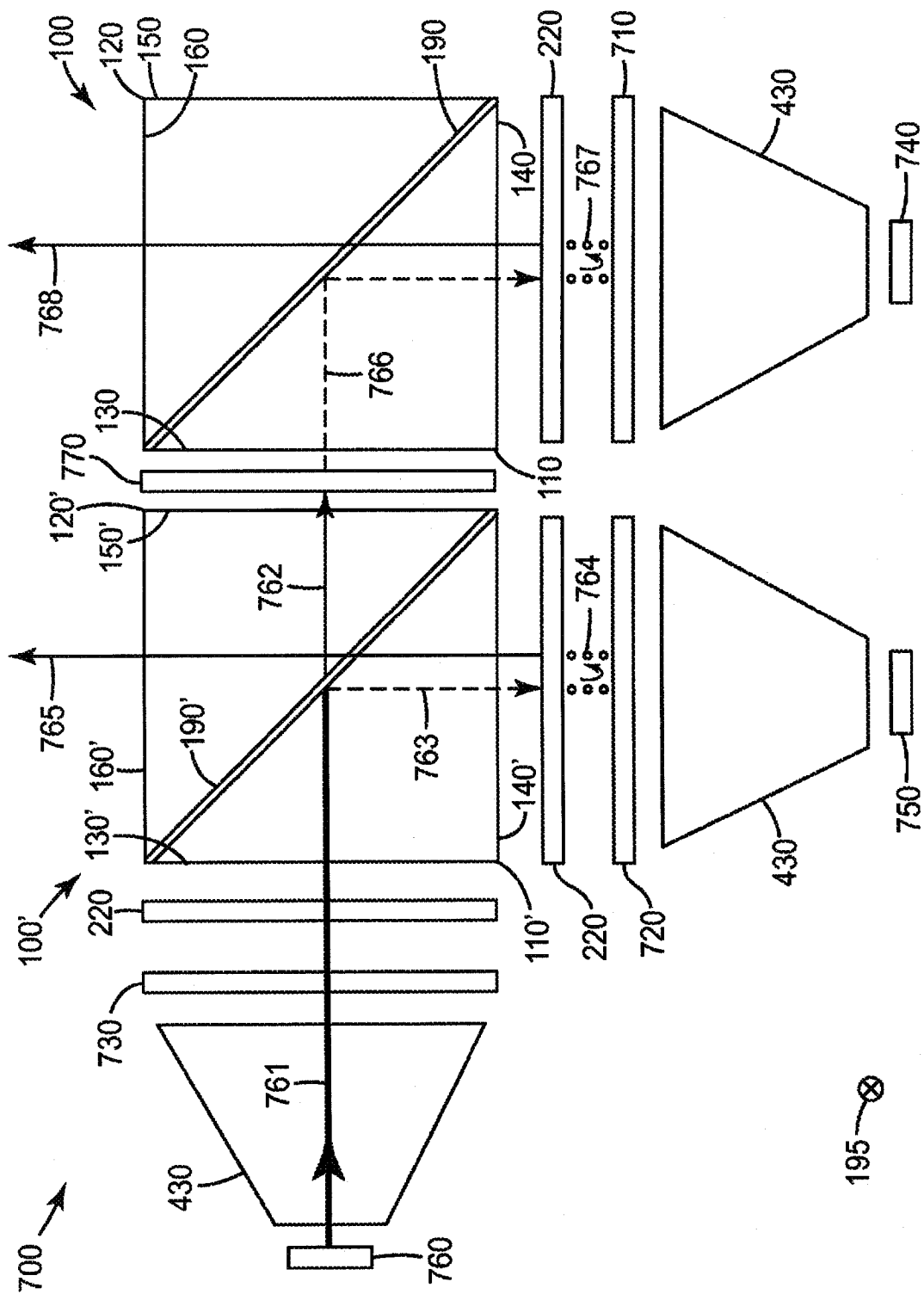


图 7a

