



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104685388 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201380043047. X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 08. 09

G02B 5/30(2006. 01)

G02B 27/28(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/683, 390 2012. 08. 15 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 02. 13

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/054247 2013. 08. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/028310 EN 2014. 02. 20

(71) 申请人 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 J·C·卡尔斯

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 陈长会

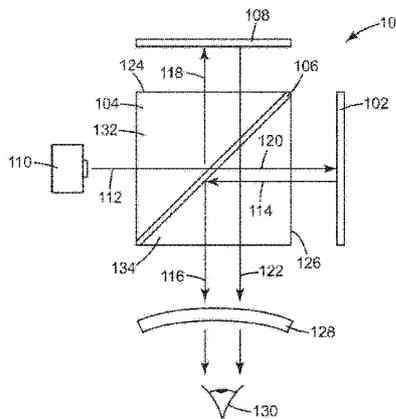
权利要求书2页 说明书20页 附图6页

(54) 发明名称

提供高分辨率图像的偏振分束器板和利用此类偏振分束器板的系统

(57) 摘要

本发明描述了偏振分束器板和组装了此类分束器板的系统。偏振分束器板包括第一基底和设置在第一基底上的多层光学膜反射偏振片。偏振分束器板包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约20度角的相对的第二最外主表面。偏振分束器板适于朝向观察者或带有所反射的成像光具有小于12微米的有效像素分辨率的屏幕反射从成像器接收的成像光。



1. 一种偏振子系统,包括:
第一成像器 ;和
偏振分束器板,其用于从所述成像器接收成像光并且包括:
第一基底 ;
多层光学膜反射偏振片,其设置在所述第一基底上 ;
第一最外主表面 ;和
与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面,
其中所述偏振分束器板朝向观察者或带有所反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率的屏幕反射所接收的成像光。
2. 根据权利要求 1 所述的偏振子系统,其中在所述第一最外主表面和第二最外主表面之间的最大间隔小于约 1.5mm。
3. 根据权利要求 1 所述的偏振子系统,其中所述多层光学膜反射偏振片通过粘合剂附着到所述第一基底。
4. 根据权利要求 1 所述的偏振子系统,其中所述多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。
5. 一种偏振分束器板,包括:
第一基底 ;
第二基底 ;
设置在所述第一基底和第二基底之间并且附着到所述第一基底和第二基底的多层光学膜反射偏振片 ;
第一最外主表面 ;和
与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面,其中所述偏振分束器板适于朝向观察者或屏幕反射成像光,所反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率。
6. 一种投影子系统,包括:
光源 ;
第一成像器,其将从所述光源接收的光成像 ;和
偏振分束器板,其从所述第一成像器接收所述成像光并且包括:
多层光学膜反射偏振片 ;
第一最外主表面 ;和
与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面 ;
其中所述偏振分束器板朝向具有小于 12 微米的有效像素分辨率的像平面反射所接收的成像光。
7. 一种投影系统,包括根据权利要求 6 所述的投影子系统,所述第一成像器被像素化并且包括多个像素,所述投影系统以所述多个像素将所述像素的图像投影在屏幕上,在所述屏幕上每个像素具有预期位置和预期面积,在所述屏幕上每个像素的实际位置在中心位于所述像素的预期位置的圆圈内,并且具有的面积小于所述像素的预期面积的 1/50。
8. 一种偏振子系统,包括:
第一成像器 ;和

偏振分束器板,其用于从所述成像器接收成像光并且包括:
多层光学膜反射偏振片;
第一最外主表面;和
与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;
其中所述偏振分束器板朝向观察者或屏幕反射所接收的成像光,并且其中所述多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

9. 一种制备平膜的方法,包括:

提供多层光学膜;
提供临时平坦基底;
将所述多层光学膜的第一表面可剥离地附接到所述临时平坦基底;
提供永久基底,所述永久基底包括第一最外主表面和与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;
将所述多层光学膜的第二表面附接到所述永久基底;以及
将所述多层光学膜从所述临时平坦基底移除。

10. 一种创建光学平坦偏振分束器板的方法,包括:

提供多层光学膜反射偏振片;
将压敏粘合剂层施加到所述多层光学膜的第一表面;
将第一基底抵靠所述压敏粘合剂层施加在相对所述多层光学膜的一侧,所述第一基底包括第一最外主表面和与所述第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;以及
将真空施加到所述压敏粘合剂、所述多层光学膜和所述第一基底。

提供高分辨率图像的偏振分束器板和利用此类偏振分束器板的系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请与 2011 年 11 月 28 日提交的名称为“提供高分辨率图像的偏振分束器和利用此类分束器的系统 (Polarizing Beam Splitters Providing High Resolution Images and Systems Utilizing Such Beam Splitters)”的待审的美国专利申请序列号 61/564161(代理人案卷号 67895US002) 和 2011 年 11 月 28 日提交的名为“制造提供高分辨率图像的偏振分束器和利用此类分束器的系统的方法 (Method of Making Polarizing Beam Splitters Providing High Resolution Images and Systems Utilizing Such Beam Splitters)”的待审的美国专利申请序列号 61/564172(代理人案号 68016US002) 相关,其全文以引用方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及偏振分束器板和组装了此类分束器板的系统。更具体地,本发明涉及偏振分束器板以及具有此类分束器板的系统,所述分束器板包含多层光学膜并且朝向观察者或具有高有效分辨率的观察屏反射成像光。

背景技术

[0004] 采用偏振分束器 (PBS) 的照明系统用于在诸如投影显示器的观察屏上形成图像。典型的显示图像包括照明源,该照明源被布置成使得来自该照明源的光线从包含待投影的所需图像的图像形成装置(即,成像器)反射出来。系统将光线合拢,使得来自照明源的光线和投影图像的光线共用 PBS 与成像器之间的相同物理空间。PBS 将入射的照明光与来自成像器的偏振旋转光分离。由于对 PBS 的新需求,部分地由于 PBS 在例如三维投影和成像的应用中的新用途,已出现了许多新的问题。本申请提供了解决此类问题的制品。

发明内容

[0005] 在一个方面,本发明涉及偏振子系统。偏振子系统包括第一成像器和偏振分束器。在一些实施例中,成像器可为 LCOS 成像器。偏振分束器部分由反射偏振片构成,并且接收来自成像器的成像光。反射偏振片可为多层光学膜。在一些实施例中,反射偏振片将具有小于 45nm 的表面粗糙度 R_a 或小于 80nm 的表面粗糙度 R_q 。偏振分束器朝向观察者或具有小于 12 微米的有效像素分辨率的屏幕反射成像光。在一些实施例中,偏振分束器可朝向观察者或具有小于 9 微米或小于 6 微米的有效像素分辨率的屏幕反射成像光。偏振子系统可包括第二成像器,其中偏振分束器在与接收来自第一成像器的光的不同面处接收来自第二成像器的成像光。偏振子系统还可包括投影透镜,该投影透镜从偏振分束器朝向观察者或屏幕投射光。在一些情况下,偏振子系统可为三维图像投影仪的一部分。

[0006] 在另一方面,本发明涉及一种偏振分束器。该偏振分束器包括定位在第一覆盖件与第二覆盖件之间的反射偏振片。该反射偏振片可为多层光学膜。偏振分束器能够朝向观

察者或具有小于 12 微米、并且可能小于 9 微米或小于 6 微米的有效像素分辨率的屏幕反射成像光。偏振分束器的第一覆盖件和 / 或第二覆盖件可至少部分由玻璃或合适的光学塑料制成。可利用另外的处理（诸如暴露于真空）通过合适的光学粘合剂将第一覆盖件和 / 或第二覆盖件附接到反射偏振片，从而实现多层光学膜的所需平坦度。反射偏振片可具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

[0007] 在另一方面，本发明涉及一种投影子系统。该投影子系统包括光源、偏振分束器、至少第一成像器，并且可能包括第二成像器。偏振分束器接收来自光源的光，并且包括由多层光学膜构成的反射偏振片。第一成像器定位在偏振分束器附近。第二成像器定位在偏振分束器的与第一成像器不同侧面上的偏振分束器附近。来自光源的光入射到偏振分束器上，并且入射光的第一偏振透射穿过反射偏振片，而与第一偏振态正交的入射光的第二偏振由该反射偏振片反射。第二偏振的光从偏振分束器行进到第二成像器，并且被成像和反射回该偏振分束器。从第二成像器反射的光穿过偏振分束器透射到像平面。第一偏振的光穿过偏振分束器透射到第一成像器，并且被成像和反射回该偏振分束器。从第一成像器反射的光在偏振分束器处朝向具有小于 12 微米的有效像素分辨率的像平面反射。在至少一些实施例中，从第一成像器反射的光在偏振分束器处朝向具有小于 9 微米或小于 6 微米的有效分辨率的像平面反射。反射偏振片可具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。投影子系统的光源可为任何合适的光源，诸如弧光灯或者一个或多个 LED。

[0008] 在另一方面，本发明涉及偏振子系统。该偏振子系统包括第一成像器和偏振分束器。偏振分束器部分由反射偏振片构成，并且接收来自成像器的成像光。反射偏振片可为多层光学膜。偏振分束器朝向观察者或屏幕反射成像光。在一些实施例中，反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。在一些实施例中，反射偏振片具有小于 40nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 70nm 的表面粗糙度 Rq。在一些实施例中，反射偏振片具有小于 35nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 55nm 的表面粗糙度 Rq。

[0009] 在另一方面，偏振子系统包括第一成像器和适于从成像器接收成像光的偏振分束器板。偏振分束器板包括第一基底，设置在第一基底上的多层光学膜反射偏振片、第一最外主表面，以及与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对第二最外主表面。偏振分束器板朝向观察者或者带有所反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率的屏幕反射所接收的成像光。

[0010] 在另一方面，偏振分束器板包括第一基底、第二基底、设置在第一基底和第二基底之间并且附着至此的多层光学膜反射偏振片、第一最外主表面，以及与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面。偏振分束器板适于朝向观察者或者带有所反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率的屏幕反射成像光。

[0011] 在另一方面，投影子系统包括光源、将从该光源接收的光成像的第一成像器，以及偏振分束器板，其从第一成像器接收成像光并且包括多层光学膜反射偏振片、第一最外主表面以及与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面。偏振分束器板朝向具有小于 12 微米的有效像素分辨率的像平面反射所接收的成像光。

[0012] 在另一方面，偏振子系统包括第一成像器，以及偏振分束器板，其从成像器接收成像光并且包括多层光学膜反射偏振片、第一最外主表面以及与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面。偏振分束器板朝向观察者或屏幕反射所接收的成像光。多

层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

[0013] 在另一方面,一种制备平膜的方法包括以下步骤:提供多层光学膜,提供临时平坦基底,将多层光学膜的第一表面可剥离地附接到该临时平坦基底,以及提供永久基底,其中该永久基底包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面。该方法还包括以下步骤:将多层光学膜的第二表面附接到永久基底,以及将该多层光学膜从临时平坦基底移除。

[0014] 在另一方面,一种创建光学平坦偏振分束器板的方法包括以下步骤:提供多层光学膜反射偏振片,将压敏粘合剂层施加到该多层光学膜的第一表面,将第一基底紧贴施加在与多层光学膜相对侧面上的压敏粘合剂上,其中第一基底包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面,以及将真空施加到压敏粘合剂、多层光学膜和第一基底。

