(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118210141 A
(43)申请公布日 2024.06.18

(21)申请号 202410235528.0

(22)申请日 2021.08.23

(30)优先权数据
63/069,059 2020.08.23 US
63/072,174 2020.08.30 US
63/076,971 2020.09.11 US

(62)分案原申请数据
202180005416.0 2021.08.23

(71)申请人 鲁姆斯有限公司
地址 以色列

(72)发明人 耶谢·丹齐格 希蒙·格拉巴尼克 罗宁·切里基 埃坦·罗宁 埃拉德·沙尔林

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 陈炜 李德山

(51)Int.Cl.
G02B 27/00(2006.01)
G02B 27/01(2006.01)
G02B 27/14(2006.01)
G03B 21/00(2006.01)
G03B 21/14(2006.01)
G03B 33/12(2006.01)

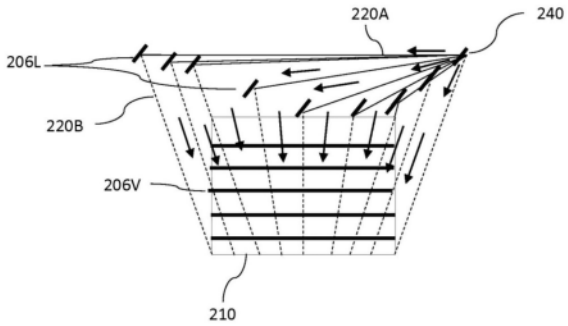
权利要求书2页 说明书15页 附图32页

(54)发明名称

光导以及用于产生光导的方法

(57)摘要

公开了一种光导以及用于产生光导的方法。所述方法包括:提供:(1)透明材料的透明块,其没有内反射表面,具有第一平面和与第一平面不平行的第二平面;(2)透明材料的第一小平面块,其包含相互平行的第一组部分反射内表面,具有第一平面附接表面;以及(3)透明材料的第二小平面块,其包含相互平行的第二组部分反射内表面,具有第二平面附接表面;将第一小平面块的第一平面附接表面接合至透明块的第一平面,并且将第二小平面块的第二平面附接表面接合至透明块的第二平面,从而形成刚性光学组件;沿着穿过透明块以及第一小平面块和第二小平面块的多个平行切片平面对刚性光学组件进行切片,以形成多个光导。



CN 118210141 A

1.一种用于产生光导的方法,所述方法包括以下步骤:

(a)提供:

(i)透明材料的透明块,所述透明块没有内反射表面,所述透明块具有第一平面和与所述第一平面不平行的第二平面;

(ii)透明材料的第一小平面块,所述第一小平面块包含相互平行的第一组部分反射内表面,所述第一小平面块具有第一平面附接表面;以及

(iii)透明材料的第二小平面块,所述第二小平面块包含相互平行的第二组部分反射内表面,所述第二小平面块具有第二平面附接表面;

(b)将所述第一小平面块的所述第一平面附接表面接合至所述透明块的所述第一平面,并且将所述第二小平面块的所述第二平面附接表面接合至所述透明块的所述第二平面,从而形成刚性光学组件,在所述刚性光学组件中,所述第一组部分反射内表面平行于所述第二组部分反射内表面,并且所述第一组部分反射内表面中的至少一个与所述第二组部分反射内表面中的至少一个之间的直线穿过所述透明块;以及

(c)沿着穿过所述透明块以及所述第一小平面块和所述第二小平面块的多个平行切片平面对所述刚性光学组件进行切片,以形成多个光导。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述提供步骤还包括:提供透明材料的第三小平面块,所述第三小平面块包含相互平行的第三组部分反射内表面,所述第三小平面块具有第三平面附接表面,

并且其中,所述接合步骤还包括:将所述第三小平面块的所述第三平面附接表面接合至所述透明块的第三平面,使得所述第三小平面块形成所述刚性光学组件的一部分,在所述刚性光学组件中,所述第三组部分反射内表面与所述第一组部分反射内表面和所述第二组部分反射内表面平行,所述透明块的所述第三平面不平行于所述第一平面和所述第二平面。

3.根据权利要求2所述的方法,其中,在所述刚性光学组件中,所述第一小平面块和所述第二小平面块抵接所述第三小平面块。

4.根据权利要求2所述的方法,其中,在所述刚性光学组件中,所述第一小平面块、所述第二小平面块和所述第三小平面块在所述透明块的一部分周围形成连续体。

5.根据权利要求1所述的方法,还包括:在进行所述切片之前,将所述刚性光学组件附接至具有部分反射界面的接合板的堆叠的附接表面,所述界面和所述附接表面被部署成使得在进行所述切片之后,所述多个光导中的每一个光导包括具有被定向成与所述切片平面成斜角的一组耦出部分反射器的光导部分。

6.一种光导,包括:

(a)透明材料的透明块,所述透明块没有内反射表面;

(b)透明材料的第一小平面块,所述第一小平面块包含相互平行的第一组部分反射内表面,所述第一小平面块在第一平面界面处接合至所述透明块;以及

(c)透明材料的第二小平面块,所述第二小平面块包含相互平行的第二组部分反射内表面,所述第二小平面块在第二平面界面处接合至所述透明块,所述第二平面界面不平行于所述第一平面界面,

其中,所述透明块、所述第一小平面块和所述第二小平面块一起形成由用于支持刚性

光学组件内的内反射的一对平行表面限定的刚性光学组件的至少一部分,并且其中,所述第一组部分反射内表面平行于所述第二组部分反射内表面,并且其中,所述第一组部分反射内表面中的至少一个与所述第二组部分反射内表面中的至少一个之间的直线穿过所述透明块。

7.根据权利要求6所述的光导,还包括:透明材料的第三小平面块,所述第三小平面块包含相互平行的第三组部分反射内表面,所述第三小平面块在第三平面界面处接合至所述透明块,所述第三小平面块形成所述刚性光学组件的一部分,其中,所述第三组部分反射内表面与所述第一组部分反射内表面和所述第二组部分反射内表面平行,所述第三平面界面不与所述第一平面界面和所述第二平面界面平行。

8.根据权利要求7所述的光导,其中,所述第一小平面块和所述第二小平面块抵接所述第三小平面块。

9.根据权利要求7所述的光导,其中,所述第一小平面块、所述第二小平面块和所述第三小平面块在所述透明块的一部分周围形成连续体。

10.根据权利要求6所述的光导,其中,所述刚性光学组件还包括耦出光导部分,所述耦出光导部分包含被定向成与所述一对平行表面成斜角的耦出部分反射器。

光导以及用于产生光导的方法

[0001] 本申请是申请日为2021年8月23日、国际申请号为PCT/IL2021/051034、发明名称为“减少波导的闪烁和重影的用于图像的二维扩展的光学系统”、进入中国国家阶段的申请号为202180005416.0的中国专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及光学系统,并且特别地涉及用于对来自图像投影仪的图像进行二维扩展以显示给用户的光学系统。

背景技术

[0003] 在图1A中示出了近眼显示光学引擎,其包括图像投影仪200,该图像投影仪通过透射耦合棱镜202T以及通过竖直孔径203V将具有角度场的图像光投射到波导204中。光在波导中传播,通过全内反射被反射。嵌入波导中的部分反射器206将图像从波导朝向具有眼球中心208的观察者反射出去(虚线箭头)。

[0004] 图1B示出了通过使用在其背侧具有镜的反射耦合棱镜202R耦合到波导中的替选方式。

[0005] 图1C示意性地示出了2D孔径扩展波导的正视图。此处,图像投影仪200通过耦合棱镜202使图像穿过横向孔径203L(203V也存在,但从该取向不可见)射入到波导204中。当图像光线220A被波导面之间的TIR反射时,图像光线在波导中横向传播。此处使用两组小平面:组206L通过将所引导的图像逐渐地反射到不同的引导方向220B来横向地扩展孔径,而小平面组206V通过将图像从波导上的区域210逐渐地耦出到观察者的眼睛上来竖直地扩展孔径。

发明内容

[0006] 本发明是一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户观看的光学系统。

[0007] 根据本发明的实施方式的教导,提供了一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,该光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件(light-guide optical element,LOE),该LOE包括:(a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;(b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,第二取向不平行于第一取向;(c)一组相互平行的主外表面,主外表面跨第一区域和第二区域延伸,使得第一组部分反射表面和第二组部分反射表面二者位于主外表面之间,其中,第二组部分反射表面与主外表面成斜角,使得通过主外表面处的内反射在LOE内从第一区域传播到第二区域中的图像照射的一部分从LOE朝向眼动箱耦出,并且其中,第一组部分反射表面被定向成使得来自耦入区域的、通过主外表面处的内反射在LOE内传播的图像照射的一部分朝向第二区域偏转,其中,第一组部分反射表面包括:第一部分反射表面,其靠近耦入区域,以贡献于用户在眼动箱处观看到的视场的

第一部分;第三部分反射表面,其在耦入区域远侧,以贡献于用户在眼动箱处观看到的视场的第三部分;以及第二部分反射表面,其位于第一部分反射表面与第三部分反射表面之间的中间平面中,以贡献于用户在眼动箱处观看到的视场的第二部分,其中,第二部分反射表面被部署在中间平面的子区域中,使得从耦入区域传播到第三部分反射表面、并且贡献于用户在眼动箱处观看到的视场的第三部分的图像照射穿过中间平面,而不穿过第二部分反射表面。

[0008] 根据本发明的实施方式的另一特征,耦入区域包括耦入棱镜,该耦入棱镜具有作为第一区域中的主外表面之一的延续的第一平面表面,耦入棱镜具有垂直于主外表面测量的、大于LOE的厚度的厚度尺寸。

[0009] 根据本发明的实施方式的另一特征,耦入棱镜呈现耦入表面和耦入棱镜之间的过渡线作为LOE,耦入表面在平行于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径,并且过渡线在垂直于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径。

[0010] 根据本发明的实施方式的另一特征,第一组部分反射表面还包括位于耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0011] 根据本发明的实施方式的教导,还提供了一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,该光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件(LOE),该LOE包括:(a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;(b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,第二取向不平行于第一取向;(c)一组相互平行的主外表面,主外表面跨第一区域和第二区域延伸,使得第一组部分反射表面和第二组部分反射表面二者位于主外表面之间,其中,第二组部分反射表面与主外表面成斜角,使得通过主外表面处的内反射在LOE内从第一区域传播到第二区域中的图像照射的一部分从LOE朝向眼动箱耦出,并且其中,第一组部分反射表面被定向成使得来自耦入区域的、通过主外表面处的内反射在LOE内传播的图像照射的一部分朝向第二区域偏转,其中,耦入区域包括耦入棱镜,该耦入棱镜具有作为第一区域中的主外表面之一的延续的第一平面表面,耦入棱镜具有垂直于主外表面测量的、大于LOE的厚度的厚度尺寸,并且其中,耦入棱镜呈现耦入表面和耦入棱镜之间的过渡线作为LOE,耦入表面在平行于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径,并且过渡线在垂直于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径。

[0012] 根据本发明的实施方式的另一特征,第一组部分反射表面还包括位于耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0013] 根据本发明的实施方式的教导,还提供了一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,该光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件(LOE),该LOE包括:(a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;(b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,第二取向不平行于第一取向;(c)一组相互平行的主外表面,主外表面跨第一区域和第二区域延伸,使得第一组部分反射表面和第二组部分反射表面二者位于主外表面之间,其中,第二组部分反射表面与主外表面成斜角,使得通过主外表面处的内反射在LOE内从第一区域传播到第二区域中的图像照射的一部分从LOE朝向眼动箱耦出,并且其中,第一组部分反射表面被定向成使得来自耦入区域的、通过主外表面处的内反射在LOE内传播的

图像照射的一部分朝向第二区域偏转,其中,耦入区域包括耦入棱镜,该耦入棱镜具有作为第一区域中的主外表面之一的延续的第一平面表面,耦入棱镜具有垂直于主外表面测量的、大于LOE的厚度的厚度尺寸,并且其中,第一组部分反射表面还包括位于耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0014] 根据本发明的实施方式的另一特征,耦入棱镜呈现耦入表面和耦入棱镜之间的过渡线作为LOE,耦入表面在平行于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径,并且过渡线在垂直于主外表面的维度上限定耦入棱镜的光学孔径。

[0015] 根据本发明的实施方式的另一特征,耦入棱镜在LOE的边缘表面处接合至LOE。替选地,耦入棱镜可以接合至LOE的主外表面之一。

[0016] 根据本发明的实施方式的教导,还提供了一种用于产生光导的方法,所述方法包括以下步骤:(a)提供:(i)透明材料的透明块,透明块没有内反射表面,透明块具有第一平面和与第一平面不平行的第二平面;(ii)透明材料的第一小平面块,第一小平面块包含相互平行的第一组部分反射内表面,第一小平面块具有第一平面附接表面;以及(iii)透明材料的第二小平面块,第二小平面块包含相互平行的第二组部分反射内表面,第二小平面块具有第二平面附接表面;(b)将第一小平面块的第一平面附接表面接合至透明块的第一平面,并且将第二小平面块的第二平面附接表面接合至透明块的第二平面,从而形成刚性光学组件,在刚性光学组件中,第一组部分反射内表面平行于第二组部分反射内表面,并且其中,第一组部分反射内表面中的至少一个与第二组部分反射内表面中的至少一个之间的直线穿过透明块;以及(c)沿着穿过透明块以及第一小平面块和第二小平面块的多个平行切片平面对刚性光学组件进行切片,以形成多个光导。

[0017] 根据本发明的实施方式的教导,还提供了一种光导,包括:(a)透明材料的透明块,透明块没有内反射表面;(b)透明材料的第一小平面块,第一小平面块包含相互平行的第一组部分反射内表面,第一小平面块在第一平面界面处接合至透明块;以及(c)透明材料的第二小平面块,第二小平面块包含相互平行的第二组部分反射内表面,第二小平面块在第二平面界面处接合至透明块,第二平面界面不平行于第一平面界面,其中,透明块、第一小平面块和第二小平面块一起形成被用于支持刚性光学组件内的内反射的一对平行表面限定的刚性光学组件的至少一部分,并且其中,第一组部分反射内表面平行于第二组部分反射内表面,并且其中,第一组部分反射内表面中的至少一个与第二组部分反射内表面中的至少一个之间的直线穿过透明块。