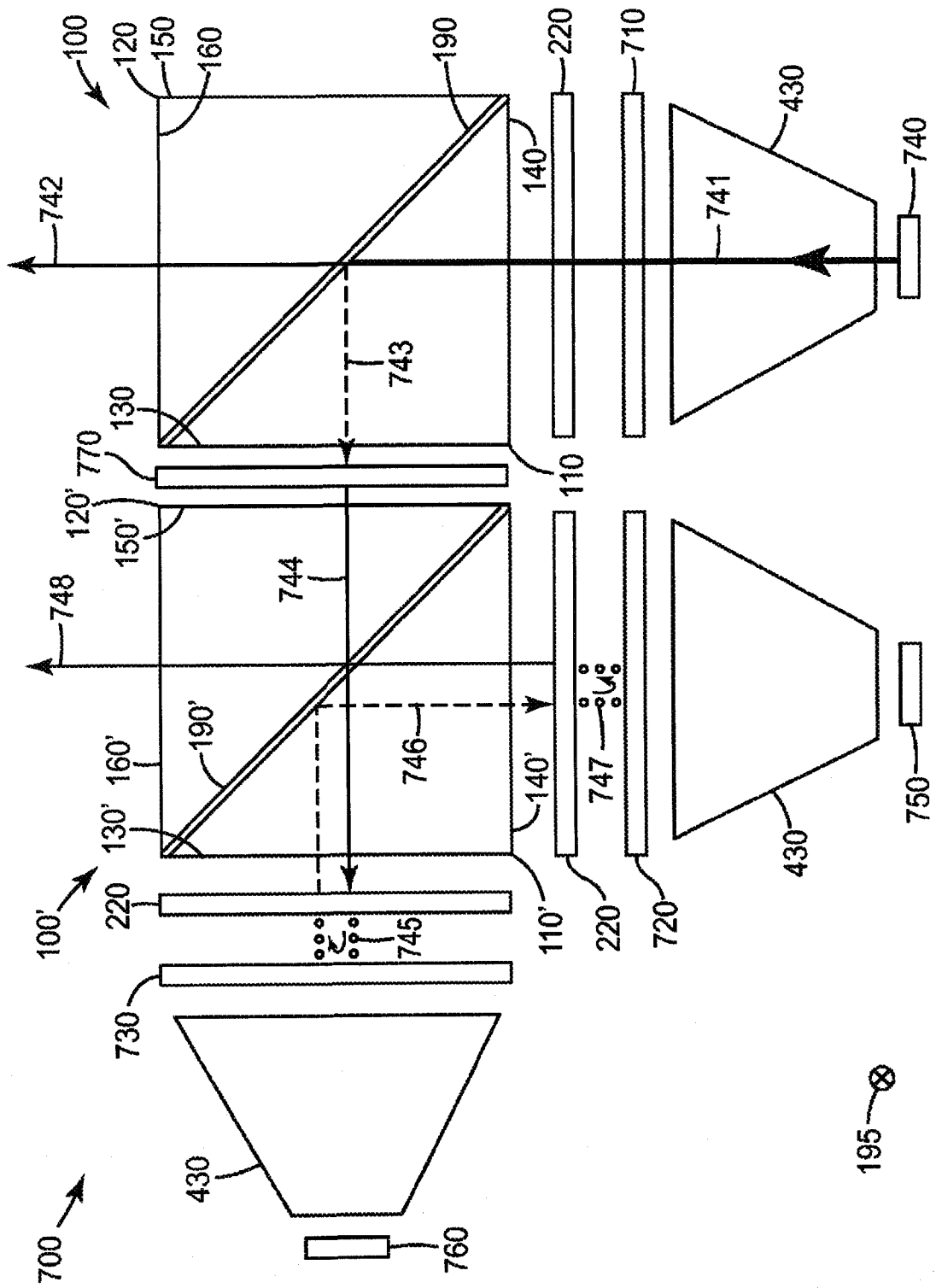


图 7c

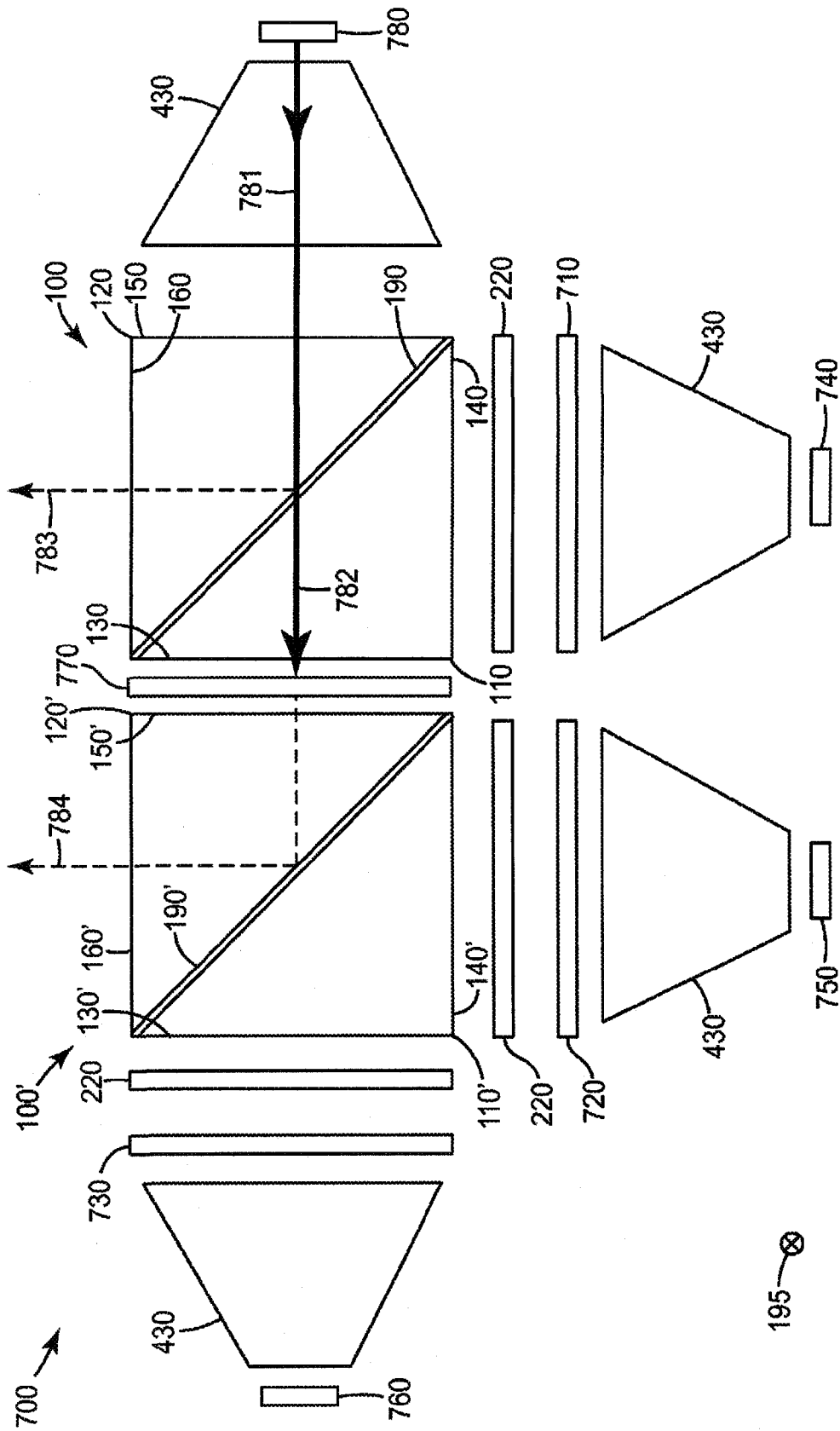