附图说明

[0015] 图 1 为根据本发明的偏振转换系统。

[0016] 图 2 为根据本发明的偏振分束器。

[0017] 图 3 为根据本发明的投影子系统。

[0018] 图 4 为示出一种制备用于 PBS 中的平坦多层光学膜的方法的流程图。

[0019] 图 5 示出了一种使用多层光学膜创建偏振分束器的方法。

[0020] 图 6 是偏振子系统的示意图。

[0021] 图 7 是偏振分束器板的最外表面的示意图。

[0022] 图 8 是反射型成像系统的示意图。

[0023] 图 9 是透射型成像系统的示意图。

[0024] 图 10 是反射透射型成像系统的示意图。

具体实施方式

[0025] 高性能 PBS 对于创建用于使用硅基液晶 (LCOS) 成像器的投影仪的可行光学引擎是必要的。此外,当此类成像器需要来处理偏振光时,PBS 甚至对于诸如 DLP 成像器的标称非偏振成像器来说可能是必要的。通常,PBS 将透射标称 p 偏振光并反射标称 s 偏振光。多个不同类型的 PBS 包括 MacNeille 型 PBS 和线栅偏振片已在使用的。然而,对于与投影系统中的光处理相关联的问题,基于多层光学膜的 PBS 已被证实是最有效的偏振分束器之一,其包括在一定的波长和入射角范围内有效偏振并且在反射和透射两方面具有高效率的能力。此类多层光学膜由 3M 公司制造,如授予 Jonza 等人的美国专利 5882774 和授予 Weber 等人的美国专利 6609795 中所述。

[0026] 随着多种新的成像和投影应用(包括例如三维投影和成像)的出现,已出现新的挑战。具体地,在至少一些三维成像应用中,不仅在透射穿过反射偏振膜时,而且在被该反射偏振膜反射时,可能需要 PBS 提供具有高有效分辨率的成像光(如下定义)。遗憾的是,基于多层光学膜的偏振片尽管具有其它主要优势,但是可能难以达到以高分辨率反射成像光所需要的平坦度。相反,在使用此类多层膜反射偏振片反射成像光的情况下,反射的图像可能失真。然而,关于有效地偏振入射光角度的宽阵列和入射光波长的问题仍必须解决。因

此,高度期望提供一种偏振分束器,其具有包含多层光学膜的 PBS 的有益效果,同时还实现提高由 PBS 朝向观察者或屏幕反射的成像光的有效分辨率。本发明提供了此类解决方案。

[0027] 图 1 提供了根据本发明的一个偏振子系统的示例。偏振子系统包括第一成像器 102。在多个实施例中,诸如图 1 中所示,成像器将为适当的反射成像器。常常,投影系统中使用的成像器通常为偏振-旋转的图像形成装置(例如液晶显示成像器),其通过旋转光的偏振以产生对应于数字视频信号的图像来工作。此类成像器在用于投影系统中时,通常依赖于将光分离成一对正交偏振态(如 s 偏振和 p 偏振)的偏振器。可用于图 1 中所示实施例中的两种通用成像器包括硅基液晶(LCOS)成像器或数字光处理(DLP)成像器。本领域中的技术人员将认识到,为了利用图 1 中所示的 PBS 构造,DLP 系统将需要对照明几何结构进行部分更改以及旋转偏振的外部手段(例如延迟板)。偏振子系统还包括偏振分束器(PBS)104。来自光源 110 的光 112 朝向 PBS 104 行进。反射偏振片 106 在 PBS 104 内。反射偏振片可为多层光学膜,诸如购自美国明尼苏达州圣保罗 3M 公司(3M Company(St. Paul, MN))以及例如授予 Jonza 等人的美国专利 5882774 和授予 Weber 等人的美国专利 6609795 中所述的那些多层光学膜,这些专利中的每一个均据此全文以引用方式并入。当光 112 入射到膜 106 上时,入射光的一种正交偏振态(诸如 p 偏振态)将通过该膜透射,并作为光 120 离开 PBS 即然后入射在成像器 102 上。入射光的正交偏振态(在这种情况下,为 s 偏振光)将被反射偏振片 106 反射为在不同的方向的独立光束 118,在此,该不同方向与光束 120 呈直角。

[0028] 给定偏振态的非成像光 120 入射到成像器 102 上。接着该光被成像并反射回 PBS 104,并且被并入反射偏振片 106。在成像器 102 为 LCOS 成像器并且由于这些像素为“开启”状态的情况下,光 114 也被转换为正交偏振态。在这种情况下,尚未成像的 p 偏振入射光反射成 s 偏振的成像光。当 s 偏振光入射到偏振分束器 104 上并且具体地讲是多层光学膜反射偏振片 106 上时,该光被反射为朝向观察者或观察屏 130 的 s 偏振光束 116。成像器 102 可以是在应用中所需的任何类型成像器。例如,成像器 102 可以是 LCOS 成像器、OLED 成像器、微机电系统(MEMS)成像器或数字微镜器件(DMD)成像器,诸如 DLP 成像器。

[0029] 在现有技术的多个实施例中,成像器可例如在光束 118 行进所朝的方向上定位。在此类实施例中,成像光将通过偏振分束器 104 透射,而不是在偏振分束器 104 中反射。通过偏振分束器透射成像光能使图像的失真更少,并且因此具有更高的有效分辨率。然而,正如还将解释的,在多个实施例中包括如图 1 中所定位的成像器 102 可能是期望的。这可(例如)允许不同偏振的图像重叠。尽管作为反射偏振片的多层光学膜具有许多益处,但是从此类膜反射出的成像光通常难以使实现高有效分辨率。

[0030] 由元件产生的图像或光的有效分辨率为有用的定量测量,这是因为其有助于预测多大尺寸的像素可被可靠地分辨。大多数当前成像器(LCOS 和 DLP)具有在约 $12.5\ \mu\text{m}$ 至低至约 $5\ \mu\text{m}$ 范围内的像素尺寸。因此,为了可用于反射成像情况中,反射器必须能够分辨低至至少约 $12.5\ \mu\text{m}$,并且理想地更好。因此,PBS 的有效分辨率必须不超过约 $12.5\ \mu\text{m}$,并且更低是优选的。这将被认为是高有效分辨率。

[0031] 使用说明书中所述的技术,实际上可提供用于 PBS 104 中的能够以非常高的分辨率反射成像光的多层光学膜。实际上,参见图 1,成像光 116 可从偏振分束器 104 朝向观察者或具有小于 12 微米的有效像素分辨率的观察屏 130 反射。实际上,在一些实施例中,成

像光 116 可从偏振分束器 104 朝向观察者或具有小于 11 微米、小于 10 微米、小于 9 微米、小于 8 微米、小于 7 微米或甚至可能小于 6 微米的有效像素分辨率的观察屏 130 反射。

[0032] 如所讨论,在至少一些实施例中,偏振子系统 100 可包括第二成像器 108。第二成像器 108 与作为第一成像器 106 的成像器类型可以是大体相同的,如 LCOS 或 DLP。一种偏振态的光(诸如 s 偏振光)可从 PBS 104 反射,并且具体地从 PBS 的反射偏振片 106 朝向第二成像器反射。然后它可被成像并反射回 PBS 104。此外,与第一成像器 104 一样,第二成像器 108 反射出的光进行了偏振转换,使得在 s 偏振非成像光 118 入射到成像器 108 上的情况下, p 偏振成像光 122 从成像器 108 反射回 PBS 104。然而,从成像器 102 反射的光 114 为第一偏振态(如, s 偏振)并因此由 PBS 104 朝向观察者或观察屏 130 反射,从成像器 108 反射出的光(如,光 122)为第二偏振态(如, p 偏振)并因此通过 PBS 104 朝向观察者或观察屏 130 传输。如从图 1 可见,两个成像器位于 PBS 104 的不同侧面,使得 PBS 在第一面 126 处接收来自第一成像器 102 的成像光 114,并且在不同于第一面的第二面 124 处接收来自第二成像器 108 的成像光 122。

[0033] 一旦成像光 116 和可能的的光 122 离开 PBS 104,其便被导向观察者或观察屏 130。为了将光最佳地导向至观察者并适当地缩放图像,光可以通过投影透镜 128 或一些类型的投影透镜系统。虽然仅示出了单元件投影透镜 128,但偏振转换系统 100 可以按需要包括另外的成像光学器件。例如,投影透镜 128 可事实上为多个透镜,例如共同拥有和转让的美国专利 7901083 的透镜组 250。注意,在未使用可选成像器 108 的情况下,输入光 112 可被预偏振以具有与光束 120 相同的偏振态。这可例如通过使用偏振转换系统(PCS),添加反射或吸收线性偏振片或用于增强输入光流 112 的偏振纯度的其它此类装置来实现。此类技术可提高系统的总体效率。

[0034] PBS 104 可包括除反射偏振片 106 之外的其它元件。例如,图 1 示出了还包括第一覆盖件 132 和第二覆盖件 134 的 PBS 104。反射偏振片 106 定位在第一覆盖件 132 和第二覆盖件 134 之间,使得它不仅受到覆盖件的保护,还通过覆盖件适当地定位。第一覆盖件 132 和第二覆盖件 134 可由本领域中已知的任何适当材料制成,例如玻璃、塑料或可能的其它适当材料。应当理解,另外的材料和构造可应用于例如 PBS 的面或邻近反射偏振片并与其基本上共延。此类其它材料或构造可包括另外的偏振片、二向色滤光片/反射器、延迟板、防反射涂层、模塑和/或粘合至覆盖件表面的透镜等。

[0035] 投影或偏振子系统从不同成像器射出光,其中为不同偏振的成像光尤其可用作例如美国专利 7690796(Bin 等人)中所述的三维成像投影仪的一部分。使用基于 PBS 的两个成像器系统的不同优势在于无需时间定序或偏振定序。这意味着两个成像器将始终工作,从而有效地加倍投影仪的光输出。如所讨论,反射偏振片 106 平坦是高度重要的,使得从偏振片反射出的成像光 116 不失真并具有高有效分辨率。平坦度可通过标准粗糙度参数 R_a (表面与均值的竖直偏差的绝对值的平均)、 R_q (表面与均值的竖直偏差的均方根平均)和 R_z (每个取样长度中最高峰和最低谷之间的平均距离)来量化。具体地,反射偏振片优选具有小于 45nm 的表面粗糙度 R_a 或小于 80nm 的表面粗糙度 R_q ,并且更优选地具有小于 40nm 的表面粗糙度 R_a 或小于 70nm 的表面粗糙度 R_q ,并且甚至更优选具有小于 35nm 的表面粗糙度 R_a 或小于 55nm 的表面粗糙度 R_q 。测量膜的表面粗糙度或平坦度的一种示例性方法在下面的实例部分中提供。

[0036] 在另一个方面,本发明涉及一种偏振分束器。一个此类偏振分束器 200 示于图 2 中。偏振分束器 200 包括定位在第一覆盖件 232 和第二覆盖件 234 之间的反射偏振片 206。与图 1 的反射偏振片 106 一样,图 2 的反射偏振片 206 为多层光学膜,例如上文所述的那些。偏振分束器 200 能够朝向观察者或表面 230 反射成像光 216。导向观察者或表面的成像光 216 的有效像素分辨率小于 12 微米,并且可能小于 11 微米,小于 10 微米,小于 9 微米,小于 8 微米,小于 7 微米,或可能甚至小于 6 微米。