附图说明

[0018] 在本文中参照附图仅通过示例的方式来描述本发明,在附图中:

[0019] 上述图1A和1B是示出了用于将图像照射耦入到波导中的两个几何结构的常规的基于波导的近眼显示器的示意性侧视图;

[0020] 上述图1C是示出了使用第一组部分反射内表面和第二组部分反射内表面以在二维上扩展图像投影仪的光学孔径的常规的基于波导的近眼显示器的正视图;

[0021] 图1D是与图1C的波导类似并且与公开WO 2020/049542 A1的图5A对应的波导的示意性等距视图;

[0022] 图2A至图2C分别是根据本发明的教导的通过光学系统的图像传播的角度表示的

等距视图、俯视图和侧视图；

[0023] 图3A是根据本发明的方面的教导构造和操作的、示出图像照射从耦入区域传播到第一组部分反射表面(小平面)以及从第一组小平面传播到第二组小平面的光导光学元件(LOE或波导)的示意性正视图；

[0024] 图3B是类似于图3A的示出了为单个视点提供视场(field of view,FOV)所需的小平面位置的理论轨迹的视图；

[0025] 图3C是类似于图3B的示出了用于在允许观看位置的“眼动箱”(eye-motion box,EMB)上提供FOV的小平面位置的对应的成组轨迹的视图；

[0026] 图3D是类似于图3A的示出了为了跨越图3C所示的轨迹所需的小平面位置和尺寸的视图；

[0027] 图3E是类似于图3C的其中根据由使用呈倾斜角度的第一组小平面产生的几何要求进一步增加轨迹的视图；

[0028] 图3F是图3D的其中小平面包含区域由对应的多边形划界且第一组小平面由凹多边形划界的LOE的示意性表示；

[0029] 图3G是类似于图3F的其中包含第一组小平面的凹多边形被细分为多个非凹形块或片的视图；

[0030] 图3H是示出如何组装这些块以产生用于随后切片以形成多个LOE的图3G的结构的示意性等距视图；

[0031] 图4A是类似于图3A的示出了用于生成具有如图4B所示的角度尺寸的矩形视场的实现方式的示例性尺寸的视图；

[0032] 图4B示出了图4A中的角度尺寸的矩形视场；

[0033] 图4C是类似于图3A的示出了用于生成具有如图4D所示的角度尺寸的梯形视场的实现方式的示例性尺寸的视图；

[0034] 图4D示出了图4C中的角度尺寸的梯形视场；

[0035] 图5A是类似于图4A的示出了图像投影仪和用于将图像照射引入LOE的耦入棱镜的视图；

[0036] 图5B是图5A的耦入棱镜的示意性等距视图；

[0037] 图5C是图5A的示出了本发明的示例性实施方式所需的尺寸的耦入棱镜的侧视图；

[0038] 图5D示出了本发明的采用附接至LOE的主外表面的耦入棱镜的变型实现方式；

[0039] 图6A是类似于图5A的示出了与耦入棱镜集成的集成激光扫描图像投影仪的使用的示意性正视图；

[0040] 图6B是与图6A的耦入棱镜集成的集成激光扫描图像投影仪的示意性侧视图；

[0041] 图7A是采用倾斜反射器耦合布置和耦入棱镜并且采用外部准直光学器件的耦入布置的示意性侧视图；

[0042] 图7B是类似于图7A的其中组合了倾斜反射器耦合布置和耦入棱镜并且尺寸减小的视图；

[0043] 图7C是与图7A类似的采用偏振分束器并且将反射准直光学器件集成到反射耦入布置中的视图；

[0044] 图7D是类似于图7C但使用外部准直光学器件的视图；

[0045] 图8A是类似于图5A但其中耦入棱镜与波导的一部分集成的视图；

[0046] 图8B是图8A的耦入棱镜的示意性等距视图；

[0047] 图9A是图8A的耦入棱镜的被实现为在LOE的边缘表面处接合至LOE的耦入棱镜的示意性侧视图；

[0048] 图9B和图9C是图9A的示出了在棱镜内分别包括全部的部分反射小平面或部分的部分反射小平面的耦入棱镜的示意性等距视图；

[0049] 图9D是图8A的耦入棱镜被实现为接合至LOE的主外表面之一的耦入棱镜的示意性侧视图；

[0050] 图9E和图9F是图9D的示出了在棱镜内分别包括全部的部分反射小平面或部分的部分反射小平面的耦入棱镜的示意性等距视图；

[0051] 图10A是类似于图2C的示出了经投影的图像的视场内的两个特定点的角度表示的侧视图；

[0052] 图10B是类似于图4A的示出了与图10A的两个点对应的图像光传播路径的局部视图；

[0053] 图10C和图10D是分别指示这两个场点的射入角、以及场点应当遇到的第一反射小平面的对应的期望位置的耦入棱镜的侧视图；

[0054] 图11A至图11C是分别类似于图7A、图7C和图7D的示出了在耦合棱镜内具有部分反射小平面的这些几何结构的实现方式的视图；

[0055] 图11D是类似于图6B的示出了在耦合棱镜内具有部分反射小平面的这种几何结构的实现方式的视图；

[0056] 图12A是用于根据本发明的生产方法进行组装的具有均根据图3D的LOE的不同平面所需的图案选择性地部署的部分反射涂层的一系列板的示意性等距视图；

[0057] 图12B是通过将图12A的一系列板接合在一起而形成的板的堆叠的示意性等距视图；

[0058] 图12C是通过沿所指示的虚线对图12B的堆叠进行切片而形成的块的示意性等距视图；

[0059] 图12D是通过沿所指示的虚线对图12C的块进行切片而形成的LOE(的一部分)的示意性等距视图；

[0060] 图13是采用气隙和镜面的耦入构造的示意性侧视图；

[0061] 图14A和图14B是分别类似于图2A和图2C的示出了在呈倾斜定向的第一组部分反射表面的情况下通过光学系统的图像传播的视图；

[0062] 图14C是类似于图3F的用于针对图14A和图14B中描述的图像传播而优化的LOE的实现方式的视图；

[0063] 图15是采用分束器以用射入图像及其共轭填充波导的侧耦入构造的示意性侧视图；

[0064] 图16A是根据本发明的采用呈高倾斜的第二组部分反射表面的变型实现方式的通过LOE的第二区域的图像传播的角度表示的侧视图；

[0065] 图16B是根据图16A的光学几何结构实现的LOE的第二区域的示意性侧视图；

[0066] 图16C是示意性地指示用于图16B的实现方式的小平面的反射率的优选角度依赖

性的曲线图;

[0067] 图17A是与图12A的板类似的具有选择性部署的部分反射涂层的板的示意性等距视图;

[0068] 图17B是示出利用陡峭边缘实现的涂覆区域的放大的示意性侧视图;

[0069] 图17C是使用凸起的掩模来生成具有逐渐变化的厚度的边缘区域的涂层的示意性图示;

[0070] 图17D是使用图17C的原理来沉积具有逐渐变化厚度的边缘区域的多层涂层的示意性图示;

[0071] 图17E是使用第二凸起掩模在未被第一工艺涂覆的区域中生成互补透明涂层的示意性图示;以及

[0072] 图17F是示出由参照图17D和图17E描述的涂覆工艺的顺序产生的部分反射区域的示意性侧视图。

具体实施方式

[0073] 本发明是一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户观看的光学系统。

[0074] 通过介绍,在图1C所示类型的近眼显示器的上下文中,已经发现,通过以“浅角度”将图像照射射入波导中,可以提供特别有利的几何特性,并且特别是使给定角视场所需的尺寸最小化。从而意味着所有图像照射仅入射在第一组小平面和第二组小平面二者的一侧上。一般地,在浅角度实现方式中,每个图像的至少一部分位于距离波导的外表面的平面约15度内,并且更优选地位于约10度内。这产生从图像投影仪到观察者的眼睛的缩短的光路径,并且因此还使得对于给定角视场能够减小光学部件的尺寸。本发明涉及利于这样的显示器的浅角度实现方式的多个方面,这提出了特定的设计挑战,特别是关于耦入构造的设计挑战。然而,应当注意,本文中所描述的本发明的各个方面不限于浅角度实现方式,并且还可以适用于其他实现方式。

[0075] 图2A至图2C示出了图像在根据本发明的波导中传播时的图像的角度极性表示。图2A示出等距视图,图2C示出侧视图,以及图2B示出与从波导前方的视图对应的俯视图(相对于图2A)。

[0076] 波导具有全内反射(total-internal-reflection,TIR)边界圆228,指示这些圆内的图像不受TIR影响,并且将被耦出以离开波导。

[0077] 将图像220A1耦入到波导中并且通过来回TIR传播到220A2。这些图像沿着非常浅的轨迹沿着波导传播,其中图像的最浅部分仅与波导平面成7度(在图2C中示出为角度221)。在该实现方式中,小平面224(等同于图1C的206L)垂直于波导,并且因此将图像220A1和220A2分别直接反射到220B1和220B2上。当图像220B1和220B2沿波导传播时,它们通过TIR耦合。在LOE的第二部分中,小平面226(等同于图1C中的206V)将图像220B2从波导耦出到朝向观察者的图像220C上。

[0078] 作为一个非限制性示例,本文所示的图示主要涉及射入折射率为1.6的波导中的具有4:3的纵横比和70度的对角线场的图像。此处示出的设计在远离波导35mm的眼球中心处生成完整图像(包括出瞳距离、眼球半径和边缘)。本领域的普通技术人员基于本文的描

述可以容易地实现针对不同视场和纵横比的这些实现方式的调整。

[0079] 本发明的一个方面涉及对波导的负责第一维光学孔径扩展的第一部分中的部分反射表面(或“小平面”)的部署进行优化。在公开为WO 2020/049542A1(“542公开”)的较早专利申请中,已经提出将小平面选择性地布置在包围小平面的包络内,这些小平面是将图像照射递送至要从其观看图像的眼动箱所需的。

[0080] 在该公开的图5A中示出了小平面的最终部署的示例,其在此再现为图1D。在该实现方式中,一种用于将在耦入区域15处射入的图像照射引导至眼动箱26以供用户的眼睛观看的光学系统采用由透明材料形成的光导光学元件(LOE)12,该光导光学元件具有:第一区域16,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面17,以及第二区域18,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面19,第二取向不平行于第一取向。一组相互平行的主外表面24跨第一区域和第二区域延伸,使得第一组部分反射表面和第二组部分反射表面二者位于主外表面之间。第二组部分反射表面19与主外表面24成斜角,使得通过主外表面处的内反射在LOE内从第一区域传播到第二区域的图像照射的一部分从耦出区域28朝向眼动箱26耦出LOE。第一组部分反射表面17被定向成使得来自耦入区域的、通过主外表面处的内反射在LOE内传播的图像照射的一部分朝向第二区域偏转。

[0081] 根据'542公开的教导,将LOE的第一区域16的在有用小平面的包络之外的某些部分实现为光学连续体(即,没有部分反射内表面),从而减少不想要的重影反射。然而,在凸多边形包络内,将小平面实现为填充凸多边形的整个宽度,如图中所示。因此,从位于耦入区域远侧的一侧上的小平面反射的视场的一部分在到达将视场的该一部分递送到眼动箱的小平面之前穿过长的一系列部分反射小平面。

[0082] 根据本发明的一个方面,将给定视场递送到眼动箱所需的小平面的区域被进一步细化以生成限定所需的小平面位置的凹多边形,从而去除中间小平面的一部分,该部分否则将不必要地使被引导以提供由距耦入区域最远的小平面反射的场的部分的图像照射衰减。

[0083] 因此,如图3D中所示,第一组部分反射表面(此处标记为206L)包括:第一部分反射表面17A,其靠近耦入区域240,以贡献于用户在眼动箱处观看到的视场(FOV)的第一部分;第三部分反射表面17C,其在耦入区域远侧,以贡献于用户在眼动箱处观看到的FOV的第三部分;以及第二部分反射表面17B,其位于第一部分反射表面与第三部分反射表面之间的中间平面22中,以贡献于用户在眼动箱处观看到的FOV的第二部分。在图3D所示的示例中,小平面17A贡献于FOV的右侧,小平面17C贡献于FOV的左侧,并且小平面17B贡献于FOV的中央区域。本发明的该方面的特定特征在于,将第二部分反射表面17B部署在中间平面22的子区域中,使得从耦入区域传播到第三部分反射表面(箭头23)并且贡献于用户在眼动箱处观看到的视场的第三部分的图像照射穿过中间平面22而不穿过第二部分反射表面17B。

[0084] 在该上下文中,应当注意,术语“靠近”、“远离”和“中间”在本文中用于表示对于感兴趣的点或区域(在这种情况下为耦入区域240)而言的相对位置,并且是指相对更接近(靠近)耦入区域或距耦入区域相对较远(远离)的小平面,或者小平面“朝向中间”(中部),而不必根据任何具体的几何限定表示最近的、最远的或中央的小平面。

[0085] 现在将提供概念性的说明,以利于更好地理解几何光学考虑,该几何光学考虑使得对于本发明的该方面的给定实现方式的优选的设计参数。应当注意,仅出于信息目的给

出了该说明,但是所要求保护的本发明的效用不依赖于该说明的任何方面的准确性,并且所要求保护的本发明的有效且有利的实现方式可以替选地通过经验方法来实现。

[0086] 图3A示出了具有与以上提及的示例性FOV对应的参数的经投影图像的少数选定光束的正视图。实线表示横向射入波导的图像的光束,并且虚线表示当光束竖直传播时横向孔径扩展和反射之后的光束。在整个文档中应当注意的是,在不发生结构上的固有改变的情况下,可以将描述横向扩展之后是竖直扩展的任何示例改变为竖直扩展之后是横向扩展。这可以简单地通过将上述附图旋转90度来例示。