图 7d

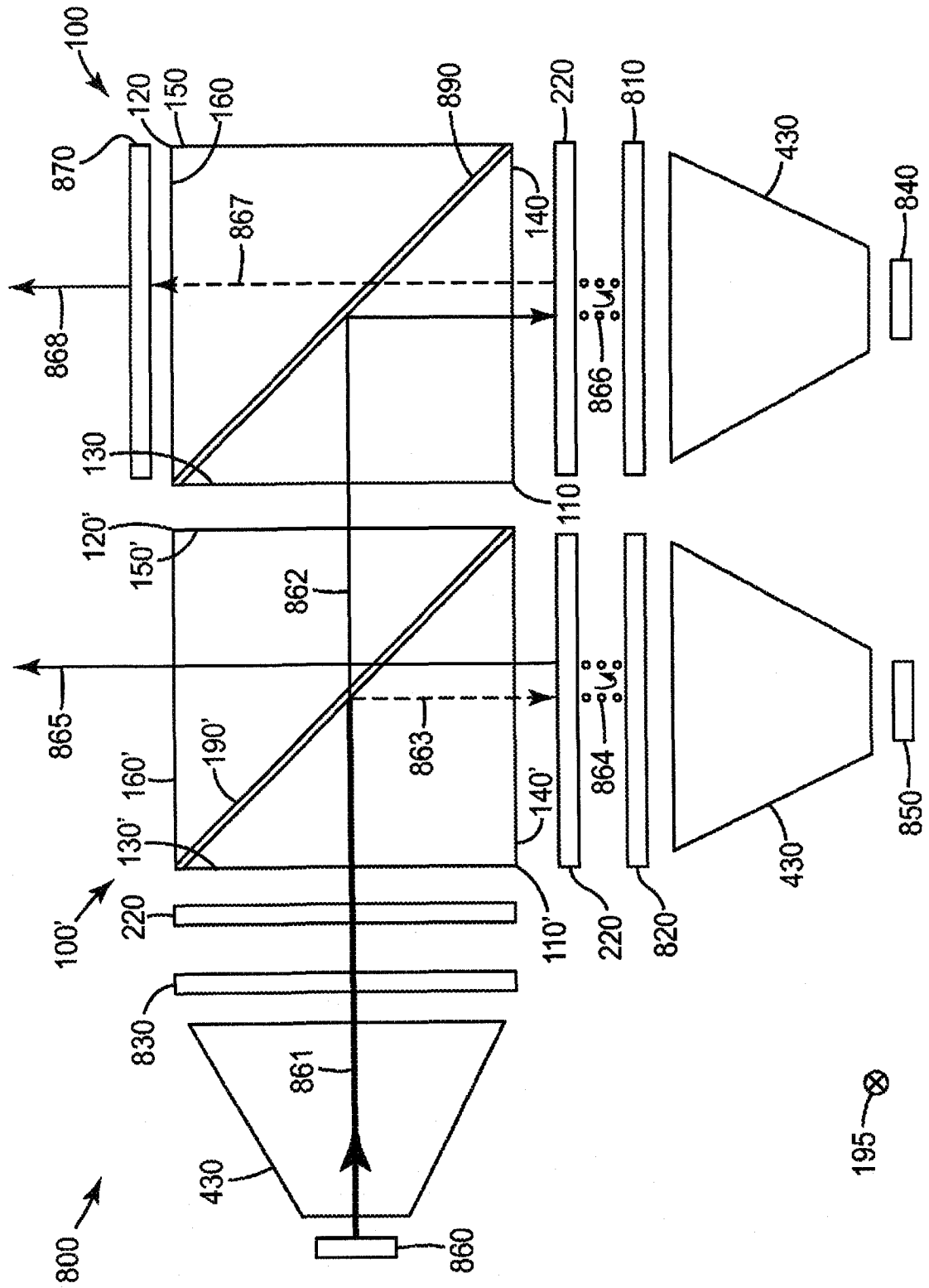


图 8a