[0037] 与图 1 的覆盖件一样,PBS 200 的第一覆盖件 232 和第二覆盖件 234 可由本领域中所用的任何数量的适当材料制成,诸如玻璃或光学塑料等等。此外,第一覆盖件 232 和第二覆盖件 234 可各自通过多种不同的方式附接到反射偏振片 206。例如,在一个实施例中,第一覆盖件 232 可使用压敏粘合剂层 240 附接到反射偏振片 206。合适的压敏粘合剂为 3M™ 光学透明粘合剂 8141 (购自美国明尼苏达州圣保罗的 3M 公司 (3M Company, St. Paul, MN))。类似地,第二覆盖件 234 可使用压敏粘合剂层 242 附接到反射偏振片。在其它实施例中,第一和第二覆盖件可使用不同类型的粘合剂层 240 和 242 附接到反射偏振片 206。例如,层 240 和 242 可由可固化的光学粘合剂组成。合适的光学粘合剂可包括得自美国新泽西州克兰伯里诺兰产品有限公司 (Norland Products Inc. (Cranbury, NJ)) 的光学粘合剂 (例如 NOA73、NOA75、NOA76 或 NOA78), 共同拥有和转让的美国专利公布 2006/0221447 (授予 DiZio 等人) 以及共同拥有和转让的美国专利公布 2008/0079903 (授予 DiZio 等人) 中所述的光学粘合剂,这些专利中的每一篇据此以引用方式并入。还可使用可紫外光固化的粘合剂。应当理解,另外的材料和构造可应用于例如 PBS 的面或邻近反射偏振片并与其基本上共延。此类其它材料或构造可包括另外的偏振片、二向色滤光片 / 反射器、延迟板、防反射涂层等。与图 1 中所述 PBS 一样,图 2 的反射偏振片 206 必须非常平坦,以使大多数有效反射的成像光 216 不失真。反射偏振片可具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。用例如 US 7234816B2 (Bruzzone 等人) 中所述的典型压敏粘合剂施加程序,无法实现反射偏振片的所需表面平坦度。已发现,某些类型的后处理允许实现所需的表面平坦度。

[0038] 在另一方面,本发明涉及一种投影子系统。一个此类投影子系统示于图 3 中。投影子系统 300 包括光源 310。光源 310 可为投影系统中常常使用的任何数量的适当光源。例如,光源 310 可为固态发射器,例如,发射特定颜色光 (例如红光、绿光或蓝光) 的激光器或发光二极管 (LED)。光源 310 还可包括从发射源吸收光并且以其它 (一般更长的) 波长重新发射光的荧光体或其它光转换材料。合适的荧光体包括熟知的无机荧光体,例如,掺杂 Ce 的 YAG、硫代镓酸锶、以及掺杂的硅酸盐和 SiAlON 型材料。其它光转换材料包括 III-V 和 II-VI 半导体、量子点和有机荧光染料。作为另外一种选择,光源可由多个光源 (例如红色、绿色和蓝色 LED) 组成,其中此类 LED 可一起启动或顺序启动。光源 310 还可为激光光源,或者可能是传统的 UHP 灯。应当理解,诸如色轮、二向色滤光片或反射器等的辅助组件可另外包括光源 310。

[0039] 投影子系统 300 还包括偏振分束器 304。对偏振分束器 304 进行定位以使得其接收来自光源的光 312。该入射光 312 可一般部分地由两种正交偏振态 (如,部分 s 偏振光和部分 p 偏振光) 组成。在偏振分束器内的是反射偏振片 306,再次,在这种情况下为多层光学膜,诸如关于反射偏振片 106 所述的那些。光 312 入射到反射偏振片 306 上,并且一种第

一偏振的光（如 p 偏振光）透射为光 320，同时第二正交偏振的光（如 s 偏振光）反射为光 318。

[0040] 通过反射偏振片 306 透射的第一偏振的光 320 朝向邻近 PBS 304 定位的第一成像器 302 行进。光在第一成像器 302 处成像并以经转换光的偏振反射回 PBS 304。然后，经转换的成像光 314 在 PBS 304 处朝向像平面 350 反射为光 316。光 316 从 PBS 的反射偏振片 306 反射出并到达像平面 350，该像平面具有小于 12 微米，并且可能小于 11 微米，小于 10 微米，小于 9 微米，小于 8 微米，小于 7 微米，或可能甚至小于 6 微米的有效分辨率。反射偏振片 306 通常具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

[0041] 第二偏振（如，s 偏振）的光初始被 PBS 304 的反射偏振片反射，接着作为光 318 朝向第二成像器 308 行进。与第一成像器 302 一样，第二成像器 308 也邻近 PBS 304 定位，但是第二成像器定位在 PBS 的不同侧面上。使入射光 318 成像并反射回 PBS 304。在从成像器反射时，该光的偏振也旋转 90 度（如，从 s 偏振光至 p 偏振光）。成像光 322 通过 PBS 304 透射至像平面 350。第一成像器 302 和第二成像器 308 可为任何适当类型的反射成像器，例如上文关于图 1 的元件 102 和 108 所述的那些反射成像器。

[0042] 如所讨论，为了使从本文的 PBS 反射出的成像光实现高有效分辨率，PBS 的反射偏振片必须异常光学平坦。本发明现提供制备为多层光学膜的光学平坦反射偏振片的方法和 / 或制备光学平坦偏振分束器的方法。

[0043] 一种此类方法示于图 4 的流程图中。该方法始于提供多层光学膜 410，以及提供平坦基底 420。多层光学膜 410 可类似于关于上文制品所述的多层光学膜。平坦基底可为任何数量的适当材料，例如丙烯酸类树脂、玻璃或其它适当的塑料。最重要的是，基底 420 必须拥有与偏振分束器中所需的至少相同程度的光学平坦度，并且必须允许润湿溶液在其表面之上铺展。因此，其它塑料、无机玻璃、陶瓷、半导体、金属或聚合物可能是适当的材料。此外，基底略微柔性是有用的。

[0044] 在下一步骤中，平坦基底的表面 425 可剥离地附接到多层光学膜的第一表面。在至少一个实施例中，为了创建可剥离的附接，用润湿剂润湿平坦基底的表面 425 或多层光学膜的第一表面，或两者，从而得到溶液薄层 430。合适的润湿剂应当具有使得其将浸湿基底或膜的足够低的表面能以及使得其可在室温下蒸发的足够高的蒸气压。在一些实施例中，使用异丙醇作为润湿剂。在至少一些实施例中，润湿剂将为包含至少少量的表面活性剂（例如少于 1 体积%）的水性溶液。表面活性剂可为常见的可商购获得的工业润湿剂，或者为甚至诸如餐具洗涤剂的家用的材料。其它实施例可为蒸发时无残留的化合物（例如氨、醋或醇）的水性混合物。润湿剂可通过多种适当的方法施加，包括喷涂，如从喷涂瓶进行喷涂。在下一步中，将多层光学膜施加到基底 425 的表面，使得溶液 430 被夹在膜和基底之间。通常，还将润湿剂施加到多层光学膜的接触表面。然后，将施压器械 435（例如橡胶滚轴）横跨多层光学膜 410 的顶部牵拉，从而将光学膜 410 紧密地压平至基底 420 的表面 425，并且仅留下将两者分开的相当均匀的溶液薄层 430。在至少一些实施例中，首先可将保护层施加到多层光学膜的与施加至基底 420 的表面 440 的相对侧面上。此时，留下允许溶液 430 蒸发的构造。橡胶滚轴滚压过程推动残余水经过多层光学膜的边缘，使得仅留下少量。接着，允许多层光学膜、平坦基底和润湿剂变干。随时间推移，润湿溶液的所有挥发性组分通过层 410 或 420 蒸发，或者在可发生蒸发的情况下沿着层 410 和 420 之间的空间被芯吸至层 410

的边缘。随着该过程的发生,多层光学膜 410 被拉得越来越靠近基底 420,直到层 410 紧密贴合表面 425。结果在图 4 的下一步中显示为干燥过程将膜 410 拉近基底 420,并且使多层光学膜的底部表面 440 有效变平。一旦已实现该平坦度,多层光学膜 410 便稳定地保持平坦,但是可剥离地附接到基底。此时,永久基底可被附着到膜 410 的暴露表面。

[0045] 图 5 示出了在提供偏振分束器的最终构造时可采取的另外步骤。例如,可将粘合剂 550 施加在膜 410 的平坦表面 450 上。粘合剂可为不会对 PBS 的光学或机械性能产生不利影响的任何适当的粘合剂。在一些实施例中,粘合剂可为可固化的光学粘合剂,例如得自美国新泽西州克兰伯里诺兰产品有限公司 (Norland Products Inc. (Cranbury, NJ)) 的 NOA73、NOA75、NOA76 或 NOA78。在其它实施例中,可使用光学环氧树脂。在一些实施例中,粘合剂可为压敏粘合剂。接着,可以提供永久第二基底。在一个实施例中,永久第二基底可为棱柱。如图 5 中所示,将棱柱 560 紧贴粘合剂 550 施加,并且如果适当,使构造固化。现在可将膜 410 从基底 420 移除。在至少一个实施例中,通常通过略微弯曲基底 420 以允许膜 410 从基底 420 释放,而将膜 410 从基底 420 剥离。对于固化的粘合剂例如紫外粘合剂或环氧树脂,膜 440 的新暴露的底部表面保持基底 420 的平坦度。对于压敏粘合剂,膜 440 的底部表面可保持基底 420 的平坦度,或者可能需要另外的处理以维持平坦度。一旦已实现平坦的膜表面 440,可将第二层粘合剂 570 施加到膜 440 的底部表面,并且可将第二棱柱或其它永久基底 580 施加至粘合剂。此外,可按需要固化该构造,从而得到完整的偏振分束器。

[0046] 制备光学平坦偏振分束器的另一种方法具体地包括压敏粘合剂的使用。用适当的技术,可使多层光学膜紧密贴合棱柱的平坦表面。可包括以下步骤。首先,提供多层光学膜。多层光学膜将充当反射偏振片。这可能类似于图 5 的反射偏振片光学膜 410,不同的是表面 440 可能尚未通过图 4 中所示的步骤而基本上变平。可将压敏粘合剂层(在此对应于粘合剂层 550)施加到多层光学膜的第一表面 440。接着,可将棱柱 560 紧贴压敏粘合剂层在多层光学膜 410 的相对侧面上施加。该方法还可包括将第二层粘合剂(如,层 570)施加到膜 410 的与第一表面 440 相对的第二表面 575 上。然后,可将第二棱柱 580 施加到层 570 的与膜 410 的相对侧面上。本发明方法提供了对该方法的改善,其进一步增强了反射偏振片/棱柱界面的平坦度,使得 PBS 的成像反射具有增强的分辨率。在将压敏粘合剂 550 施加到棱柱 560 和多层光学膜 410 之间后,使该构造经受真空。这可(例如)通过将该构造置于配备有常规真空泵的真空室中来发生。真空室可降低至给定压力,并且可将样品在该压力下保持给定的时间量,如 5-20 分钟。在将空气重新引入该真空室中时,气压将棱柱 560 和多层光学膜 410 推挤到一起。在还施加第二粘合剂层和第二棱柱的情况下,可选对第二界面(如,层 570 处)重复在室中经受真空。向棱柱/MOF 组件施加真空得到在成像光从 PBS 反射出时提供提高有效分辨率的 PBS。还可使用热/压力处理取代或结合真空处理。可能有利的是执行该处理不止一次。