[0087] 所有光束从耦入区域240中的入射光瞳发射。光束在波导内传播直到被一组平行嵌入的反射器206L(小平面)反射。假定该图中的小平面垂直于波导的外表面。因此,每条线(实线后跟虚线)表示投影到观察者眼睛里的图像场的不同横向截面。每个截面的竖直场由以通过TIR(这样的内反射在图1A的侧视图中示出)反射的不同角度倾斜传播(进入页面)的多个交叠光束(如从前方观察)照射。

[0088] 出于简化几何分析的目的,首先假设只需要用整个横向场照射眼球中心208。这在理论上可以通过使无限小的横向小平面206L沿着图3B中的表示为244A的轨迹彼此无限靠近地放置来实现。然而,适应眼球中心的横向位移的要求(例如由于用户之间的瞳孔间距离的变化)决定曲线244A的位移。图3C示意性地示出了眼球中心208的三个横向位置为244A、244B和244C的曲线。为了覆盖眼动箱的所需宽度,需要对小平面进行加宽。

[0089] 其他要求包括:

[0090] • 小平面之间存在有限的最小距离(即,小平面不能无限靠近)

[0091] • 孔径尺寸不能太小;

[0092] • 小平面必须朝向竖直扩展小平面206V投射连续的反射。

[0093] 图3D示出了适合于上述条件的有限尺寸的小平面206L。小平面的长度可以根据小平面间距和诸如折射率、经投影的场的大小以及图像射入240的位置的其他光学参数而变化。

[0094] 在横向扩展小平面206L与LOE的主外表面成斜角的情况下,将图像射入相对于波导的轴旋转的波导中,并且来自小平面206L的反射使图像旋转到所需取向。因此,用于投影到眼球中心208的中心上的曲线将看起来像图3C,并且当另外考虑横向眼动箱所需的扩展时,曲线看起来像图3E,图3E示出了曲线244A、244B和244C的进一步倍增。因此,这需要比用于第一扩展的具有正交小平面的对应的实现方式稍微更宽的小平面。

[0095] 参照图3F可以更好地理解本发明的该方面的某些优点。在SL处描述了横向扩展小平面的区域,而该区域上方的“凹陷”的区域为SD并且竖直扩展小平面的区域为SV。由于SL的凹多边形形式,从入口240横向传播的光在SL中被向下反射之前主要在透明区域SD中传播。在透明区域中的传播减少了通过反射到不期望的方向的图像照射的损失,从而提高了波导效率。此外,不存在来自SD的由小平面对景物的不期望的反射,从而基本上减少了来自波导的闪烁和重像。

[0096] 图3G和3H中示出了用于产生具有“凹陷”SD的横向扩展截面SL的一个可能的方法。包括SD和SL的部分被细分为如图3G中区域指定300中的粗轮廓所指示的块。图3H示出了如何将这种结构从具有适当面角的透明棱镜302与具有适当小平面角的三个板(示出为沿着板的线)组装在一起,这三个板一起抵靠棱镜302的相应表面安置并且彼此抵靠以形成所示

的组装结构。该结构与附加的透明棱镜和LOE的竖直扩展部分组合以生成整体结构。

[0097] 可选地,可以对组合的棱镜和板切片,或者可以首先附接至要被一起切片的另一堆叠以生成具有其所有部分的波导。

[0098] 如上所述的波导的尺寸在图4A中示出,得到如图4B所示的图像场角度大小。注意,最横向扩展的光束250仅照射图像的下角,从而需要大的波导面积,同时仅对图像的一小部分有贡献。在某些应用中,提供非矩形FOV,并且特别是提供如图4D所示的梯形图像场是可接受的,或者甚至是有利的。在这种情况下,示出了具有与图4B相同的总面积的图像(为了比较,在图4D中用虚线示出),但是分布为梯形,其中顶部的场比底部的场宽。生成该FOV的LOE在图4C中以相应的尺寸示出。在这种情况下,横向边缘光束252竖直地照射所有场(以相应的不同角度进入纸张页),因此使得更有效地使用LOE尺寸。因此,图4C的波导的尺寸基本上小于图4A的波导的尺寸,如相同总FOV面积的示例性尺寸所示。随后的描述在图4A的构造的非限制性示例性上下文中示出本发明的其他方面,但应当理解,可以使用相同原理来实现诸如图4C的构造的构造。

[0099] 将浅图像射入波导需要相对大的耦合棱镜202。图5A按比例示出了具有横向入射光瞳203L和耦合棱镜202M的波导。示意性地示出了图像投影仪200。图5B是具有竖直孔径203V和横向孔径203L的耦合棱镜202M的等距视图,竖直孔径203V和横向孔径203L二者位于同一平面以限定矩形孔径。图5C示出了耦合棱镜202M的侧视图,对于1.7mm厚度波导,其需要14mm长的耦合棱镜,该耦合棱镜被设计成将来自所有场角的光耦合到波导中。光束262的一部分在通过光瞳203V进入波导204之前从棱镜的底部反射。波导上方的棱镜202M的高度为6.4mm,这在许多应用中是可接受的。然而,通过棱镜202M射入图像所需的投影仪200的尺寸也占用空间和体积,并且在许多应用中将是不可接受的。

[0100] 棱镜202M(以及本文描述的其他棱镜)优选地具有平行于波导面以用于一致反射的下部面,而上部面和侧部面不需要特定的光学特性,因此它们的形状可以不同于这些图中所示的形状。

[0101] 图5D示出了其中耦合棱镜202L位于波导上方并且入射光瞳是棱镜面264的替选结构。在这种情况下,棱镜和所需的投影仪大于图5A至图5C中的棱镜和投影仪,使得这种构造不是最优的。

[0102] 图6A和图6B示出了用于减小耦合布置和图像投影仪的整体尺寸的一种选择,其示出了图像投影仪与耦合棱镜的集成。此处通过非限制性示例的方式示出了扫描激光图像投影仪,但是可以使用基于另一类型的图像生成器的图像投影仪来实现相同的原理,例如采用LCOS(硅上液晶)空间光调制器或者微型LED图像生成器。

[0103] 图6A示出了附接至波导204的耦合棱镜202P。图6B示出了集成(嵌入)的图像投影仪的侧视图。激光器270将偏振光束引导至扫描镜272上,扫描镜272扫描跨微透镜阵列(micro-lens array,MLA)或漫射器274的中间图像平面。经扫描的光穿过漫射器并且从偏振分束器276反射到准直反射镜278(与四分之一波片组合)上。经反射的光穿过PBS276进入耦合棱镜202P。因此,该耦合棱镜也用作PBS276的一部分。光的一部分直接进入波导,部分在进入波导之前被下部面279反射,从而利用图像及其共轭填充波导的孔径。

[0104] 附带地,无论在本文中将PBS布置示出为依次反射然后透射光,或者相反的情况,应当理解适当地放置半波片(用于单次透射)或四分之一波片(用于两次透射)以实现所述

功能所需的偏振旋转。偏振旋转元件将不在每种情况下提及。

[0105] 图7A至图7D示出了用于将图像投影仪与耦合棱镜进行组合的替选结构。图7A示出了来自图像生成器(未示出,但如前所述,可以是扫描激光器、LCOS或其他)的光被折射透镜280准直(图中光束来自不同场点,因此不平行)、进入棱镜部282并且由镜284反射进入棱镜部202Q并且进入波导204。在该构造中,可以将棱镜部282和202Q组合成单个棱镜,如图7B所示。此外,在这种情况下不需要对光进行偏振。

[0106] 图7B的结构采用与图7A等同的反射器结构,但具有较小的棱镜。此处,对于类似的输出参数,类似于图5C中的棱镜202M,棱镜长度约为14mm。然而,高度将仅为3.2mm,为202M的一半。如本文中描述的所有棱镜中,棱镜283的上部(非反射)面优选是吸收性的。此处根据上光束260(在图5C中限定)绘制,但是由于上表面不是光学上重要的,所以其可以更高和/或具有其他形状。

[0107] 该棱镜还可以设置有耦合构造,该耦合构造包括在其下部面处的等同于下面参照图7C和图7D描述的元件286或228的低折射率部分。该界面可以用于附接至PBS作为图像投影仪。

[0108] 图7C示出了与穿过界面286进入PBS部290并且由PBS292反射到反射准直透镜294上的图像(来自MLA、扫描激光器、LCOS或其他图像生成器)对应的发散偏振光的射入。经反射的准直光穿过PBS292进入耦合棱镜202Q并且进入波导204。在这种结构中,光中的一些被棱镜290和202Q的下部反射,因此这些表面需要具有良好的图像质量并且是连续的。界面286可以是空气,也可以是低折射率介质(相对于棱镜290),使得对于从294反射的光将发生TIR。

[0109] 图7D示出了类似于图7C的、但是具有对光准直的外部光学器件(例如,折射透镜296)和平坦反射器298的布置。

[0110] 现在转向图8A和图8B,这些图示出根据本发明的另一方面的替选构造,其中,耦合棱镜与波导的一部分集成,而不是作为图5A所示的延伸。图8A示出了波导204顶部上的耦合棱镜202Y(虚线区域)。因此,图像生成器200定位成更靠近波导并且具有更小的尺寸。在波导中传播的所有光线继续从点240出现,因此横向孔径203L2位于与先前实施方式相同的位置处。然而,此处竖直孔径203V位于棱镜的端部,其中棱镜的加厚部分与限定LOE的主要部分的主外表面相遇。图8B以等距视图示出了耦合棱镜的形状。两个孔径203L2和203V2具有与先前描述的相同的宽度,但是由于位置的分离,棱镜在203L2处竖直地伸长。

[0111] 从图8A中明显的是,小平面中的一些(此处表示为206A和206B)位于棱镜内。图9A至图9F示出了棱镜202Y中这些小平面的多种可能的实现方式。为了清楚地呈现,此处省略了位于LOE的主要部分内的小平面。

[0112] 图9A示出了附接至波导的边缘的棱镜202Y,并且图9B以等距方式示出了棱镜中的小平面的放置。然而,由于不需要小平面在棱镜的整个宽度上反射光(如图8A中可以看出,图8A示出小平面206A和206B的所需宽度是有限的),图9C示出仅为棱镜内的相应平面的一部分的反射部分(阴影区域)。

[0113] 图9D示出了其中通过在波导204(未示出204中的小平面)的顶部上附接使之成为相应形状的块来形成棱镜202Y的替选构造。在图9E中,示出了小平面在LOE厚度上方的202Y的整个截面上的相同结构,而在图9F中,仅将反射区域实现为与仅最佳所需区域对应的阴

影区域。

[0114] 在某些情况下,可以将前面提及的集成图像投影仪(图6A至图7D)与图8A至图9F的与LOE集成的耦合棱镜组合在一起。参照图10A至图10D示出了这样的实现方式中的某些几何考虑。

[0115] 图10A示出了等同于图2C、但是具有与小平面206A(圆形)和206B(方形)相关联的两个场点的标记的角度分布的侧视图。在图10B中示出了相同的场点。

[0116] 图10C示出其中阴影区域表示与206A相关联的小平面的优选位置的波导-交叠耦合棱镜的侧视图,并且图10D示出针对206B的小平面的优选位置。此处示出PBS292以供参考。明显的是,交叠耦合棱镜中的小平面的优选位置应该在PBS平面上方。在PBS平面之前实现小平面将导致所传输的图像的失真。

[0117] 图11A至图11D是示出结合投影仪光学器件的耦合棱镜的小平面的实现方式的侧视图。图11A、图11B和图11C示出了将小平面部202T(标记为阴影区域)集成到另外分别类似于图7A、图7C和图7D的构造的构造中。3D表示仍然如参照图10A至图10D所描述的那样。

[0118] 图11D与图6B相似,并且示出了在PBS取向相反的情况下,最好仅在PBS平面之后部分地实现小平面部202T2。因此,耦合棱镜将稍微进一步延伸到横向孔径平面203L2之外(在图8A至图8B中示出)。

[0119] 附带地,如图11D所示的小平面202T2的部署也将适合于采用图4C和图4D的波导结构的构造。

[0120] 现在转向图12A至图12D,作为以上参照图3G至图3H示出的生产过程的替选方案,可以基于对选择性涂覆的板进行堆叠和切片来生产图3D或图3F的小平面图案。在这种情况下,如图12A所示以预定图案涂覆板,图12A示出了从以预定图案302F涂覆的正面300F示出的一组板。这些图案具有根据112中所示的所需涂覆小平面的宽度和位置。这些图案优选地通过在涂覆时掩蔽波导的未涂覆部分来产生。还可以通过涂覆非反射涂层来仅涂覆304F中的板的面的其他部分,以保持平坦表面或者将通过304的透射光的相位保持为与通过302的透射光的相位等同。

[0121] 图12B示出了通过将部分涂覆的板接合在一起而形成的堆叠,其中虚线示出了堆叠上的切片平面。图12C示出具有板300S和反射图案302S的侧视图的一个切片。如图12C中的虚线所示完成另一切片,以生成图12D的最终上部,最终上部对应于图3D的LOE的上部部分。

[0122] 应当注意,可以改变切片的顺序。还应当理解,图12A至图12D的图示是高度示意性的,并且通常使用更多数目的板。

[0123] 减小耦合棱镜202M的折射率也可以用于减小棱镜尺寸并且从而使系统更紧凑。图13示出了其中耦合棱镜202M由与下波导平面312在同一平面中的镜310和气隙代替的这种构思的极端情况。将来自投影光学器件308的光引导至波导204的垂直入口306和镜面310上。由于气隙的折射率较低,光束的角度改变并且因此镜的长度比棱镜202M的长度短。下光束262的角度现在是11.5度而不是之前的7度。因此,镜长度现在是8.5mm而不是图5C中的14mm。当光束进入波导时,光束的角度分布如图5C所示。镜可以与波导交叠以用于机械附接。