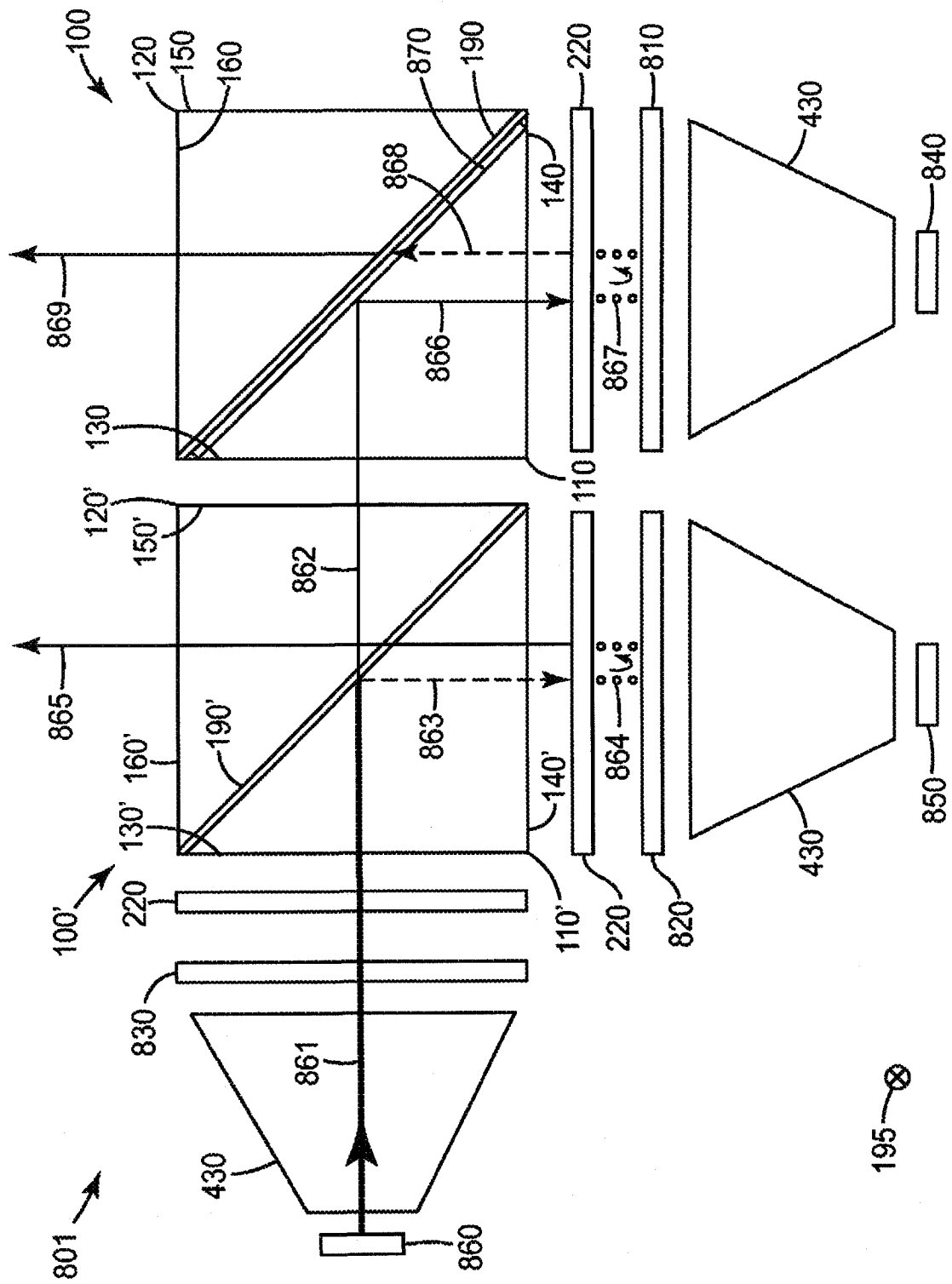


图 8b

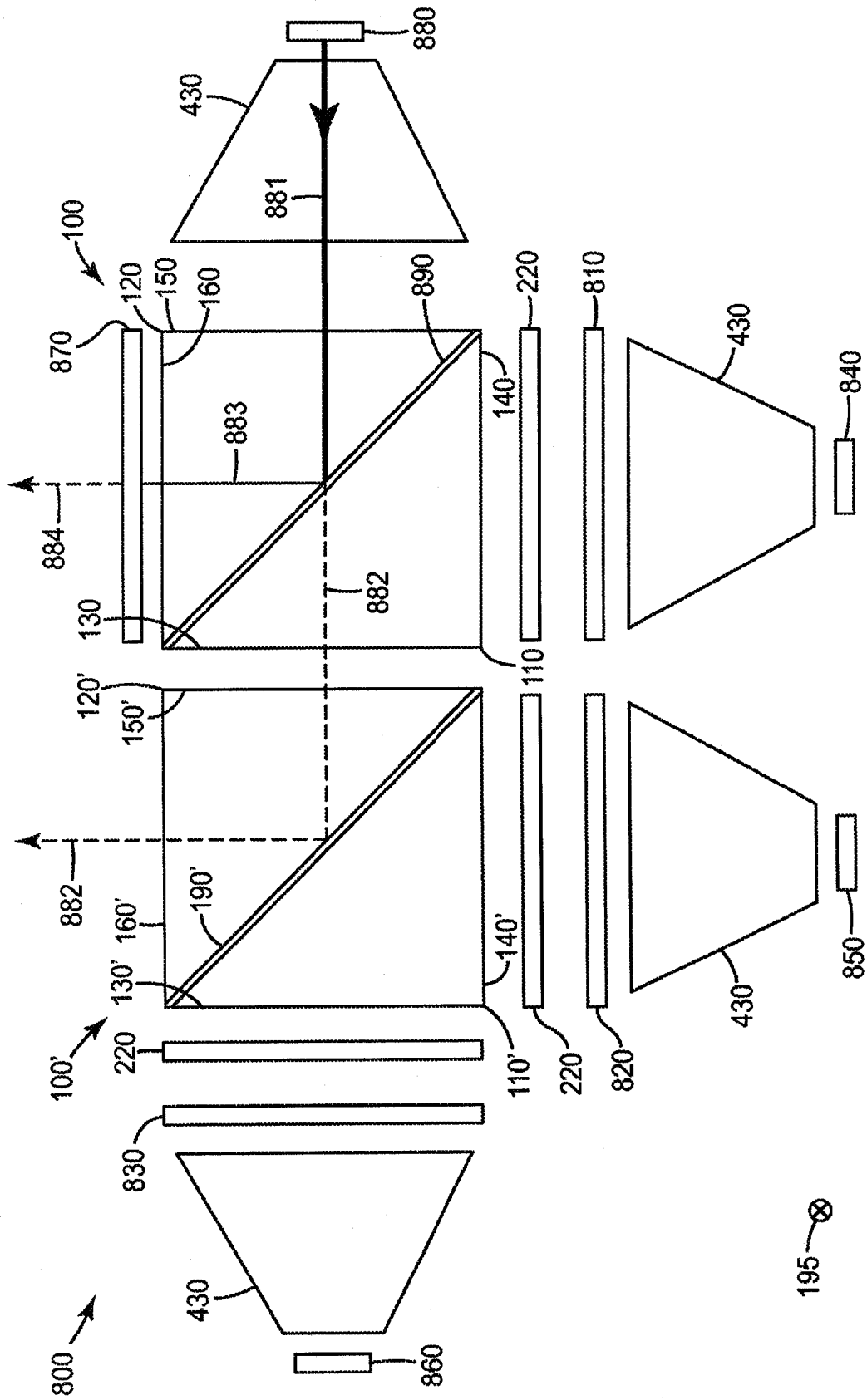