[0047] 实例

[0048] 实例中涉及到以下材料列表及其来源。如果未另外指明,则材料可购自美国威斯康星州密尔沃基的奥德里奇化学公司 (Aldrich Chemical (Milwaukee, WI))。一般根据(例如)U. S. 6179948 (Merrill 等人)、6827886 (Neavin 等人)、2006/0084780 (Hebrink 等人)、2006/0226561 (Merrill 等人)和 2007/0047080 (Stover 等人)中所描述的方法来制备多层

光学膜 (MOF)。

[0049] 粗糙度测量方法

[0050] 将棱柱置于模塑粘土上,并且使用柱塞式校平器进行校平。利用 Wyko[®] 9800 光学干涉仪 (可购自亚利桑那州图森 Veeco Metrology 有限公司 (Veeco Metrology, Inc., Tucson, AZ)) 测量形貌图,所述光学干涉仪具有 10 倍物镜和 0.5 倍场透镜,并且具有以下设置:VSI 检测;各个图使用 6 行和 5 列拼出的 4mm×4mm 扫描区域,2196×2196 的像素与 1.82 μm 的取样;使用倾斜校正和球形校正;30-60 微米后扫描长度与 60-100 前扫描长度;并且调制检测阈值为 2%。以 95%与 10 μm 后扫描长度启用自动扫描检测 (该较短的后扫描长度避免了数据采集中的表面下反射)。

[0051] 测量每个棱柱的斜边-面中心区中的 4mm×4mm 区域。具体地,对每个区域的形貌进行测量、绘图,并且计算粗糙度参数 Ra、Rq 和 Rz。每个棱柱获得一个测量区域。在每种情况下测量三个棱柱样品,并且测定粗糙度参数的平均值和标准偏差。

[0052] 实例 1:湿施用方法:

[0053] 将反射偏振多层光学膜 (MOF) 以下列方式可剥离设置到光学平坦基底上。首先,将在水中包含大约 0.5%温和餐具洗涤剂的润湿溶液置于喷瓶中。获得大约 6mm 的高光泽丙烯酸类树脂的片材,并且在洁净的通风橱中从一个侧面移除保护层。用润湿溶液喷涂暴露的丙烯酸类树脂表面,使得整个表面被润湿。单独获得一片 MOF,并且在洁净的通风橱中移除其表层之一。用润湿溶液喷涂 MOF 的暴露表面,并且使 MOF 的湿表面与丙烯酸类树脂片材的湿表面接触。将重质隔离衬片施加到 MOF 的表面以防止对 MOF 的损坏,并且使用 3M[™]PA-1 涂覆器 (购自美国明尼苏达州圣保罗的 3M 公司 (3M Company, St. Paul, MN)) 将 MOF 向下滚压至丙烯酸类树脂的表面。这将使大多数润湿溶液从两个润湿表面之间排出。完成该操作后,将第二表层从 MOF 移除。施加的 MOF 的检测显示,MOF 表面比丙烯酸类树脂的表面不规则得多。在 24 小时后再次检测时,观察到 MOF 表面的平坦度与丙烯酸类树脂片材相差无几。随时间推移观察到的该变平与残留润湿溶液从两个表面之间蒸发从而允许 MOF 紧密贴合丙烯酸类树脂的表面相关。虽然 MOF 紧密且稳固地贴合丙烯酸类树脂的表面,但可以通过将 MOF 从丙烯酸类树脂的表面剥离而容易地将其移除。

[0054] 通过将少量的诺兰光学粘合剂 73 (购自美国新泽西州克兰伯里的诺兰产品公司 (Norland Products, Cranbury, NJ)) 置于 MOF 的表面上而制备成像 PBS。缓慢地将 10mm 45° BK7 磨光玻璃棱柱的斜边放置成与粘合剂接触,使得不会在粘合剂中引入气泡。选择粘合剂的量,使得当将棱柱置于粘合剂上时,有足够的粘合剂流出棱柱的边缘,但是粘合剂不要太多,否则导致粘合剂大量溢出棱柱的周边。结果是棱柱基本上平行于 MOF 的表面,并且被一层大约均匀厚度的粘合剂分离。

[0055] 使用紫外固化灯以通过棱柱固化粘合剂层。固化后,将 MOF 中大于棱柱并包含棱柱的一部分从丙烯酸类树脂基底剥离。通过弯曲丙烯酸类树脂板有利于移除,从而允许刚性棱柱和 MOF 复合材料更容易地从丙烯酸类树脂板脱离。棱柱 /MOF 复合材料的检测显示,尽管 MOF 从丙烯酸类树脂板移除,其仍保持其平坦度。

[0056] 然后,MOF 的粗糙度参数被测量并在下表中列出报告,所述测量在“粗糙度测量方法”中描述。

[0057]

	平均值	标准偏差
Ra (nm)	34	12
Rq (nm)	51	30
Rz (μm)	6.7	8.5

[0058] 将少量的诺兰光学粘合剂施加至棱柱/MOF复合材料的MOF表面上。获得第二10mm 45°棱柱,并且将其斜边设置成与粘合剂接触。使第二棱柱对齐,使得其主轴线和副轴线基本上平行于第一棱柱的主轴线和副轴线,并且这两个斜边表面基本上共延。使用紫外固化灯固化粘合剂层,使得第二45°棱柱粘结至棱柱/MOF复合材料。所得构造为偏振分束器。

[0059] 实例2:使用加热和压力的PSA(压敏粘合剂)方法

[0060] 通过取3M™光学透明粘合剂8141(购自美国明尼苏达州圣保罗的3M公司(3M Company, St. Paul, MN))的样品,并使用滚筒层压方法将其层压至反射偏振MOF,而形成粘合剂构造。将一片该粘合剂构造附着到类似于实例1中所用的玻璃棱柱的斜边。将所得MOF/棱柱复合材料置于高压釜烘箱中,并且在60°C和550kPa(80psi)下处理两小时。取出样品,并且将少量的可热固化光学环氧树脂施加到MOF/棱柱复合材料的MOF表面。如实例1中所示将棱柱对齐。然后,将样品放回烘箱中,并且再次在60°C和550kPa(80psi)下处理,这个时间为24小时。所得构造为偏振分束器。

[0061] 实例2A:使用加热和压力的PSA方法所得的粗糙度

[0062] 使用实例2的方法制备的MOF的粗糙度如下测定。使用手压滚筒将一片测量为17mm×17mm的MOF层压成具有17mm宽度的玻璃立方体。该玻璃立方体具有约0.25 λ 的平坦度,其中 λ 等于632.80nm(光的基准波长)。将滚筒层压的MOF在高压釜烘箱中在60°C和550kPa(80psi)下退火两小时。使用翟柯干涉仪(Zygo Interferometer)(购自美国康涅狄格州米德尔菲尔德的翟柯公司(Zygo Corporation, Middlefield CT)),使用具有 $\lambda = 632.80\text{nm}$ 波长的光来测量经滚筒层压的MOF的平坦度。翟柯干涉仪报告了峰到谷粗糙度,其中使用了倾斜校正,且未应用球形校正。在17mm×17mm区域之上测量的峰到谷的粗糙度测定为1.475 λ 或约933nm。

[0063] 实例3:使用真空的PSA方法

[0064] 将一片实例2的粘合剂构造以类似于实例2中的方式附着到玻璃棱柱。将所得的棱柱/MOF复合材料置于配备有常规真空泵的真空室中。将该室抽空至约71cm(28英寸)汞柱,并且将样品保持在真空下约15分钟。

[0065] 从真空室中取出样品,并且如“粗糙度测量方法”中所述方法测量MOF的粗糙度参数,并将测量值列于下表中。

[0066]

	平均值	标准偏差
Ra (nm)	32	3
Rq (nm)	40	5
Rz (μm)	1.2	0.7

[0067] 使用实例 1 的技术和紫外光学粘合剂,将第二棱柱附接至棱柱 /MOF 复合材料。所得构造为偏振分束器。

[0068] 实例 4:

[0069] 实例 3 的膜被粘合到具有 7mm 宽度、10mm 长度和 181 微米厚度的透明的玻璃基底。该膜使用 3M™ 光学透明的粘合剂 8141 (购自美国明尼苏达州圣保罗的 3M 公司 (3M Company, St. Paul, MN)) 被附着到玻璃基底。粘合剂厚度为 12.5 微米。玻璃基底和膜层压体穿过辊隙。接下来,层合体以 45 度角被粘合到基底,使得所反射的偏振平行于基底,并且所透射的偏振具有 45 度的标称入射角。MPro 120 微投影仪 (同样购自 3M 公司) 被修改,使得来自投影仪的照明源的光径直穿过层合体到投影仪的 LCoS 成像器,层压体的膜侧面面向 LCoS 成像器,并且由成像器选择的光以 90 度角被反射。

[0070] 比较例 C-1

[0071] 根据 U. S. 7234816 (Bruzzone 等人) 形成偏振分束器构造。使用手压滚筒将一片实例 2 的粘合剂构造附着至玻璃棱柱,从而形成 MOF/ 棱柱复合材料。

[0072] 然后,如“粗糙度测量方法”中所述方法测量 MOF 的粗糙度参数,并将测量值列于下表中。

[0073]

	平均值	标准偏差
Ra (nm)	65	20
Rq (nm)	100	18
Rz (μm)	8.6	5.1

[0074] 使用实例 1 的技术和紫外光学粘合剂,将第二棱柱附接至棱柱 /MOF 复合材料。所得构造为偏振分束器。

[0075] 性能评估

[0076] 使用分辨率测试投影仪评估实例 1、2、3 和比较例 C-1 的偏振分束器反射图像的能力。由在其它实例中使用并且作为全内反射 (TIR) 反射器工作的 45° 棱柱之一组成的基准反射器被用于确立该测试投影仪的最佳可能性能。

[0077] 用弧灯光源对 24X 减小的测试目标进行背照。附接到测试目标的前表面的为 45° 棱柱,其与早前实例中使用的那些(并且在本文中称为照明棱柱)相同。从光源水平行进穿过测试目标的来自测试目标的光进入照明棱柱的一个面,从斜边(经由 TIR)反射出,并且射出棱柱的第二面。将棱柱的第二面取向成使得射出的光是垂直导向的。将得自实例的各种 PBS 以及基准棱柱置于照明棱柱的第二面的顶部上。对 PBS 中的反射表面(MOF)以及来自基准棱柱的斜边取向,使得从 MOF 或基准棱柱的斜边反射的光向前并且水平导向。将从 3M™SCP712 数字投影仪(购自美国明尼苏达州圣保罗的 3M 公司(3M Company, St. Paul, MN))获得的 F/2.4 投影透镜置于 PBS 或基准棱柱的射出表面处,并且聚焦回到测试目标上,从而形成一种“潜望镜”布局。