[0124] 可以使用低折射率玻璃棱镜来实现采用低折射率材料的概念上类似的方法。当使

用低折射率玻璃棱镜时,可以对由光进入面306的入射角生成的一些分散进行补偿。

[0125] 在至此详述的实施方式中,针对第一组小平面采用的小平面206L与LOE的主外表面正交,如图2A至图2C中详述。在参照图14A至图14C示出的替选的一组实施方式中,使用呈倾斜角度的小平面336来实现第一组小平面。图14A示出了用于传输浅角度图像的这样的系统的等距角度表示,而图14B示出了该角度表示的相应的局部侧视图。该非限制性示例采用与图4C和图4D所示的最小尺寸的图像等同的梯形FOV,尽管该结构也可以清楚地用于矩形FOV。

[0126] 在该结构中,初始横向传播图像334A1通过TIR反射与334A2耦合。通过相对于波导面成斜角的倾斜的小平面336,仅334A2被朝向LOE的第二区域重定向成334B1。如本领域已知的,小平面336优选地涂覆有多层介电涂层,以对于与图像334A2对应的入射角范围提供所需程度的部分反射率(如在所有上述实施方式中),同时在对于与图像334A1对应的入射角范围基本上是透明的,以使能量损失和不期望反射的形成最小化。当图像334B1沿着波导的第二区域以浅角度传播时,图像334B1通过TIR耦合到图像334B2。然后,图像334B2通过小平面338(仅在图14A中示出)以等同于图2A至图2C的小平面226的方式耦出为334C。

[0127] 图14C示出了与图4C等同的波导覆盖区,其中阴影区域340是第一组小平面336的最佳区域,而区域342是输出耦合小平面338的最佳区域。

[0128] 上述各种耦入棱镜布置被构造成将图像及其共轭二者耦入LOE,以利用图像“填充”波导。对于将浅角度图像射入到波导中特别有吸引力的替选方法是如图15所示将图像直接射入到波导中。为了用射入图像及其共轭填充波导370,波导370具有耦入区域372,耦入区域372具有沿波导的中心平面的部分反射器374。将部分反射器374最优选地实现为50%反射器,优选地对角度和消色差不敏感,例如部分镀银表面。

[0129] 在图15中,示出了与场中的最低点相关联的三个光束,并且三个光束因此是图像照射的最浅光束。下光束(实线箭头)穿过准直光学器件376和耦合棱镜378并且进入波导。在一次反射之后,下光束通过374经历部分反射并且被分成两束。中心光束(虚线)在入口处被分开,并且上光束(点划线)沿着组合器372被按一半分开。明显的是,在光束被分开(从而在图像与其共轭之间分开图像照射)之后,波导被均匀地照射。因此,在光被耦出之后期望均匀的图像。

[0130] 如果部分反射器374具有50%的反射率和50%的透射率,那么对于与图5C的长度(在本示例中为14mm)等同的长度,波导将被均匀地照射。在该构造中,照射光学器件376的孔径非常小,因为光学器件几乎邻近波导的入口,使得光学组件的厚度小。

[0131] 现在转向图16A至图16C,这示出了用于将LOE的第二区域中的图像朝向眼动箱耦出以供用户的眼睛观看的替选方案。图16A的角度表示类似于图2C,但是在这种情况下,输出耦合小平面390具有陡峭的角度。因此,图像220B1被耦出为220C(而不是图2C中的220B1)。在该构造中,图像220B可以更高并且不受小平面390的角度的限制。

[0132] 图16B示意性地示出了这样的构造在真实空间中看起来如何。当光束向下传播(在该图中)时,光束被小平面部分地反射向下离开波导。在这样的构造中,优选地具有紧密间隔的小平面,以确保均匀的图像。

[0133] 图16C示意性地示出了用于这样构造的小平面的优选反射率。此处,在低入射角(接近于垂直)处期望低反射率,而在较高角度处期望较高反射率(用于输出耦合)。同样地

在此处,使用如本领域中公知的适当设计的多层介电涂层来容易地实现这样的特性。

[0134] 现在转向图17A至图17F,本文所描述的各种优选实施方式需要仅在板的一部分上部分选择性地施加反射涂层,该板然后被组装成堆叠,然后从该堆叠切片部分或全部LOE。由于如图17B的示意性截面所示的涂层中的物理不连续性,如图17A所示的小平面的部分涂层可能在涂层的边缘处引入散射效应。另外,该机械不连续性会在堆叠时(如图12B所示)在板上产生机械应力。图17C至图17F示出了根据本发明的方面的用于克服这些限制的优选的生产方法。

[0135] 图17C示出了当掩模394靠近板表面300F但与该表面略微间隔开放置时的涂层特性的原理。当实现涂覆(厚箭头)时,它将涂覆没有掩模但靠近掩模的板,将在掩模396的边缘周围生成涂层厚度的逐渐减小。图17D示意性地示出了如何可以使用该特性在期望区域的周边处生成涂层图案302F的逐渐减小(“拖尾”)。

[0136] 对于薄的涂层厚度,涂层逐渐变薄的该构造可能是足够的。对于较厚涂层,可能有利的是在区域302F上使用第二掩模(图17E)并且在反射区域302F旁边施加互补透明涂层398,如图17F所示。应当注意,图17E的掩模通常并非图17D的掩模的精确反转,因为其优选地在边界周围增加对应于拖尾区域的量(其可凭经验确定)。

[0137] 应当理解,以上描述仅旨在用作示例,并且在所附权利要求书中限定的本发明的范围内,许多其他实施方式是可能的。

[0138] 本公开内容还具备如下配置:

[0139] 1.一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,所述光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件LOE,所述LOE包括:

[0140] (a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;

[0141] (b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,所述第二取向不平行于所述第一取向;

[0142] (c)一组相互平行的主外表面,所述主外表面跨所述第一区域和所述第二区域延伸,使得所述第一组部分反射表面和所述第二组部分反射表面二者位于所述主外表面之间,

[0143] 其中,所述第二组部分反射表面与所述主外表面成斜角,使得通过所述主外表面处的内反射在所述LOE内从所述第一区域传播到所述第二区域中的图像照射的一部分从所述LOE朝向所述眼动箱耦出,并且其中,所述第一组部分反射表面被定向成使得来自所述耦入区域的、通过所述主外表面处的内反射在所述LOE内传播的图像照射的一部分朝向所述第二区域偏转,

[0144] 其中,所述第一组部分反射表面包括:第一部分反射表面,其靠近所述耦入区域,以贡献于所述用户在所述眼动箱处观看到的视场的第一部分;第三部分反射表面,其在所述耦入区域远侧,以贡献于所述用户在所述眼动箱处观看到的视场的第三部分;以及第二部分反射表面,其位于所述第一部分反射表面与所述第三部分反射表面之间的中间平面中,以贡献于所述用户在所述眼动箱处观看到的视场的第二部分,

[0145] 其中,所述第二部分反射表面被部署在所述中间平面的子区域中,使得从所述耦入区域传播到所述第三部分反射表面、并且贡献于所述用户在所述眼动箱处观看到的视场的第三部分的图像照射穿过所述中间平面,而不穿过所述第二部分反射表面。

[0146] 2.根据方案1所述的光学系统,其中,所述耦入区域包括耦入棱镜,所述耦入棱镜具有作为所述第一区域中的所述主外表面之一的延续的第一平面表面,所述耦入棱镜具有垂直于所述主外表面测量的、大于所述LOE的厚度的厚度尺寸。

[0147] 3.根据方案2所述的光学系统,其中,所述耦入棱镜呈现耦入表面和所述耦入棱镜之间的过渡线作为所述LOE,所述耦入表面在平行于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径,并且所述过渡线在垂直于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径。

[0148] 4.根据方案2所述的光学系统,其中,所述第一组部分反射表面还包括位于所述耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0149] 5.一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,所述光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件LOE,所述LOE包括:

[0150] (a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;

[0151] (b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,所述第二取向不平行于所述第一取向;

[0152] (c)一组相互平行的主外表面,所述主外表面跨所述第一区域和所述第二区域延伸,使得所述第一组部分反射表面和所述第二组部分反射表面二者位于所述主外表面之间,

[0153] 其中,所述第二组部分反射表面与所述主外表面成斜角,使得通过所述主外表面处的内反射在所述LOE内从所述第一区域传播到所述第二区域中的图像照射的一部分从所述LOE朝向所述眼动箱耦出,并且其中,所述第一组部分反射表面被定向成使得来自所述耦入区域的、通过所述主外表面处的内反射在所述LOE内传播的图像照射的一部分朝向所述第二区域偏转,

[0154] 其中,所述耦入区域包括耦入棱镜,所述耦入棱镜具有作为所述第一区域中的所述主外表面之一的延续的第一平面表面,所述耦入棱镜具有垂直于所述主外表面测量的、大于所述LOE的厚度的厚度尺寸,

[0155] 并且其中,所述耦入棱镜呈现耦入表面和所述耦入棱镜之间的过渡线作为所述LOE,所述耦入表面在平行于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径,并且所述过渡线在垂直于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径。

[0156] 6.根据方案5所述的光学系统,其中,所述第一组部分反射表面还包括位于所述耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0157] 7.一种用于将在耦入区域处射入的图像照射引导至眼动箱以供用户的眼睛观看的光学系统,所述光学系统包括由透明材料形成的光导光学元件LOE,所述LOE包括:

[0158] (a)第一区域,其包含具有第一取向的平面的、相互平行的第一组部分反射表面;

[0159] (b)第二区域,其包含具有第二取向的平面的、相互平行的第二组部分反射表面,所述第二取向不平行于所述第一取向;

[0160] (c)一组相互平行的主外表面,所述主外表面跨所述第一区域和所述第二区域延伸,使得所述第一组部分反射表面和所述第二组部分反射表面二者位于所述主外表面之间,

[0161] 其中,所述第二组部分反射表面与所述主外表面成斜角,使得通过所述主外表面

处的内反射在所述LOE内从所述第一区域传播到所述第二区域中的图像照射的一部分从所述LOE朝向所述眼动箱耦出,并且其中,所述第一组部分反射表面被定向成使得来自所述耦入区域的、通过所述主外表面处的内反射在所述LOE内传播的图像照射的一部分朝向所述第二区域偏转,

[0162] 其中,所述耦入区域包括耦入棱镜,所述耦入棱镜具有作为所述第一区域中的所述主外表面之一的延续的第一平面表面,所述耦入棱镜具有垂直于所述主外表面测量的、大于所述LOE的厚度的厚度尺寸,

[0163] 并且其中,所述第一组部分反射表面还包括位于所述耦入棱镜的体积内的至少一个部分反射表面。

[0164] 8.根据方案7所述的光学系统,其中,所述耦入棱镜呈现耦入表面和所述耦入棱镜之间的过渡线作为所述LOE,所述耦入表面在平行于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径,并且所述过渡线在垂直于所述主外表面的维度上限定所述耦入棱镜的光学孔径。

[0165] 9.根据方案2至8中任一项所述的光学系统,其中,所述耦入棱镜在所述LOE的边缘表面处接合至所述LOE。

[0166] 10.根据方案2至8中任一项所述的光学系统,其中,所述耦入棱镜接合至所述LOE的所述主外表面之一。

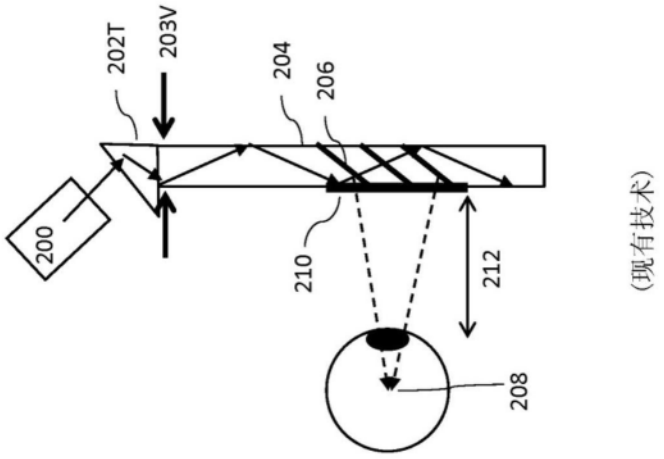

202T
203V
204
206
200
210
212
208
(现有技术)

图1A

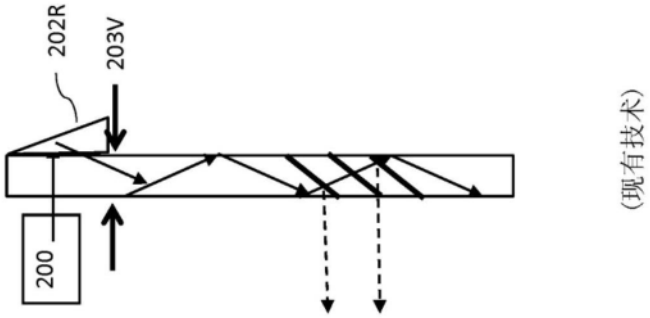

202R
203V
200
(现有技术)

图1B

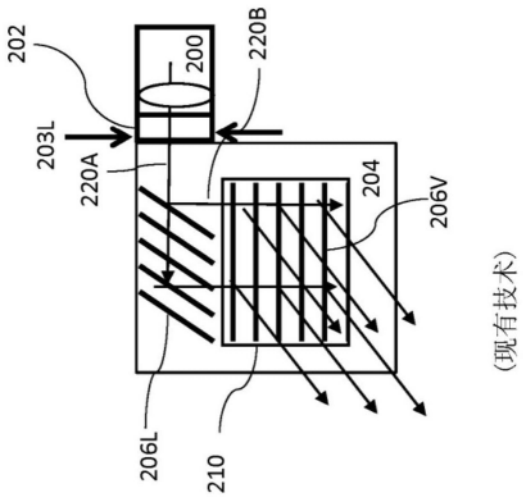

202
200
220B
203L
220A
204
206V
206L
210
(现有技术)