图 8c

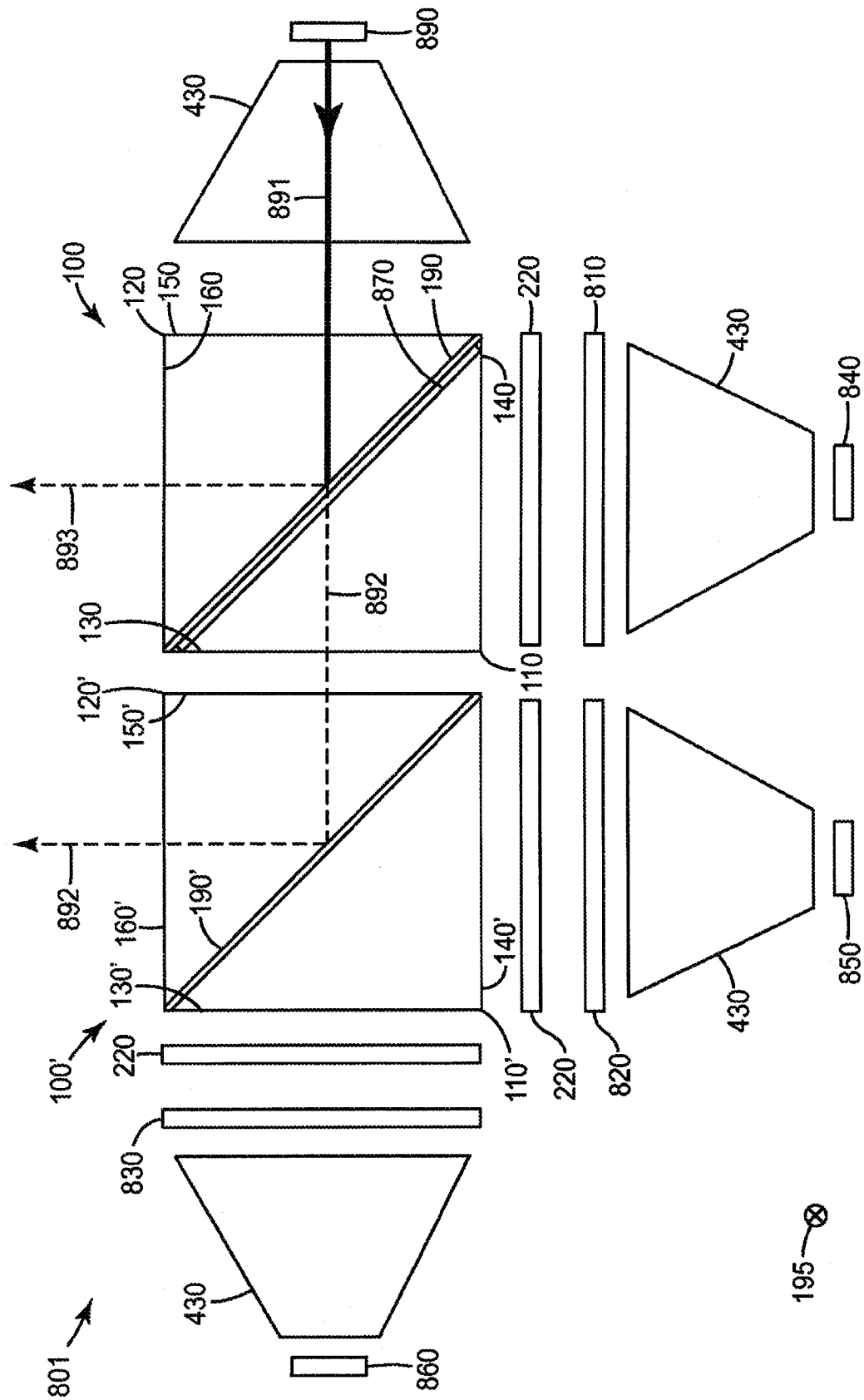