[0078] 然后,使用该光学系统以评估每个不同的 PBS 在以反射模式工作时分辨测试目标的能力。在该系统中,将测试目标的大约 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 部分投影至约 150cm(60 英寸)对角线。在测试目标的该区域内,多次重复分辨率图像。测试目标在投影图像的不同位置的五个不同的同型重复被评估:左上、左下、中心、右上和右下。评估每个测试目标,以确定清晰分辨的最高分辨率。根据该方案,需要分辨最大分辨率以及低于该水平的所有分辨率。存在局部失真导致尽管较高的分辨率(在稍有不同的位置中)被分辨,但较低的分辨率无法被分辨的情况。该选择的原因是为了使 PBS 在反射模式中有效地运作,整个视场而非仅小区域必须被分辨。

[0079] 对每个实例的多个样品进行测试。一旦确立每个 PBS 上的每个位置的最大分辨率,计算每种类型的棱柱(即,实例 1-3、比较例 C-1 和基准棱柱)的平均值和标准偏差。将“有效分辨率”定义为平均值减去两个标准偏差。该尺度由以“线对 /mm”(lp/mm)为单位的数据确定,并且然后以最小可分辨像素的大小表达,该最小可分辨像素被测定为以 lp/mm 表达的有效分辨率的倒数的 1/2。该定义阐释了分辨率仅与横跨视场的最小分辨率一样好的事实。有效分辨率表示预期特定 PBS 组合能够可靠地(横跨图像的 95%)被分辨的最大分辨率。

[0080] 表 1 示出了本公开内不同实例的测量结果,并且表 2 示出了所得的有效分辨率。如可见,基准样品可分辨 $5\ \mu\text{m}$ 的像素。得自实例 1 的 PBS 还可分辨几乎为 $5\ \mu\text{m}$ 的像素。实例 2 能够分辨低至至少 $12\ \mu\text{m}$,并且得自实例 3 的 PBS 能够分辨低至 $7\ \mu\text{m}$ 。所有这些构造应当足以用于至少一些反射成像应用。另一方面,得自比较例 C-1 的 PBS 限于分辨约 18 微米的像素,并且对于反射成像构造可能不是可靠的选择。

[0081] 表 1:样品在五个位置处的线对 /mm

[0082]

实例	样品	顶部 右 (lp/mm)	底部 右 (lp/mm)	中心 (lp/mm)	底部 左 (lp/mm)	顶部 左 (lp/mm)
参照例	A	170.4	170.4	108.0	192.0	170.4
1	B	151.2	170.4	120.0	151.2	120.0
1	C	151.2	151.2	108.0	120.0	151.2
1	D	151.2	151.2	108.0	134.4	120.0
2	E	151.2	134.4	60.0	108.0	86.4
2	F	134.4	134.4	67.2	96.0	96.0
2	G	134.4	134.4	96.0	60.0	76.8
3	H	134.4	134.4	96.0	86.4	120.0
3	I	134.4	151.2	108.0	96.0	96.0

[0083]

C-1	J	151.2	134.4	48.0	60.0	76.8
C-1	K	120.0	134.4	60.0	96.0	60.0
C-1	L	120.0	120.0	60.0	86.4	86.4
C-1	M	134.4	120.0	60.0	60.0	86.4

[0084] 表 2 : 示例性膜的有效分辨率

[0085]

实例	平均值 (lp/mm)	标准偏差 (lp/mm)	有效分辨率 (lp/mm)	有效分辨率 (μm)
参照例	162.2	31.7	98.8	5.06
1	137.3	19.6	98.1	5.10
2	104.6	30.9	42.9	11.65
3	115.7	22.1	71.4	7.00
C-1	93.7	32.8	28.2	17.74

[0086] 在一些情况下, 偏振分束器是以具有相对平行或接近平行的主表面的板的形式。此类分束器板是薄的并且具有平坦的最外主表面和内部主表面, 其可导致投影在图像播放上的和 / 或显示给观察者的高对比度和高分辨率的图像。偏振分束器包括粘合到一个或多个

个薄的光学透明的基底的多层光学膜反射偏振片。透明基底可以是无机材料,诸如玻璃,或者有机材料,诸如聚合物,或者无机材料和有机材料的组合。

[0087] 图6是包括光源605、第一成像器610和偏振分束器板620的偏振子系统600的示意图。光源605发射照明并且由第一成像器610接收的光625。第一成像器610调节所接收的光并且发射由偏振分束器板620接收的成像光615。偏振分束器板朝向观察者680或屏幕690将所接收的成像光反射为反射光695。偏振分束器板620包括第一基底630、设置在第一基底上的多层光学膜反射偏振片640,以及设置在多层光学膜反射偏振片640上的第二基底650,使得多层光学膜反射偏振片640设置在第一基底630和第二基底650之间。多层光学膜反射偏振片640经由相应的粘合剂层660和670被粘合或附着到第一基底630和第二基底650,其中这两个粘合剂层中的每一个可以是或者可以包括本文所公开的任何粘合剂。例如,在一些情况下,粘合剂层660和670中的一个或两个可以是或者可以包括压敏粘合剂、UV固化粘合剂,或者光学环氧树脂。偏振分束器板620包括第一最外主表面622和与主表面622成角度 θ 的相对的第二最外主表面624,其中角度 θ 小于约20度,或者小于约15度,或者小于约10度,或者小于约7度,或者小于约5度,或者小于约3度,或者小于约2度,或者小于约1度。

[0088] 朝向观察者680或屏幕690传播的反射光695具有小于15微米,或者小于12微米,或者小于10微米,或者小于9微米,或者小于8微米,或者小于7微米,或者小于6微米,或者小于5微米,或者小于4微米的有效像素分辨率。在一些情况下,偏振分束器板620是薄的。在这些情况下,第一最外主表面622和第二最外主表面624之间的最大间隔 d 小于约2mm,或者小于约1.75mm,或者小于约1.5mm,或者小于约1.25mm,或者小于约1mm,或者小于约0.75mm,或者小于约0.5mm。在一些情况下,第一最外主表面622和第二最外主表面624是平坦的。在一些情况下,第一最外主表面622和第二最外主表面624的至少一个是非平坦的。例如,在一些情况下,第一最外主表面622和第二最外主表面624的至少一个包括弯曲部,或者如在图7中大体示意性地示出的,是凹面或凸面。在一些情况下,第一最外主表面622和第二最外主表面624的至少一个背向或朝向偏振分束器板620弯曲。

[0089] 基底630和650的每一个可以是在应用中期望的任何类型的基底。例如,基底630和650可包括玻璃或聚合物。基底630和650可以各自是单层,意味着在基底内不存在嵌入的或内部主表面。在一些情况下,第一基底630和第二基底650的至少一个可包括两层或更多层。在一些情况下,基底630和650经目测是各向同性的,意味着基底具有沿三个互相正交的方向的基本上等同的折射率。在一些情况下,基底630和650具有非常低的光散射特性。例如,在这些情况下,基底630和650的每一个具有小于约5%,或小于约4%,或小于约3%,或小于约2%,或小于约1%,或小于约0.5%的漫透射。如本文所用,漫透射是指对于平行的垂直光入射角的2度的半角锥之外透射的光。

[0090] 第一成像器605可以是在应用中可期望的本文所公开的任何第一成像器。例如,在一些情况下,第一成像器605可包括或可以是LCOS成像器。在一些情况下,偏振子系统600包括投影透镜675,其在光被成像并且将其朝向观察者或屏幕投影为光695之后从偏振分束器板620接收光。在一些情况下,多层光学膜反射偏振片620具有小于45nm的表面粗糙度 R_a 或小于80nm的表面粗糙度 R_q ,或者小于40nm的表面粗糙度 R_a 或小于70nm的表面粗糙度 R_q ,或者小于35nm的表面粗糙度 R_a 或小于55nm的表面粗糙度 R_q 。

[0091] 偏振子系统 600 可以并入在应用中可期望的任何系统。例如,在一些情况下,三维图像投影仪包括偏振子系统 600。光源 605 可以是或可以包括本文所公开的任何类型的光源。在一些情况下,光源 605 包括一个或多个 LED。在一些情况下,投影系统包括投影子系统 600 并且第一成像器 610 被像素化并且包括多个像素。该像素可以形成像素的规则阵列,其形成像素的行和列。投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上。每个像素在屏幕上具有预期位置,在屏幕上具有预期面积,在屏幕上具有实际位置,并且在屏幕上具有实际面积。在一些情况下,在屏幕上的每个像素的实际位置在中心位于像素的预期位置的圆内,并且具有的实际面积小于该像素的预期面积的 1/100,或者 1/75,或者 1/50,或者 1/25,或者 1/15,或者 1/10,或者 1/5,或者 1/2。在一些情况下,在屏幕上投影的像素的实际面积小于在屏幕上投影的像素的预期面积的 1/10,或者 1/7,或者 1/5,或者 1/3,或者 1/2。

[0092] 图 8 是反射型成像系统 800 的示意图,其中由光源 605 发射的成像光 625 由偏振分束器板 620 朝向成像器 610 反射并且由成像器朝向分束器板反射为成像光 615,该分束器板将成像光朝向观察者 680 反射为反射光 695。由于多层光学膜反射偏振片 640 基本上是平坦的,反射的成像光 695 具有极大改善的有效像素分辨率。图 9 是透射型成像系统 900 的示意图,其中由光源 605 发射的成像光 625 由偏振分束器板 620 朝向成像器 610 反射并且由成像器朝向分束器板反射为成像光 615,该分束器板将成像光朝向屏幕 690 (或者与图 8 中的系统 800 类似的观察者 680) 透射为透射光 695。由于多层光学膜反射偏振片 640 基本上是平坦的,由分束器板朝向成像器反射的光以极大改善的均匀度照射成像器。图 10 是反射透射型成像系统 1000 的示意图,其中由成像光源 1005 发射的成像光 615 由偏振分束器板 620 朝向观察者 680 反射。观察者 680 还可以观察由环境光 1020 携带并且由分束器板 620 透射的环境图像。

[0093] 偏振分束器板 620 可以使用本文所公开的任何过程或方法制造。例如,偏振分束器板 620 可以使用与图 4 和图 5 有关的公开的过程构造或制造,不同的是棱镜 560 和 580 用基底 630 和 650 替换。

[0094] 以下为本公开各项的列表:

[0095] 项 1 是偏振子系统,包括:

[0096] 第一成像器;和

[0097] 偏振分束器板,其用于从所述成像器接收成像光并且包括:

[0098] 第一基底;

[0099] 多层光学膜反射偏振片,其设置在第一基底上;

[0100] 第一最外主表面;和

[0101] 与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面,

[0102] 其中偏振分束器板朝向观察者或带有所反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率的屏幕反射所接收的成像光。

[0103] 项 2 是根据项 1 的偏振子系统,其中第二最外主表面与第一最外主表面成小于约 15 度的角。

[0104] 项 3 是根据项 1 的偏振子系统,其中第二最外主表面与第一最外主表面成小于约 10 度的角。

[0105] 项 4 是根据项 1 的偏振子系统,其中第二最外主表面与第一最外主表面成小于约

5 度的角。

[0106] 项 5 是根据项 1 的偏振子系统,其中第二最外主表面与第一最外主表面成小于约 2 度的角。

[0107] 项 6 是根据项 1 的偏振子系统,其中在第一最外主表面和第二最外主表面之间的最大间隔小于约 1.5mm。

[0108] 项 7 是根据项 1 的偏振子系统,其中在第一最外主表面和第二最外主表面之间的最大间隔小于约 1mm。

[0109] 项 8 是根据项 1 的偏振子系统,其中在第一最外主表面和第二最外主表面之间的最大间隔小于约 0.75mm。

[0110] 项 9 是根据项 1 的偏振子系统,其中在第一最外主表面和第二最外主表面之间的最大间隔小于约 0.5mm。

[0111] 项 10 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一最外主表面和第二最外主表面的至少一个包括弯曲部。