图1C

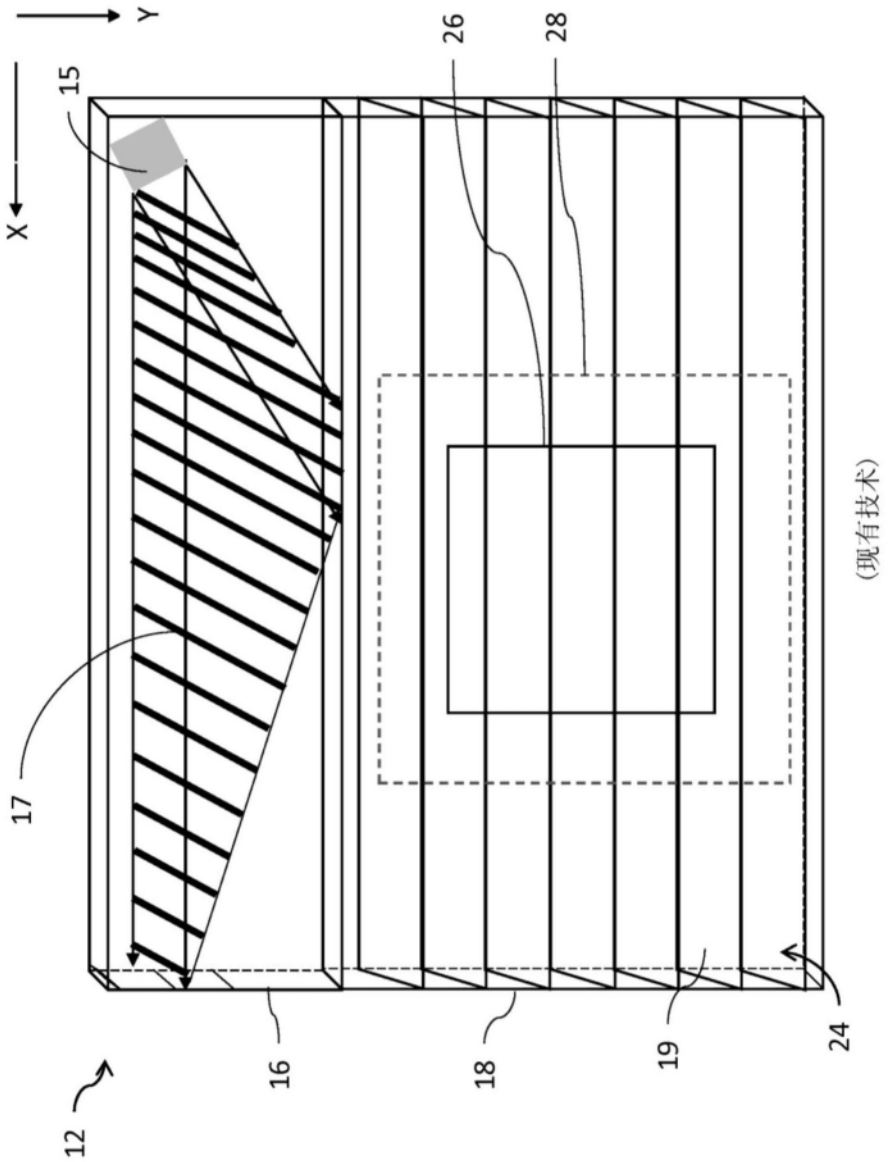


图1D

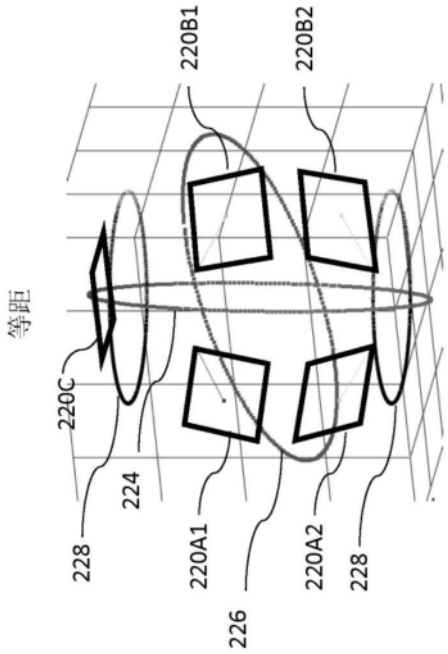

220B1
220B2
等距
220C
224
228
220A1
226
220A2
228

图2A

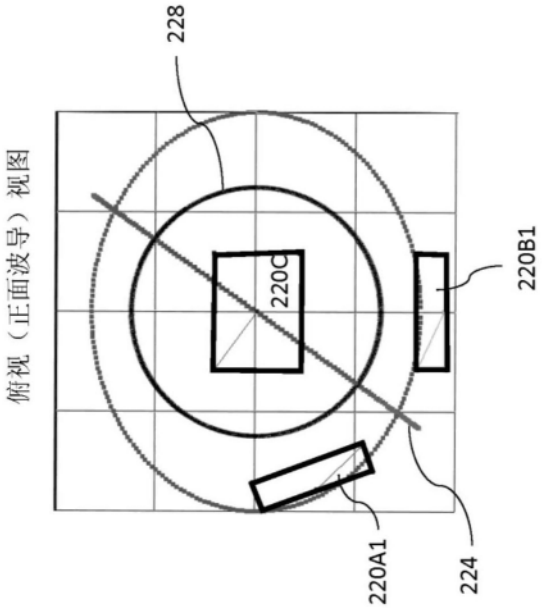

228
俯视（正面波导）视图
220C
220B1
220A1
224

图2B

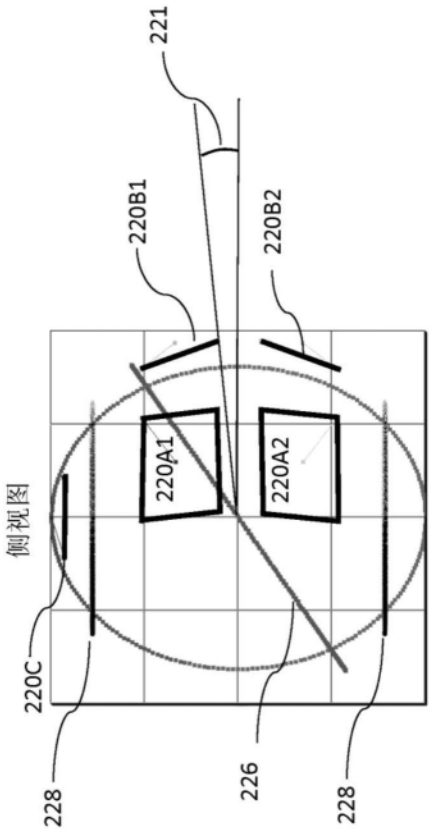


图2C

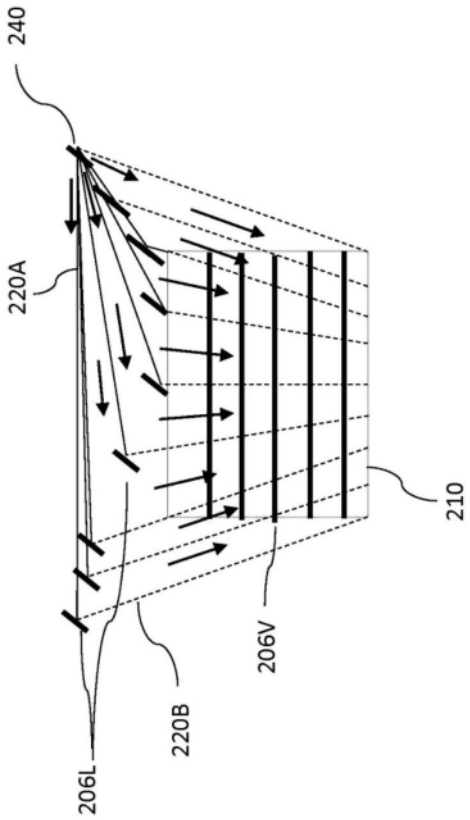


图3A

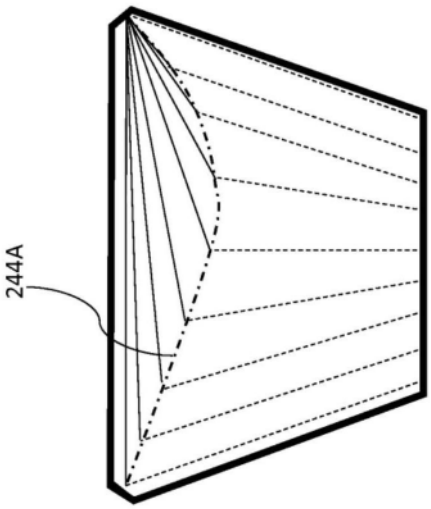


图3B

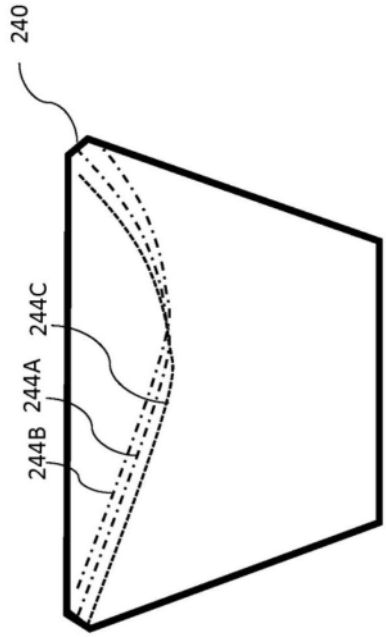


图3C

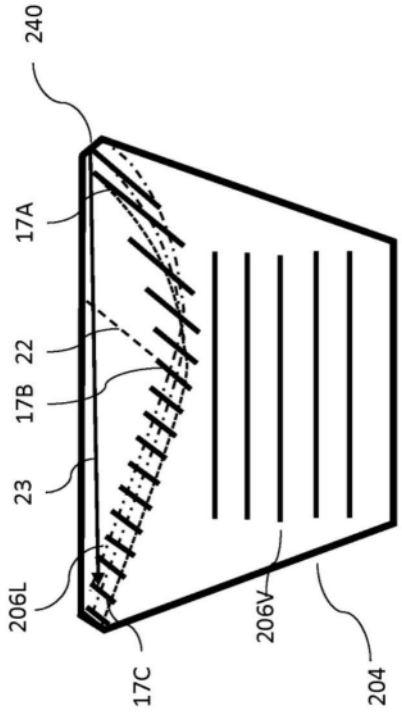


图3D

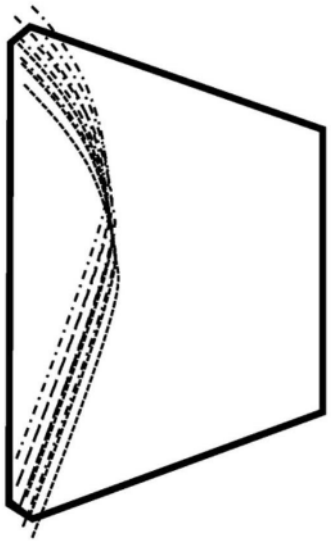


图3E

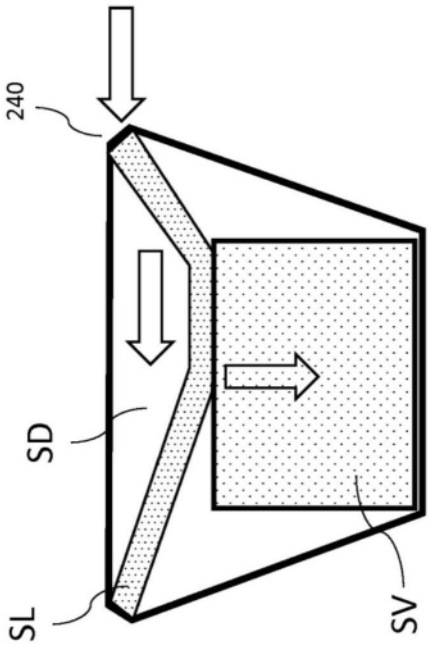


图3F

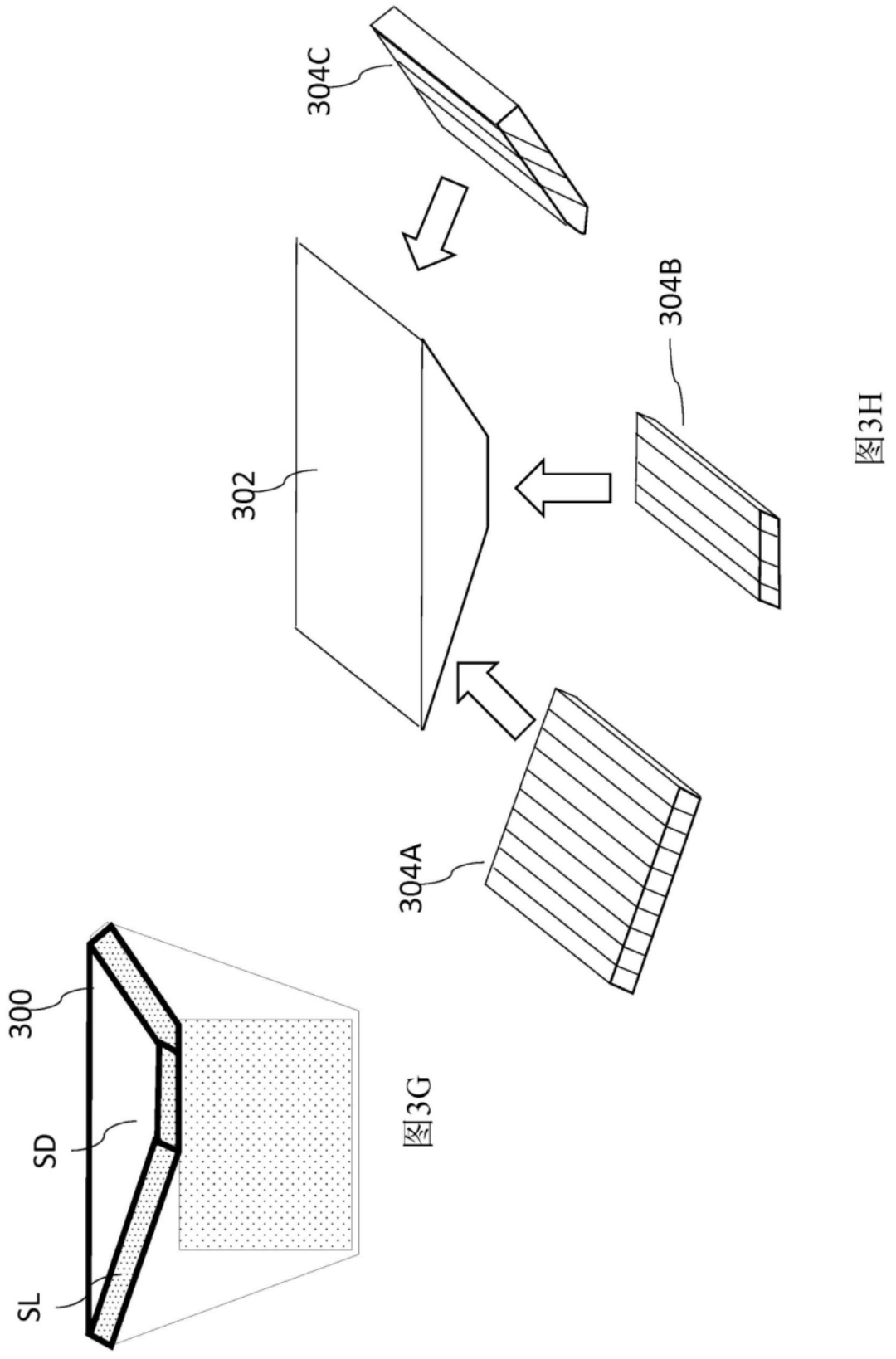


图3H

图3G

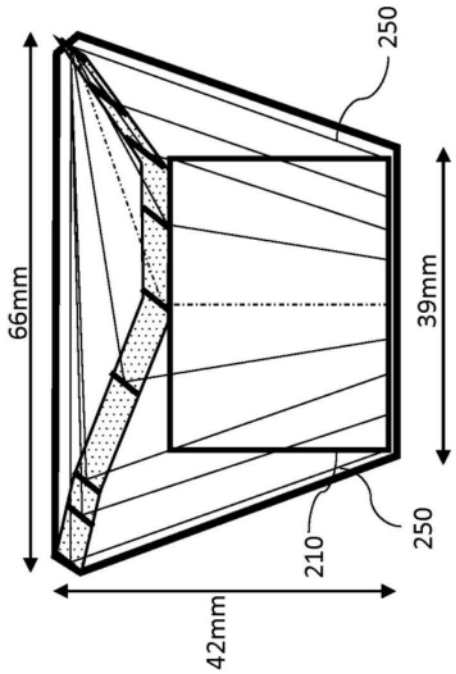


图4A

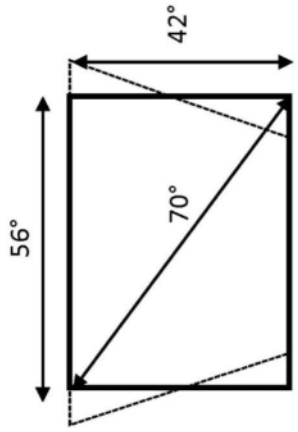


图4B

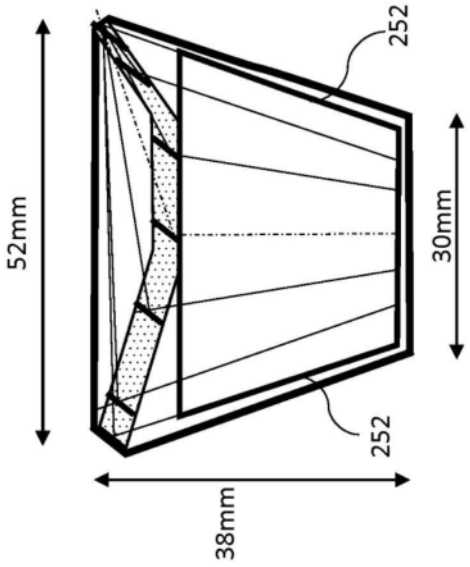