图 8d

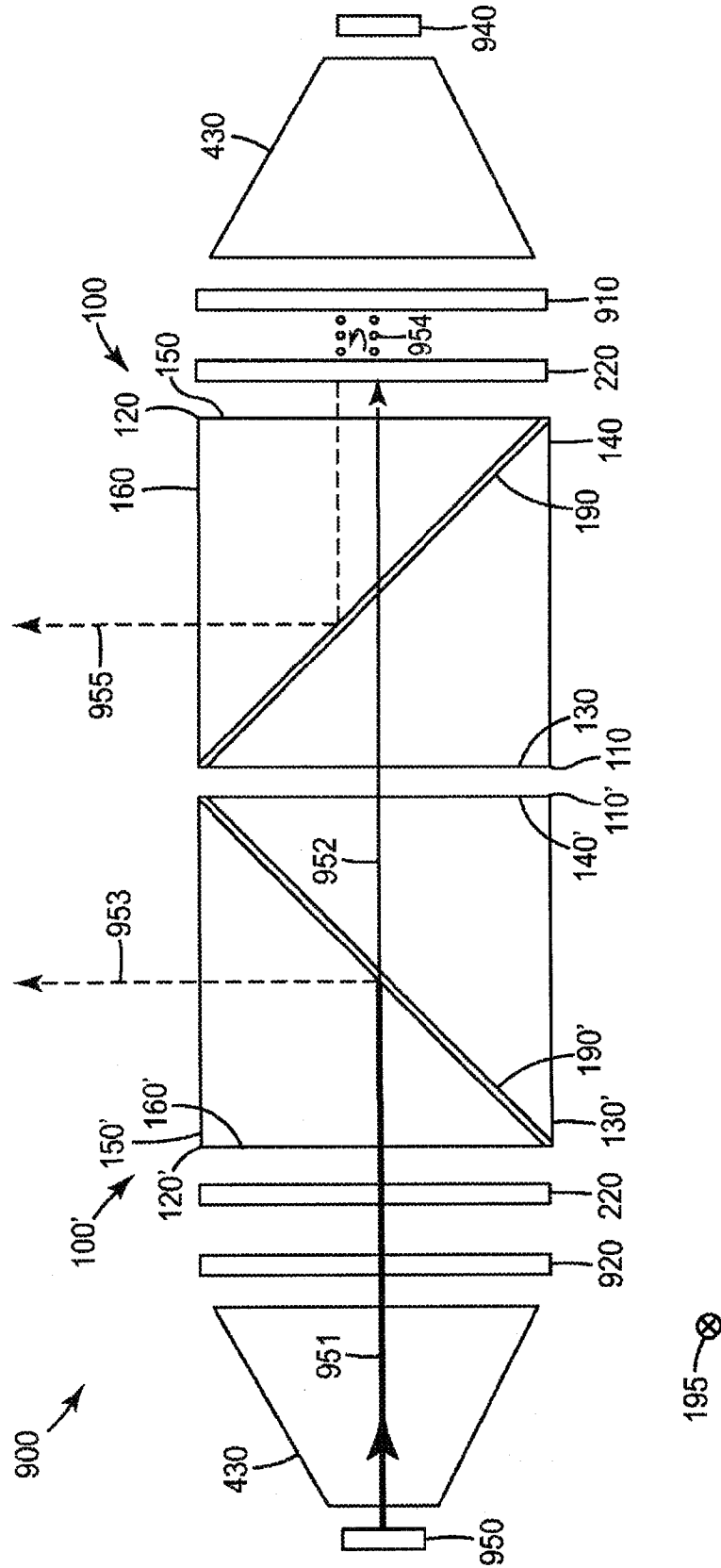


图 9a