[0112] 项 11 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一最外主表面和第二最外主表面的至少一个是凹面。

[0113] 项 12 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一最外主表面和第二最外主表面的至少一个远离偏振分束器板弯曲。

[0114] 项 13 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一最外主表面和第二最外主表面的至少一个是凸面。

[0115] 项 14 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一最外主表面和第二最外主表面的至少一个朝向偏振分束器板弯曲。

[0116] 项 15 是根据项 1 的偏振子系统,其中多层光学膜反射偏振片由粘合剂附着到第一基底。

[0117] 项 16 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一基底包括玻璃。

[0118] 项 17 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一基底包括聚合物。

[0119] 项 18 是根据项 1 的偏振子系统,还包括第二基底,多层光学膜反射偏振片设置在第一基底和第二基底之间。

[0120] 项 19 是根据项 18 的偏振子系统,其中多层光学膜反射偏振片由粘合剂附着到第一基底和第二基底。

[0121] 项 20 是根据项 1 的偏振子系统,其中偏振分束器板朝向观察者或带有所反射的成像光具有小于 9 微米的有效像素分辨率的屏幕反射所接收的成像光。

[0122] 项 21 是根据项 1 的偏振子系统,其中偏振分束器板朝向观察者或带有所反射的成像光具有小于 6 微米的有效像素分辨率的屏幕反射所接收的成像光。

[0123] 项 22 是根据项 1 的偏振子系统,其中第一成像器包括 LCOS 成像器。

[0124] 项 23 是根据项 1 的偏振子系统,还包括投影透镜,其在光被成像并且将其朝向观察者或屏幕投影之后从偏振分束器板接收光。

[0125] 项 24 是根据项 1 的偏振子系统,其中多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

[0126] 项 25 是包括根据项 1 的偏振子系统的三维图像投影仪。

- [0127] 项 26 是偏振分束器板,包括:
- [0128] 第一基底;
- [0129] 第二基底;
- [0130] 设置在第一基底和第二基底之间并且附着到第一基底和第二基底的多层光学膜反射偏振片;
- [0131] 第一最外主表面;和
- [0132] 与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面,其中偏振分束器板适于朝向观察者或屏幕反射成像光,反射的成像光具有小于 12 微米的有效像素分辨率。
- [0133] 项 27 是根据项 26 的偏振分束器板,其中偏振分束器板适于朝向观察者或屏幕反射成像光,所反射的成像光具有小于 9 微米的有效像素分辨率。
- [0134] 项 28 是根据项 26 的偏振分束器板,其中偏振分束器板适于朝向观察者或屏幕反射成像光,所反射的成像光具有小于 6 微米的有效像素分辨率。
- [0135] 项 29 是根据项 26 的偏振分束器板,其中第一基底包括玻璃或聚合物。
- [0136] 项 30 是根据项 26 的偏振分束器板,其中第二基底包括玻璃或聚合物。
- [0137] 项 31 是根据项 26 的偏振分束器板,其中多层光学膜反射偏振片用压敏粘合剂、UV 固化粘合剂,或者光学环氧树脂附着到第一基底和第二基底。
- [0138] 项 32 是根据项 26 的偏振分束器板,其中多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。
- [0139] 项 33 是根据项 26 的偏振分束器板,其中第一基底和第二基底的至少一个具有小于约 2%的漫透射。
- [0140] 项 34 是根据项 26 的偏振分束器板,其中第一基底和第二基底的至少一个具有小于约 1%的漫透射。
- [0141] 项 35 是投影子系统,包括:
- [0142] 光源;
- [0143] 第一成像器,其将从光源接收的光成像;和
- [0144] 偏振分束器板,其从第一成像器接收成像光并且包括:
- [0145] 多层光学膜反射偏振片;
- [0146] 第一最外主表面;和
- [0147] 与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;
- [0148] 其中偏振分束器板朝向具有小于 12 微米的有效像素分辨率的像平面反射所接收的成像光。
- [0149] 项 36 是根据项 35 的投影子系统,其中偏振分束器板朝向具有小于 9 微米的有效像素分辨率的像平面反射所接收的成像光。
- [0150] 项 37 是根据项 35 的投影子系统,其中偏振分束器板朝向具有小于 6 微米的有效像素分辨率的像平面反射所接收的成像光。
- [0151] 项 38 是根据项 35 的投影子系统,其中光源包括 LED。
- [0152] 项 39 是根据项 35 的投影子系统,其中多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。
- [0153] 项 40 是包括根据项 35 的投影子系统的投影系统,第一成像器被像素化并且包括

多个像素,投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上,在屏幕上每个像素具有预期位置和预期面积,在屏幕上每个像素的实际位置在中心位于像素的预期位置的圆圈内,并且具有面积为像素的预期面积的 1/50。

[0154] 项 41 是包括根据项 35 的投影子系统的投影系统,第一成像器被像素化并且包括多个像素,投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上,在屏幕上每个像素具有预期位置和预期面积,在屏幕上每个像素的实际位置在中心位于像素的预期位置的圆圈内,并且具有面积为像素的预期面积的 1/10。

[0155] 项 42 是包括根据项 35 的投影子系统的投影系统,第一成像器被像素化并且包括多个像素,投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上,在屏幕上每个像素具有预期位置和预期面积,在屏幕上每个像素的实际位置在中心位于像素的预期位置的圆圈内,并且具有面积为像素的预期面积的 1/5。

[0156] 项 43 是包括根据项 35 的投影子系统的投影系统,第一成像器被像素化并且包括多个像素,投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上,每个像素在屏幕上具有预期面积并且在屏幕上具有实际面积,在屏幕上每个投影的像素的实际面积为在屏幕上投影的像素的预期面积的 1/5。

[0157] 项 44 是包括根据项 35 的投影子系统的投影系统,第一成像器被像素化并且包括多个像素,投影系统以多个像素将像素的图像投影到屏幕上,每个像素在屏幕上具有预期面积并且在屏幕上具有实际面积,在屏幕上每个投影的像素的实际面积为在屏幕上投影的像素的预期面积的 1/2。

[0158] 项 45 是偏振子系统,包括:

[0159] 第一成像器;和

[0160] 偏振分束器板,其从成像器接收成像光并且包括:

[0161] 多层光学膜反射偏振片;

[0162] 第一最外主表面;和

[0163] 与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;

[0164] 其中偏振分束器板朝向观察者或屏幕反射所接收的成像光,并且其中多层光学膜反射偏振片具有小于 45nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 80nm 的表面粗糙度 Rq。

[0165] 项 46 是根据项 45 的投影子系统,其中多层光学膜反射偏振片具有小于 40nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 70nm 的表面粗糙度 Rq。

[0166] 项 47 是根据项 45 的投影子系统,其中多层光学膜反射偏振片具有小于 35nm 的表面粗糙度 Ra 或小于 55nm 的表面粗糙度 Rq。

[0167] 项 48 是制备平膜的方法,包括:

[0168] 提供多层光学膜;

[0169] 提供临时平坦基底;

[0170] 将所述多层光学膜的第一表面可剥离地附接到所述临时平坦基底;

[0171] 提供永久基底,永久基底包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;

[0172] 将所述多层光学膜的第二表面附接到所述永久基底;以及

[0173] 将所述多层光学膜从所述临时平坦基底移除。

[0174] 项 49 是根据项 48 的方法,其中将多层光学膜的第一表面可剥离地附接到临时平坦基底的步骤包括:

[0175] 用润湿剂润湿临时平坦基底的表面,以创建临时平坦基底的湿表面;

[0176] 将所述多层光学膜施加在所述临时平坦基底的表面上;

[0177] 用橡胶滚轴将所述多层光学膜压在所述临时平坦基底的表面上;以及

[0178] 允许多层光学膜、临时平坦基底和润湿剂干燥。

[0179] 项 50 是根据项 49 的方法,其中基底的表面是通过将润湿剂喷涂到基底上变湿。

[0180] 项 51 是根据项 49 的方法,其中润湿剂是温和的洗涤剂溶液。

[0181] 项 52 是根据项 51 的方法,其中温和的洗涤剂溶液包括在水性溶液中的小于 1% 的洗涤剂。

[0182] 项 53 是根据项 49 的方法,其中允许多层光学膜、临时平坦基底和润湿剂干燥导致多层光学膜的表面适形于临时平坦基底。

[0183] 项 54 是根据项 49 的方法,其中允许多层光学膜、临时平坦基底和润湿剂干燥的步骤包括将光学膜和平坦基底之间的润湿剂芯吸到用于润湿剂蒸发的多层光学膜的边缘,并且导致多层光学膜和临时平坦基底之间的真空密封。

[0184] 项 55 是根据项 49 的方法,其中在用橡胶滚轴压之前,将保护层施加至多层光学膜的与施加到平坦基底的表面相对的侧面上。

[0185] 项 56 是根据项 48 的方法,其中从临时平坦基底移除多层光学膜的步骤包括将多层光学膜从基底剥离。

[0186] 项 57 是根据项 48 的方法,其中临时平坦基底包括丙烯酸玻璃。

[0187] 项 58 是制备偏振分束器板的方法,包括:

[0188] 在与永久基底相对的膜的侧面上将粘合剂施加到根据项 48 的方法制备的膜上;以及

[0189] 将第二永久基底抵靠粘合剂施加。

[0190] 项 59 是根据项 58 的方法,还包括固化该构造。

[0191] 项 60 是根据项 59 的方法,其中固化包括 UV 固化。

[0192] 项 61 是根据项 58 的方法,其中粘合剂包括光学粘合剂。

[0193] 项 62 是根据项 48 的方法,其中之前面对临时平坦基底的多层光学膜的表面具有小于 45nm 的表面粗糙度 R_a 或小于 80nm 的表面粗糙度 R_q 。

[0194] 项 63 是创建光学平坦偏振分束器板的方法,包括:

[0195] 提供多层光学膜反射偏振片;

[0196] 将一层压敏粘合剂施加到所述多层光学膜的第一表面;

[0197] 将第一基底抵靠压敏粘合剂层施加到与多层光学膜相对的侧面上,第一基底包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面;以及

[0198] 将真空施加到压敏粘合剂、多层光学膜和第一基底。

[0199] 项 64 是根据项 63 的方法,还包括:

[0200] 将第二层粘合剂施加到与第一表面相对的多层光学膜的第二表面;以及

[0201] 将第二基底从多层光学膜施加到第二层粘合剂的相对侧,第二基底包括第一最外主表面和与第一最外主表面成小于约 20 度角的相对的第二最外主表面。

[0202] 项 65 是根据项 64 的方法,还包括将真空施加到第二层粘合剂、多层光学膜和第二基底。

[0203] 项 66 是根据项 65 的方法,其中真空通过将构造放置在真空腔室中而施加到该构造。

[0204] 本发明不应被认为限于上述特定实例和实施例,因为详细描述了此类实施例以有利于说明本发明的各个方面。相反,本发明应被理解为覆盖本发明的所有方面,包括落入由所附权利要求书限定的本发明的实质和范围内的各种修改、等同工艺和可供选择的装置。