图4C

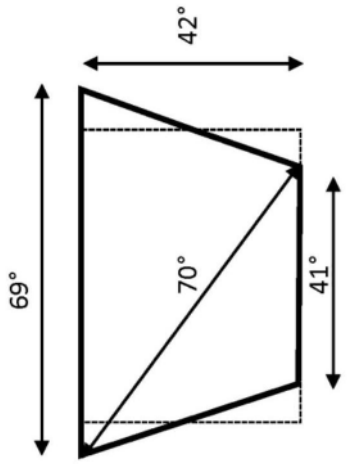


图4D

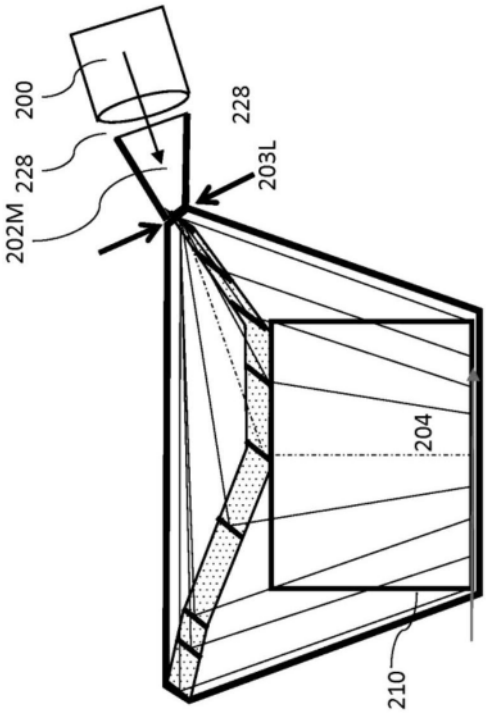


图5A

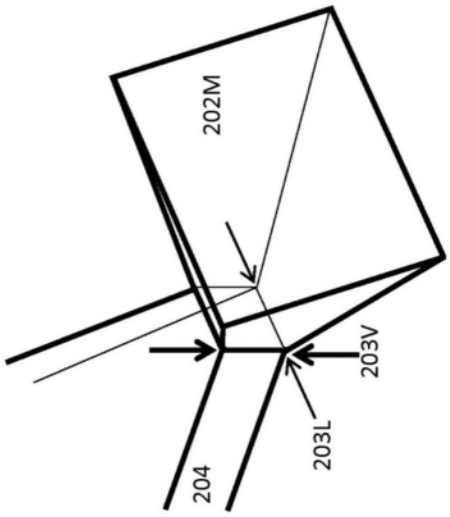


图5B

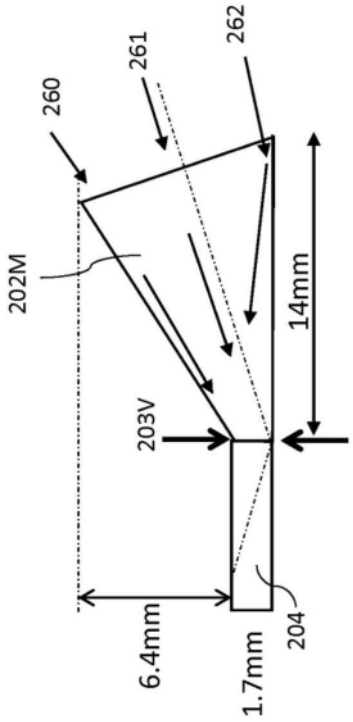

260
261
262
202M
14mm
203V
6.4mm
1.7mm
204

图5C

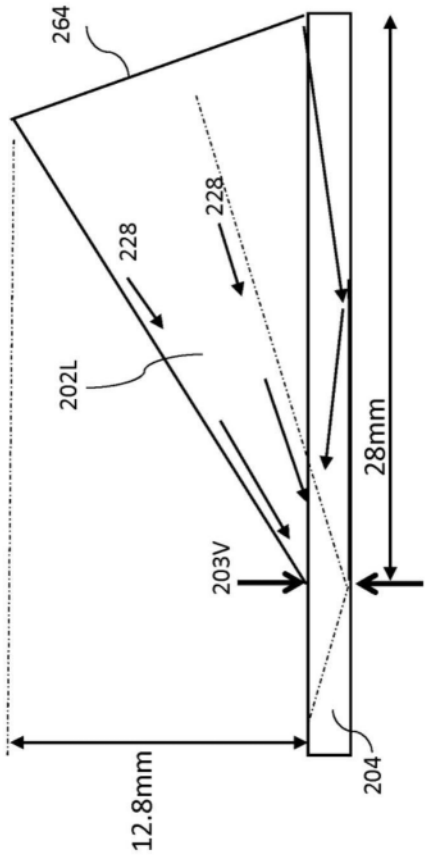

264
228
228
202L
28mm
203V
12.8mm
204

图5D

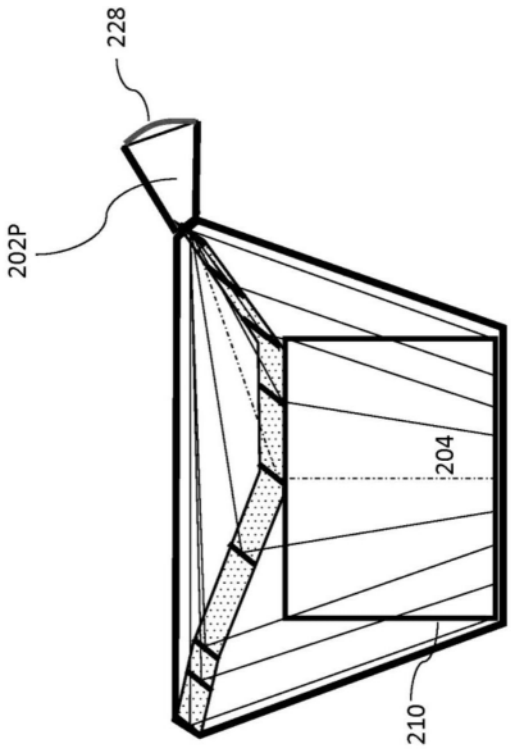


图6A

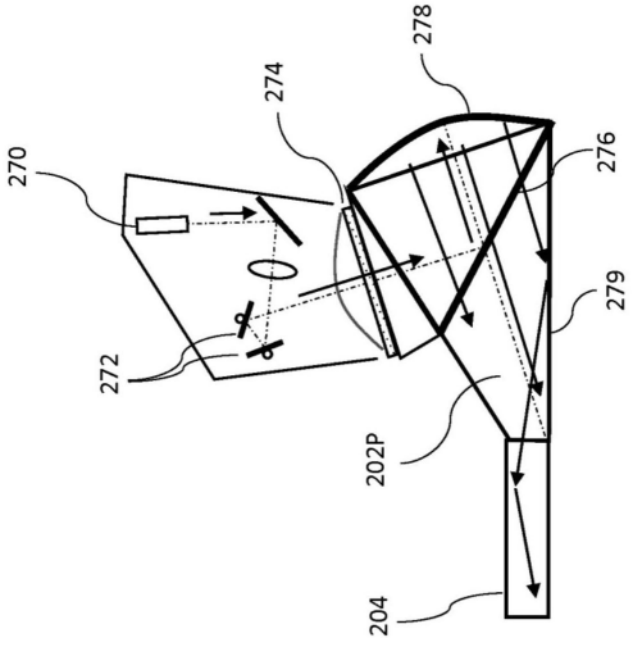


图6B

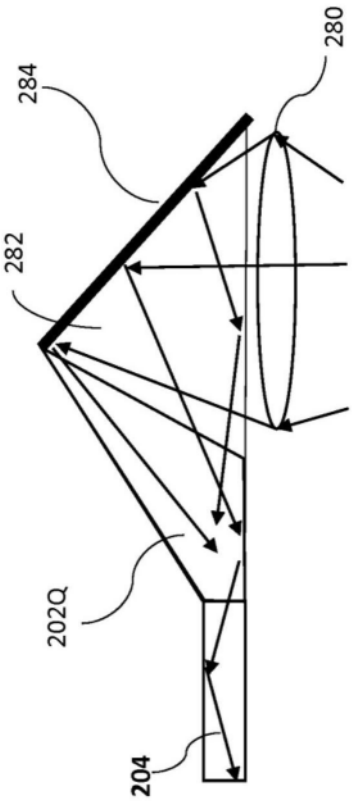


图7A

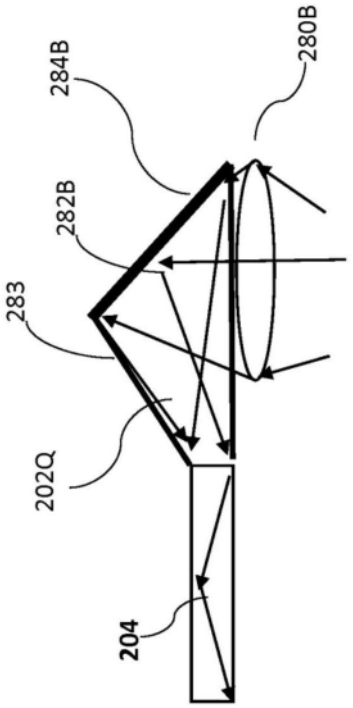


图7B

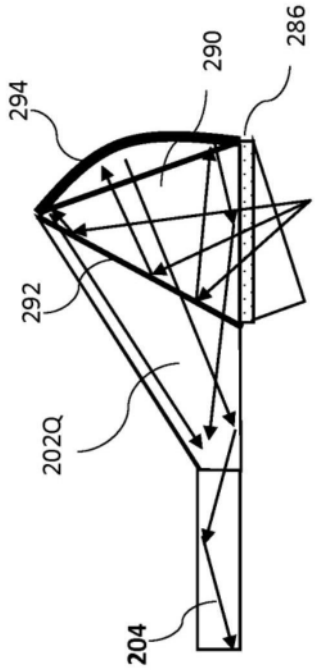


图7C

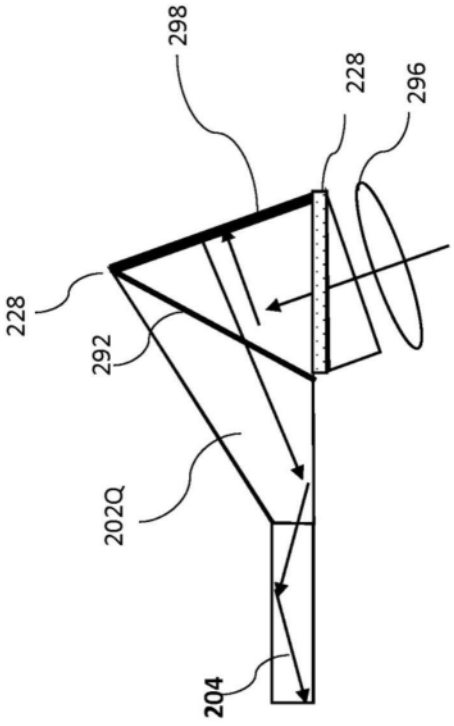


图7D

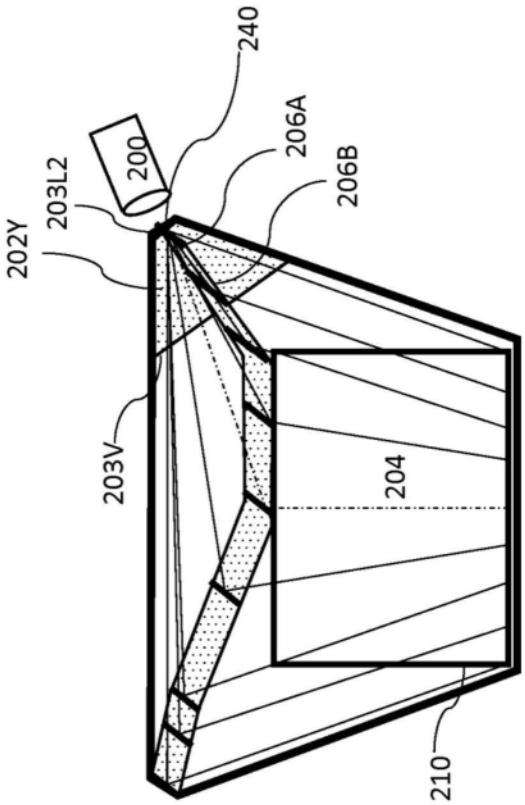


图8A

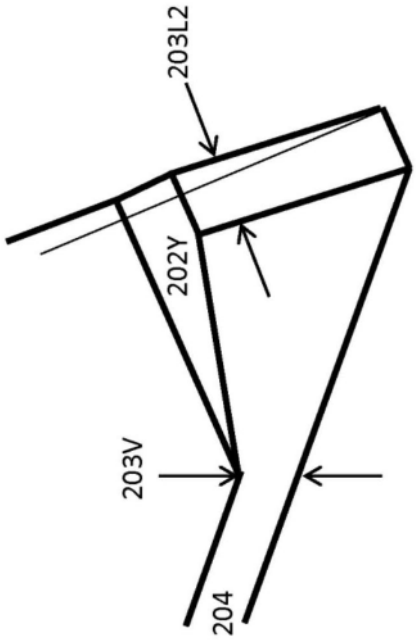


图8B