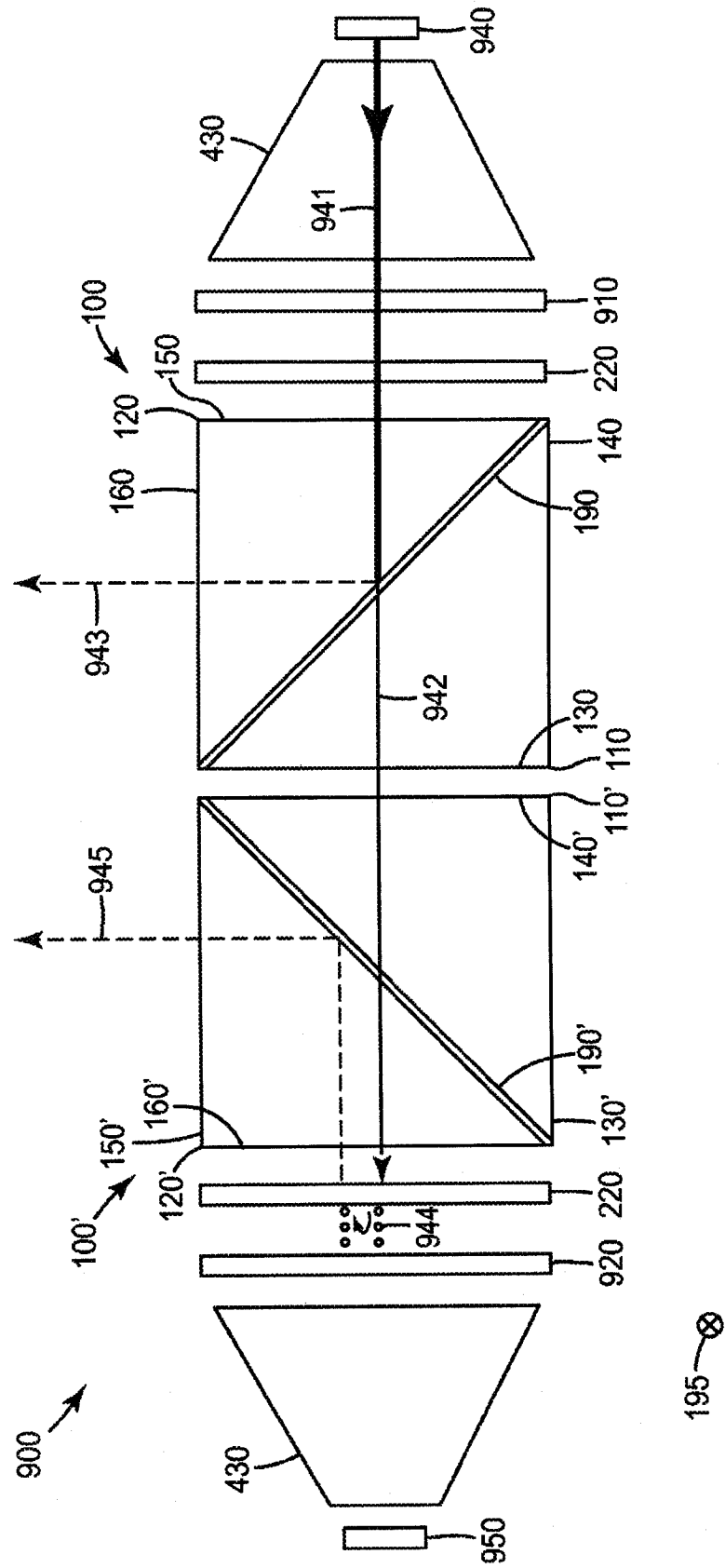


图 9b

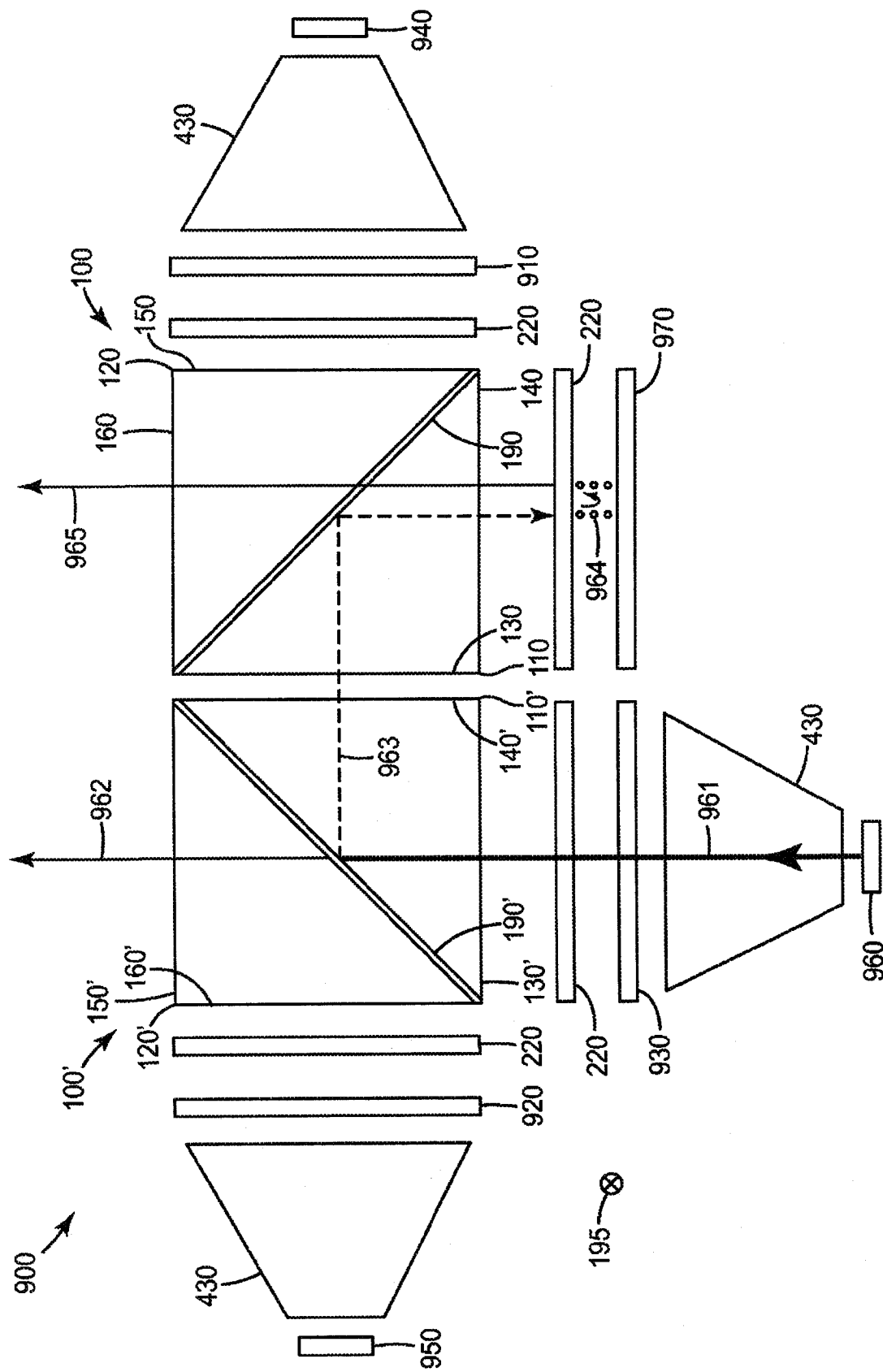