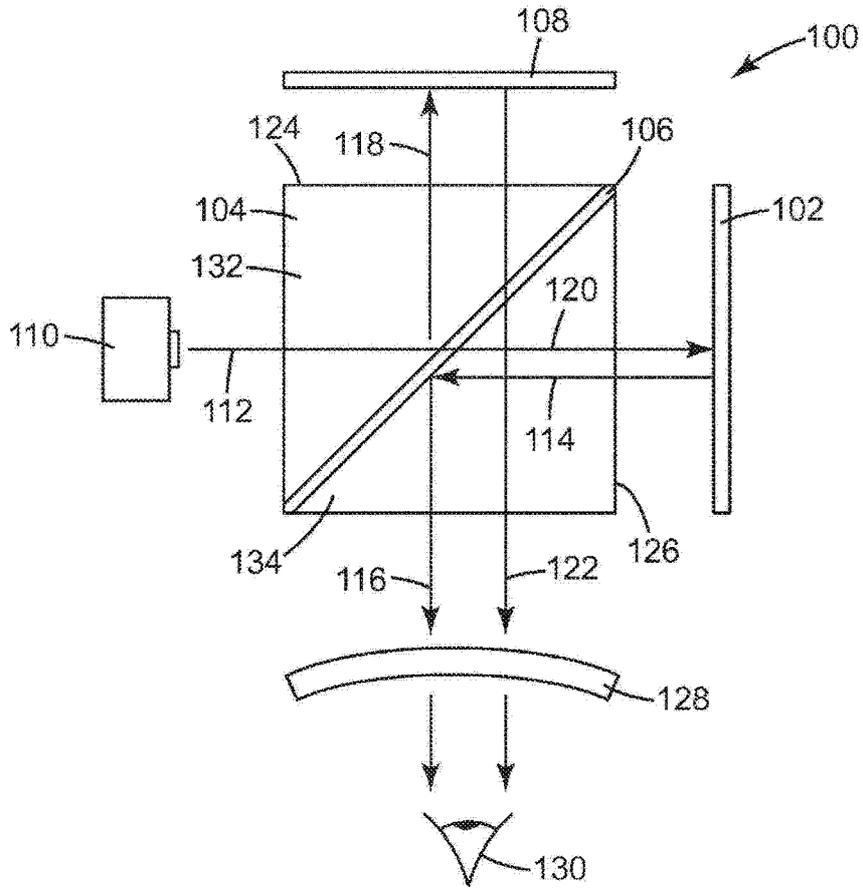


图 1

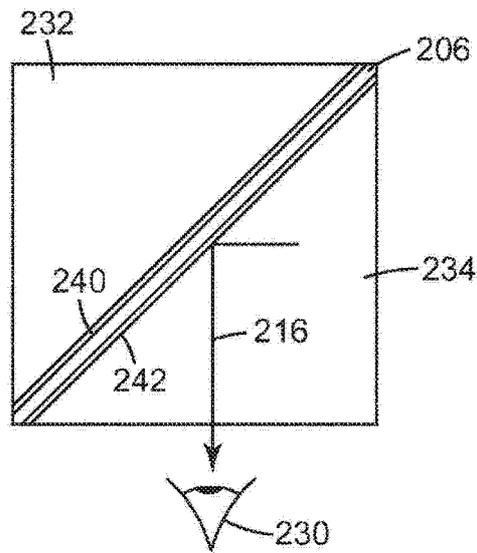


图 2

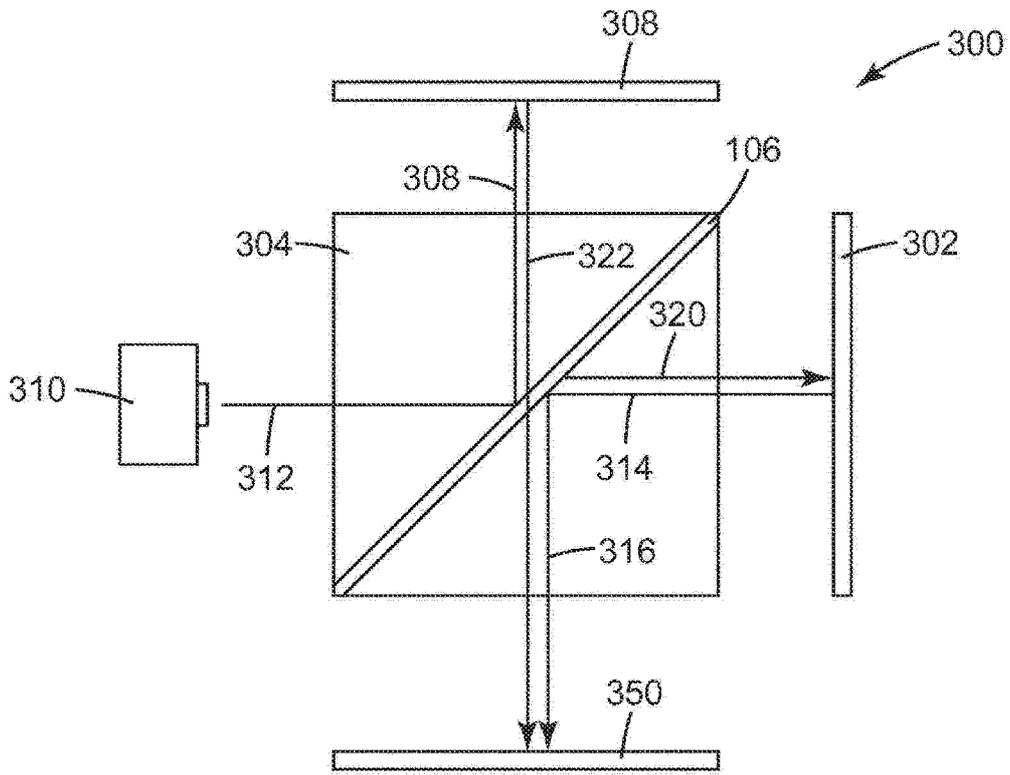


图 3

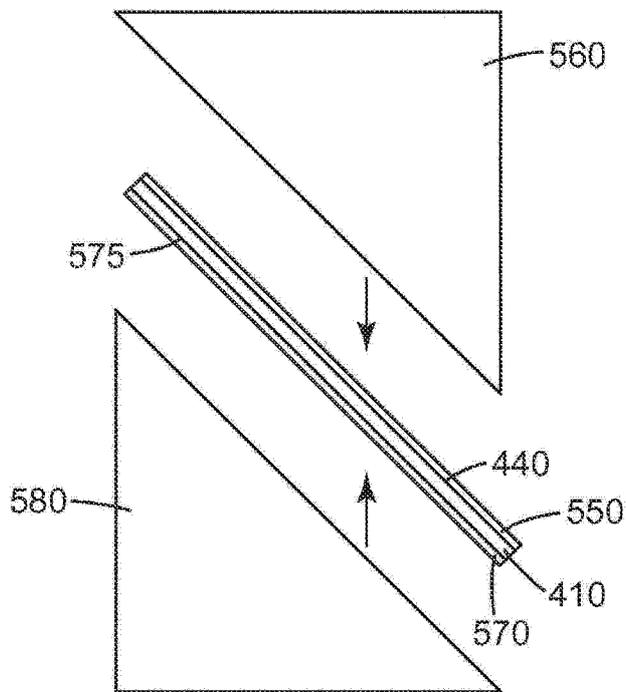


图 5

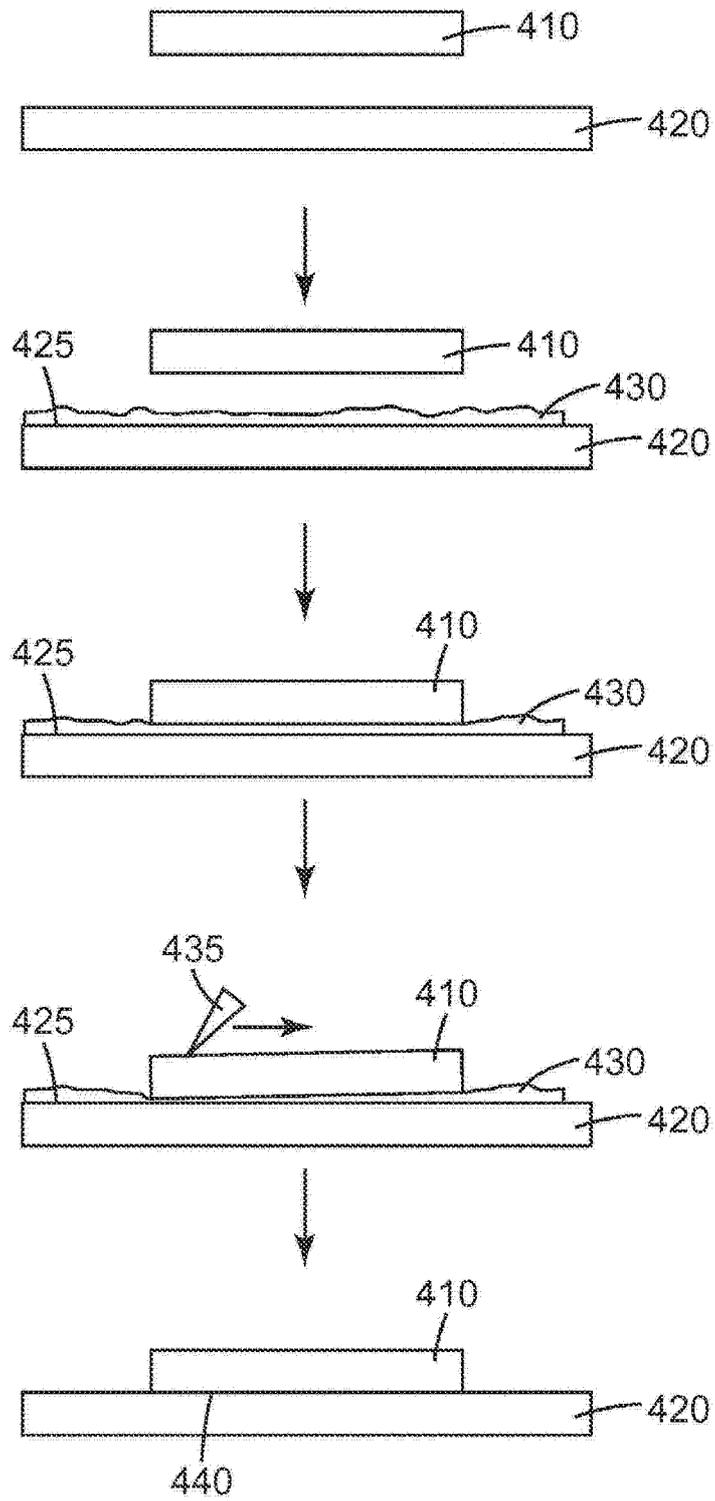


图 4