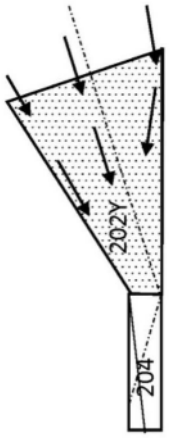


图9A

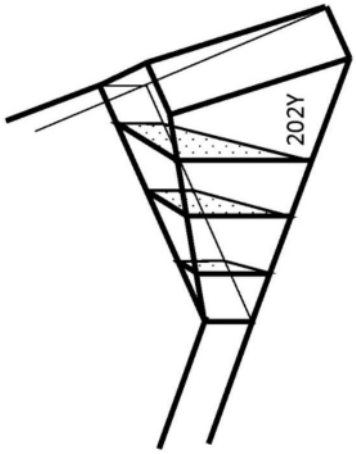


图9B

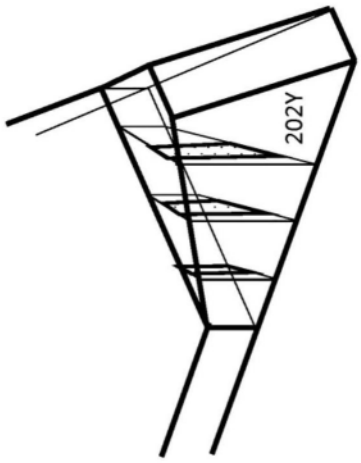


图9C

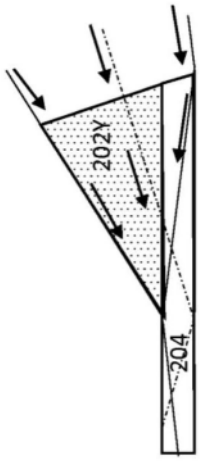


图9D

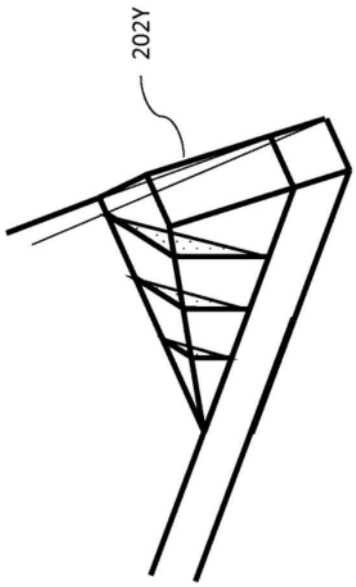


图9E

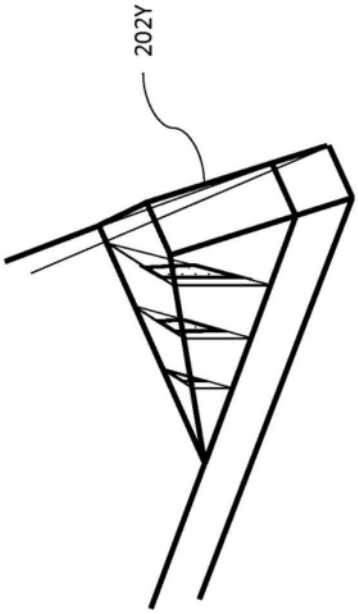


图9F

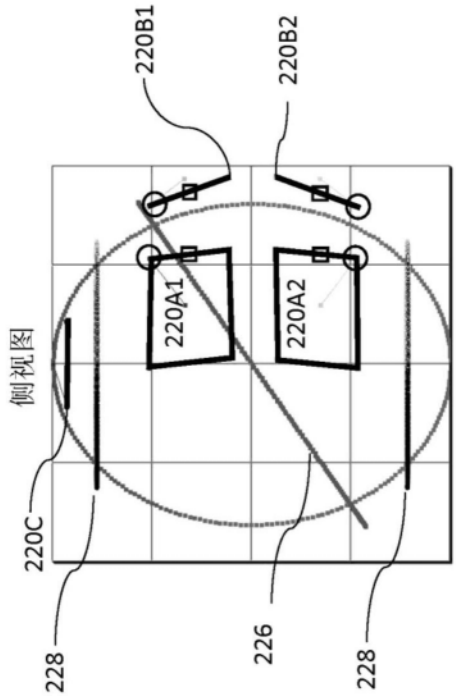


图10A

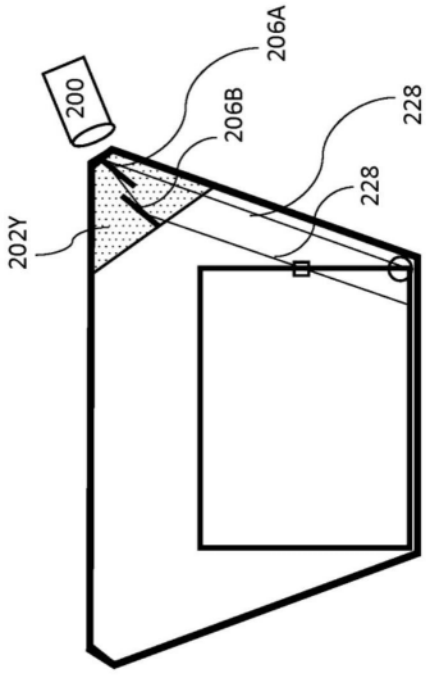


图10B

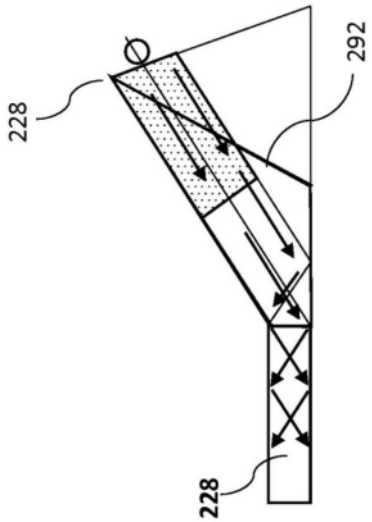


图10C

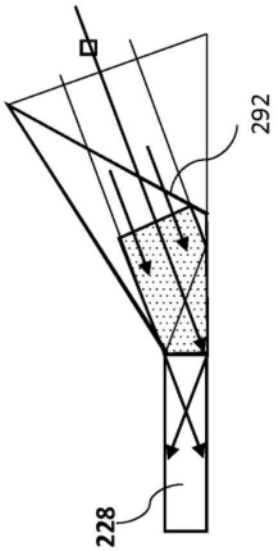


图10D

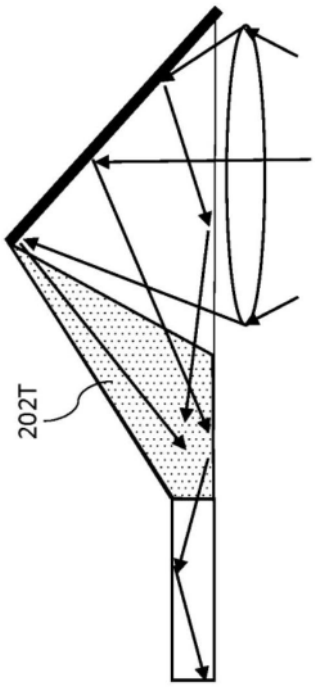


图11A

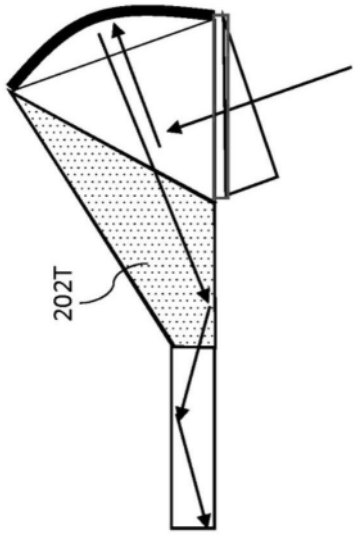


图11B

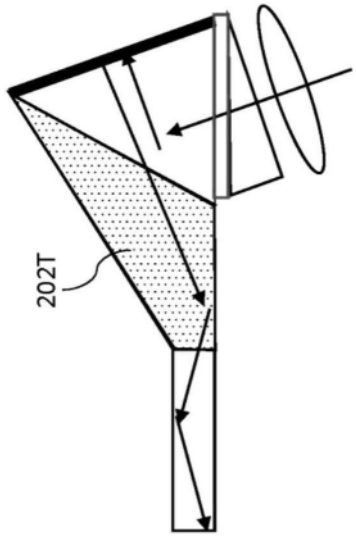


图11C

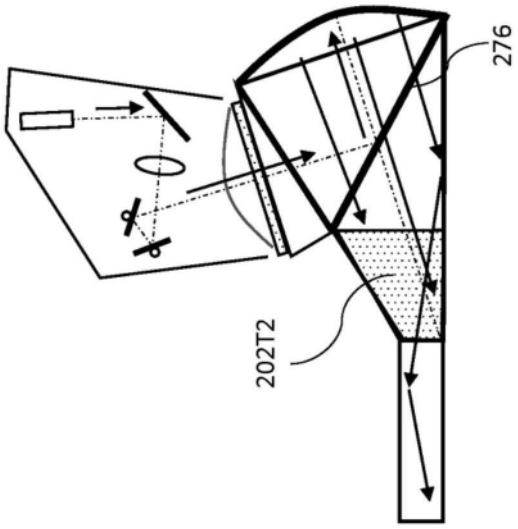


图11D

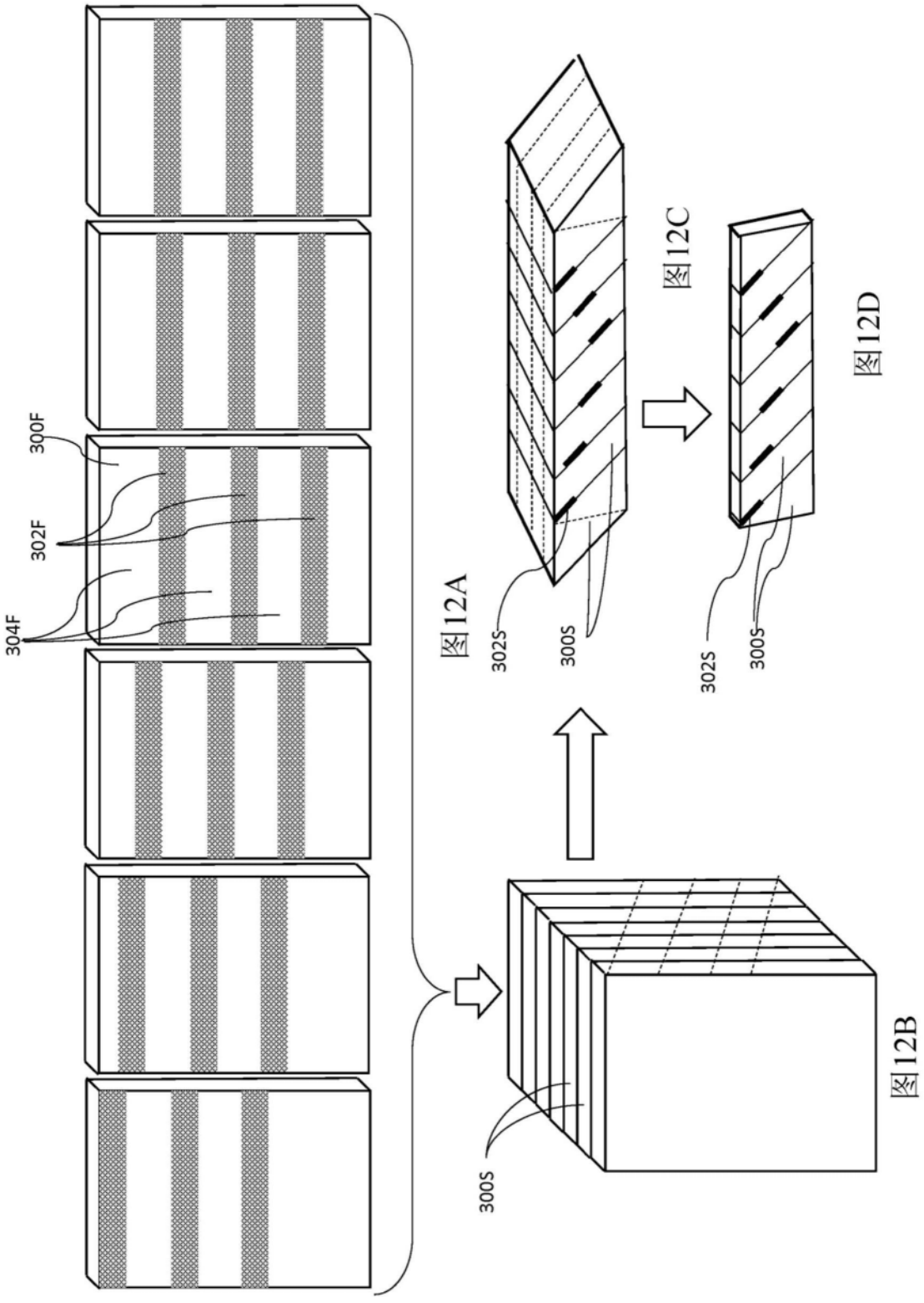


图12A 图12C 图12D 图12B