图 9c

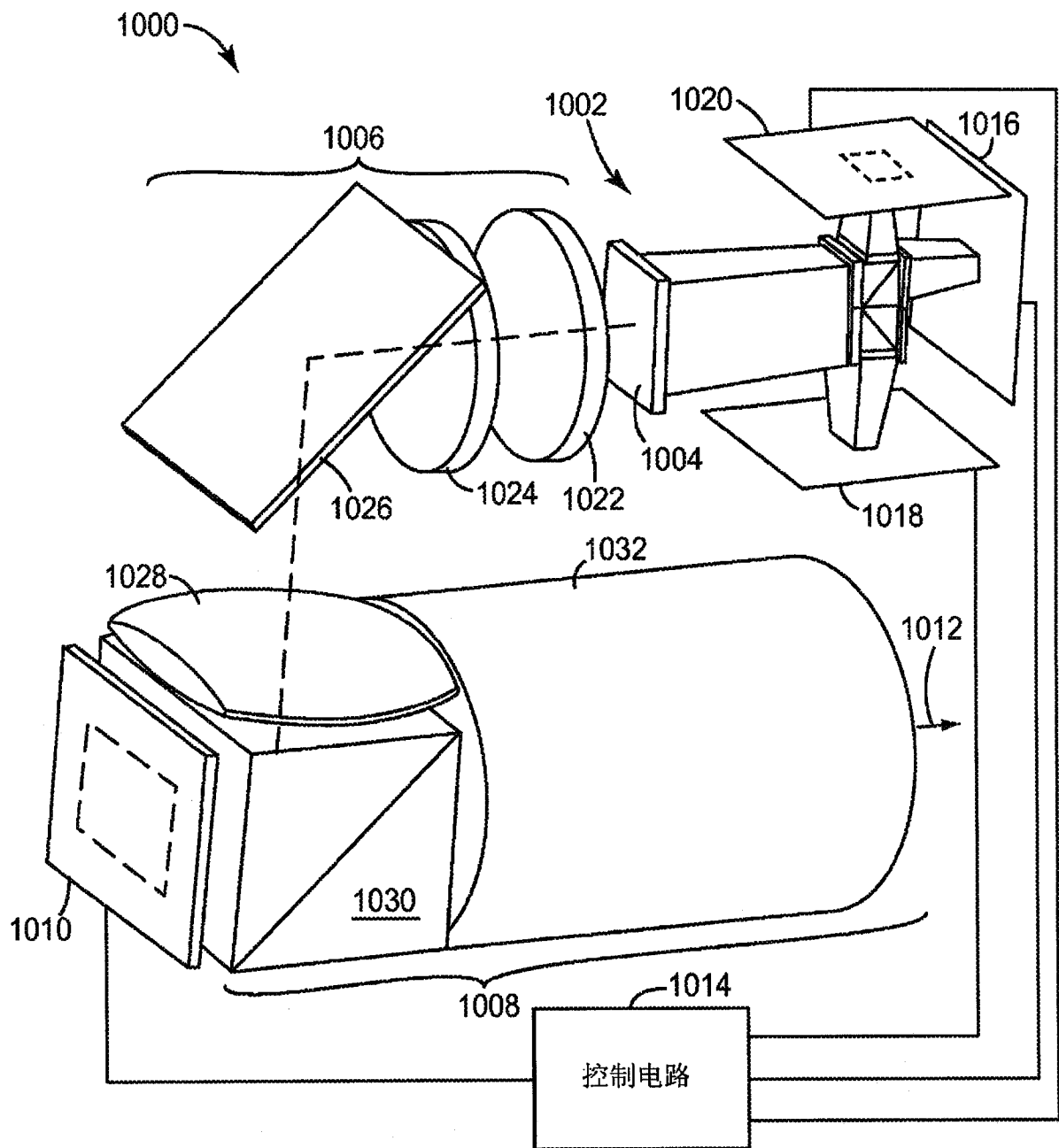


图 10