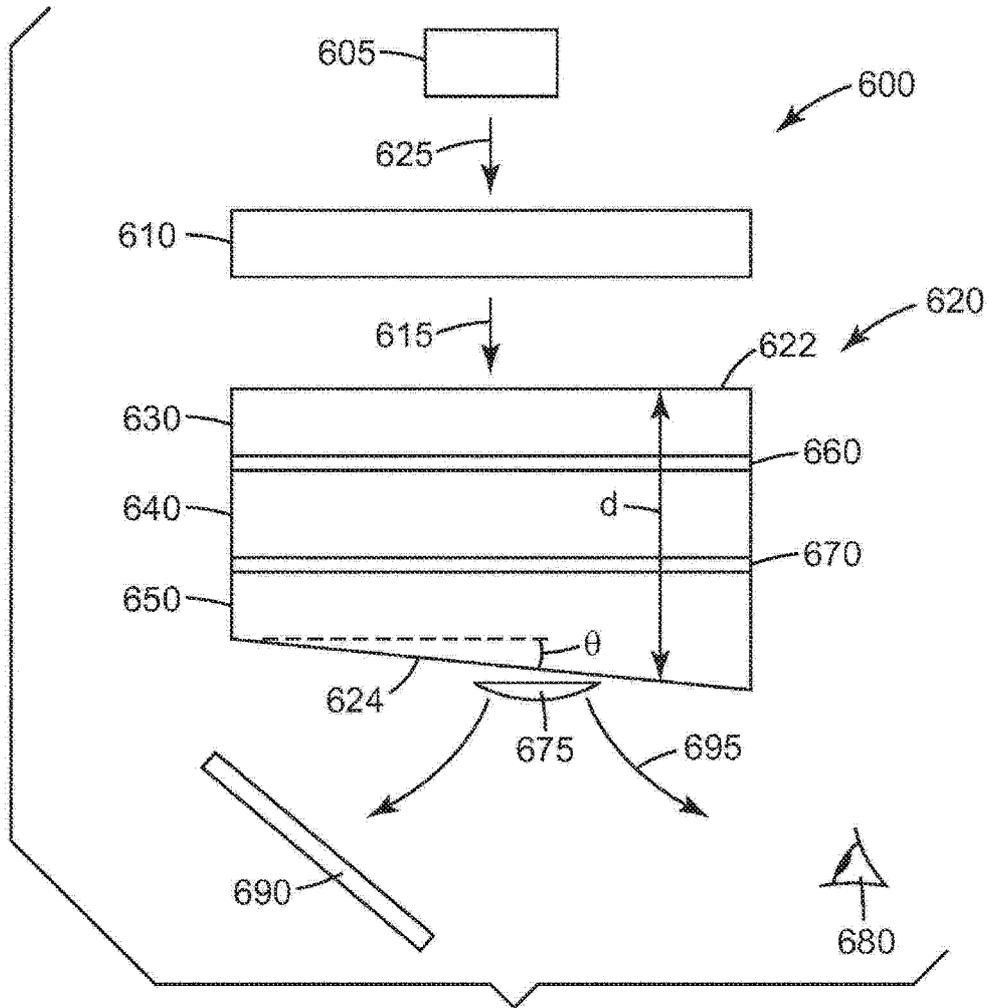


图 6

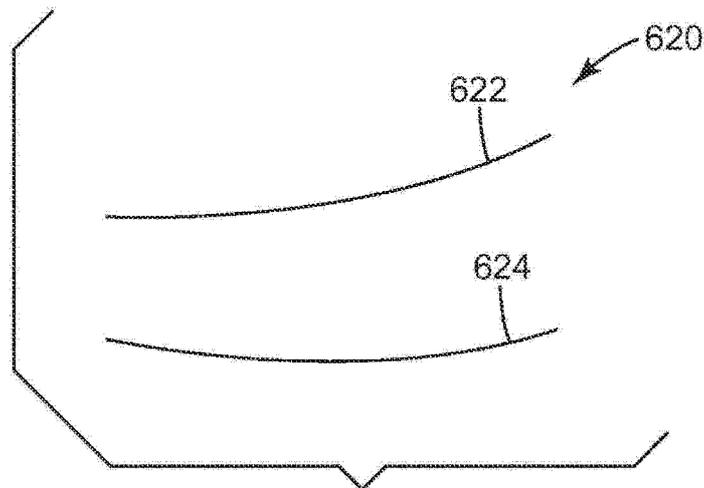


图 7

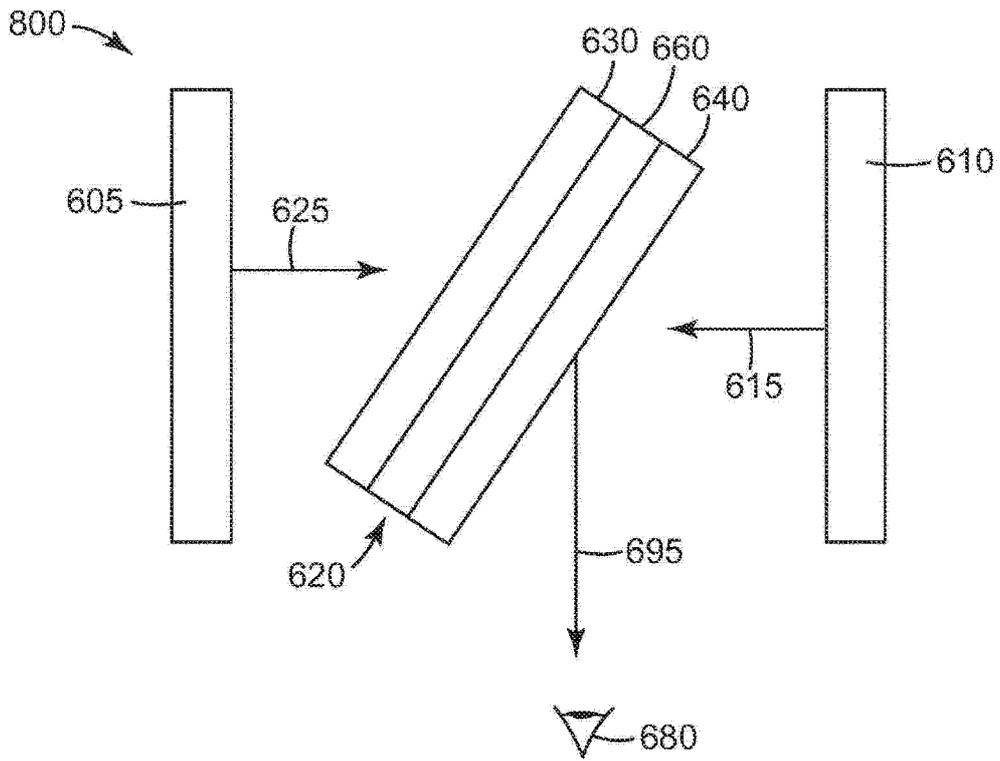


图 8

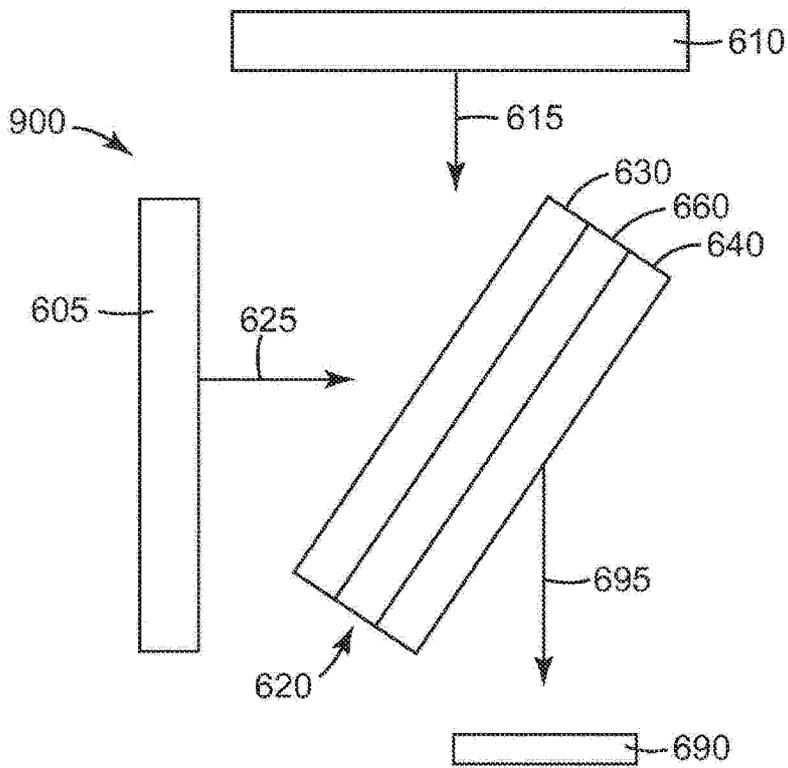


图 9

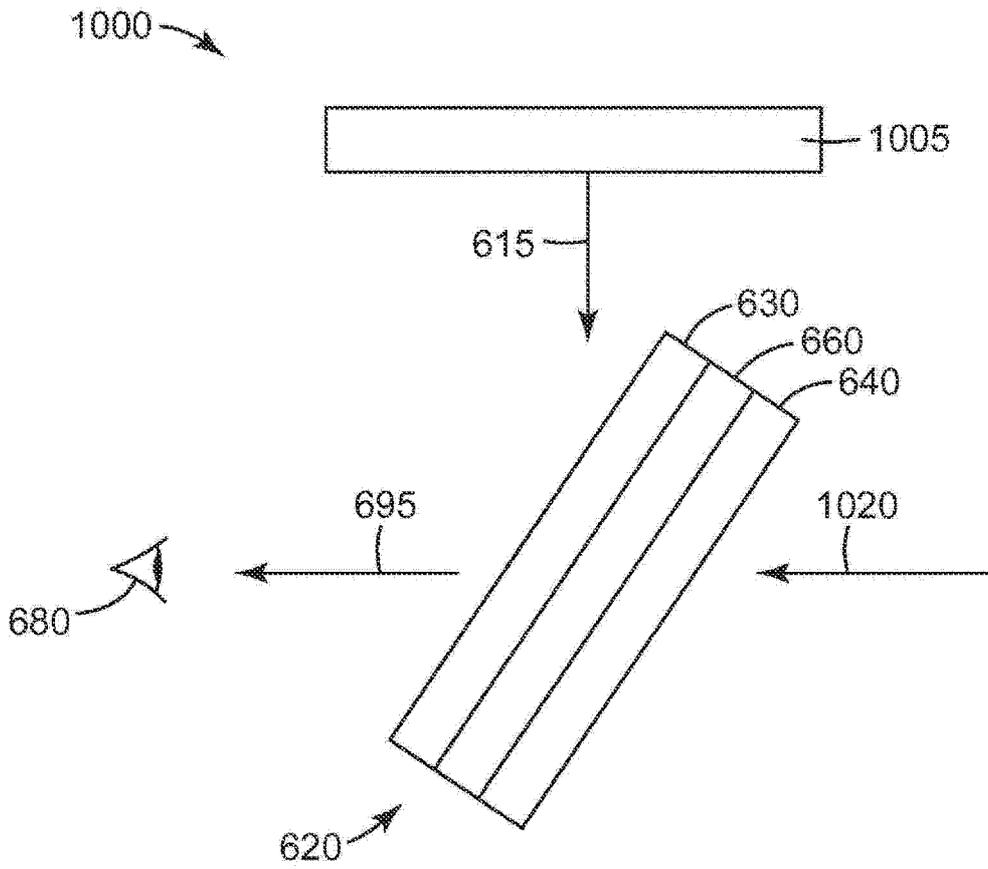


图 10