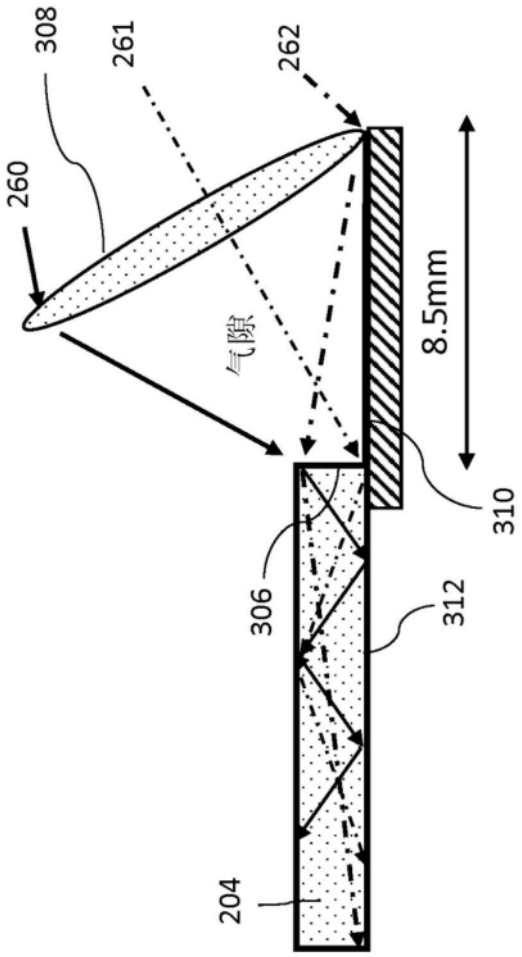


图13

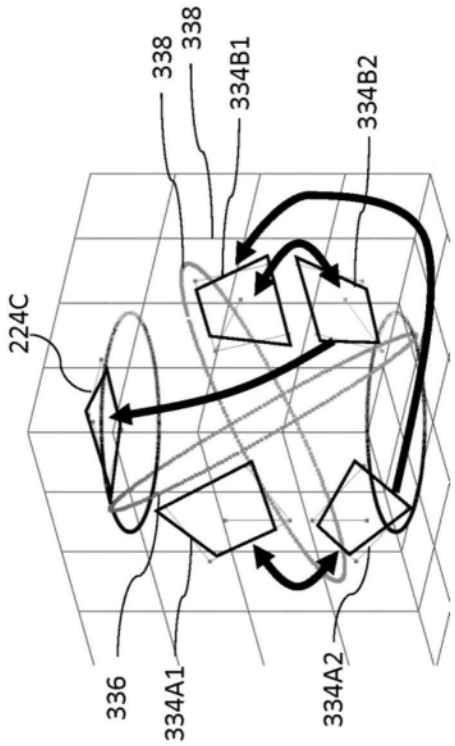


图14A

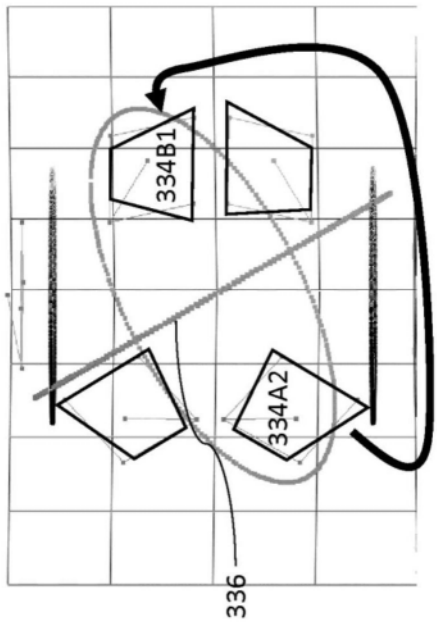


图14B

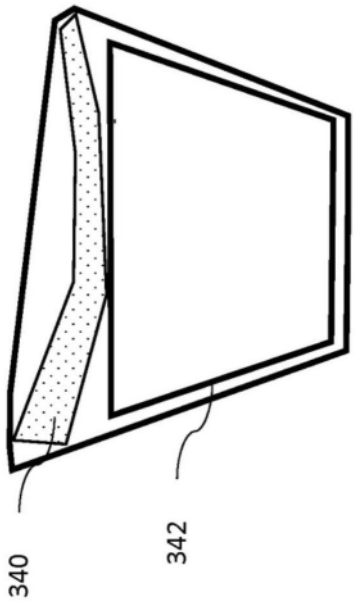


图14C

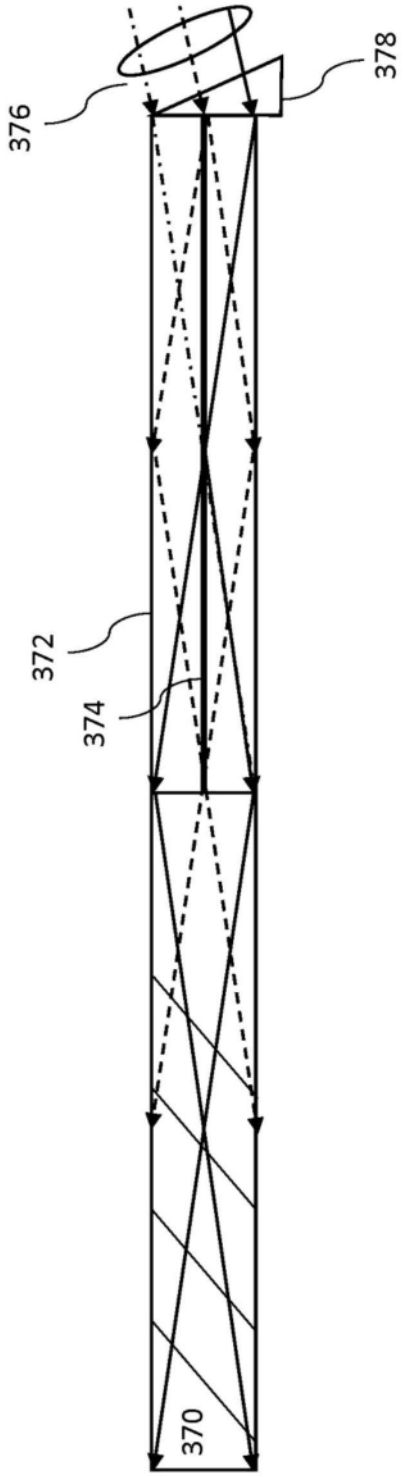


图15

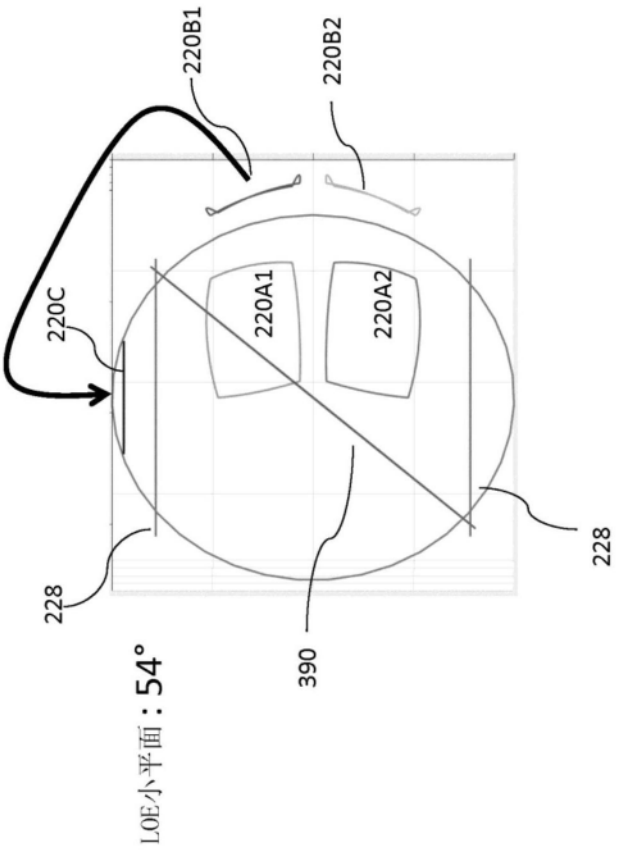

220B1
220B2
220C
220A1
220A2
228
228
390
LOE小平面：54°

图16A

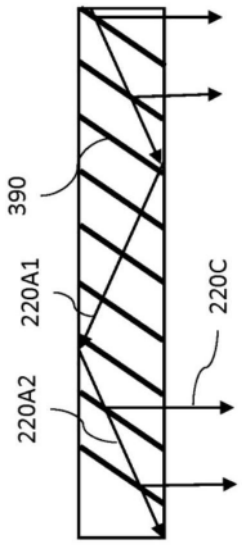

390
220A1
220A2
220C

图16B

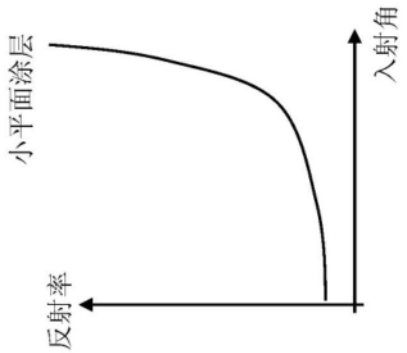


图16C

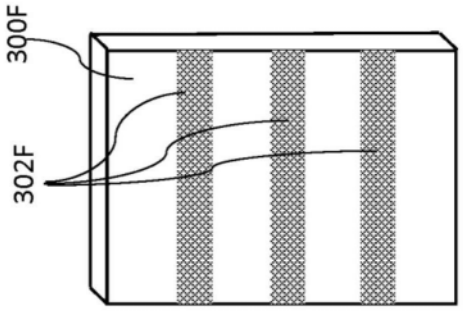


图17A

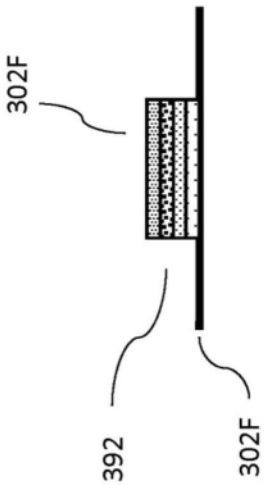


图17B

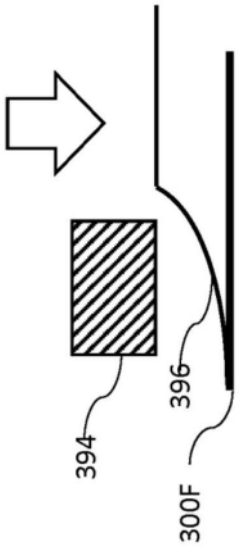


图17C

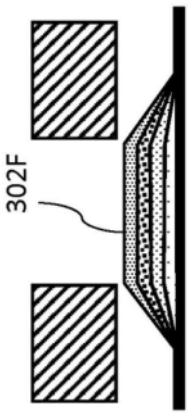


图17D

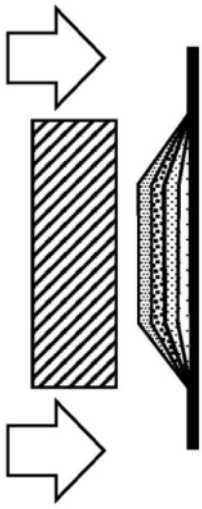


图17E

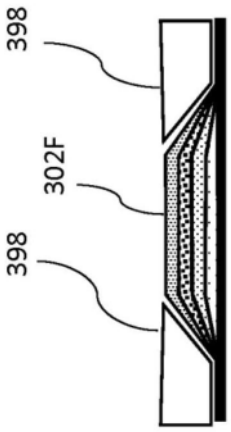


图17F