



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109073883 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201780023612.4

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

(22)申请日 2017.04.06

代理人 王茂华 彭梦晔

(30)优先权数据

15/097,661 2016.04.13 US

(51)Int.Cl.

G02B 27/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 27/01(2006.01)

2018.10.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/026253 2017.04.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/180403 EN 2017.10.19

(71)申请人 微软技术许可有限责任公司

地址 美国华盛顿州

(72)发明人 T·瓦留斯 J·特沃

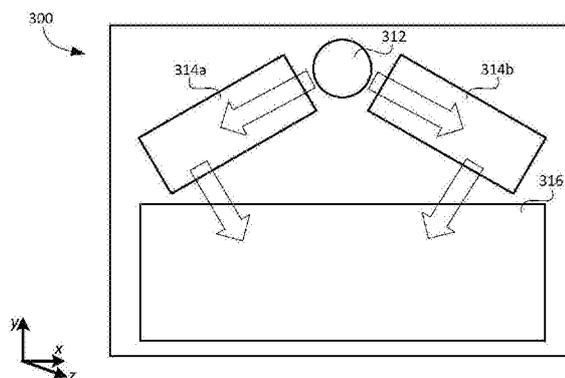
权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

具有扩展视场的波导

(57)摘要

光波导的输入耦合器将与图像相对应并且具有对应FOV的光耦合到光波导中,并且输入耦合器通过在朝向第一中间组件的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,并且在朝向第二中间组件的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,来将耦合到光波导中的图像的FOV分成第一部分和第二部分。波导的输出耦合器组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,并且将与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光耦合出光波导,使得与图像和FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光从光波导输出。中间组件和输出耦合器也提供光瞳扩展。



1. 一种用于将与输入光瞳相关联的图像复制到输出光瞳的装置,所述装置包括:  
光波导,包括输入耦合器、第一中间组件和第二中间组件以及输出耦合器;  
所述输入耦合器包括衍射光栅并且被配置为  
将光耦合到所述光波导中,所述光对应于与所述输入光瞳相关联的所述图像,并且具有对应视场(FOV),  
在朝向所述第一中间组件的第一方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分,使得所述FOV的第一部分从所述输入耦合器通过所述光波导向所述第一中间组件行进,以及  
在朝向所述第二中间组件的第二方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分,使得所述FOV的第二部分从所述输入耦合器通过所述光波导向所述第二中间组件行进,  
其中所述第一方向和所述第二方向彼此不同,以及  
其中所述FOV的所述第一部分和所述第二部分彼此不同;  
所述第一中间组件被配置为朝向所述输出耦合器衍射与所述FOV的所述第一部分相对应的光,所述FOV的所述第一部分从所述输入耦合器通过所述光波导向所述第一中间组件行进;  
所述第二中间组件被配置为朝向所述输出耦合器衍射与所述FOV的所述第二部分相对应的光,所述FOV的所述第二部分从所述输入耦合器通过所述光波导向所述第二中间组件行进;以及  
所述输出耦合器被配置为  
组合与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光,所述FOV的所述第一部分和所述第二部分从所述第一中间组件和所述第二中间组件通过所述光波导向所述输出耦合器行进,以及  
将与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像和所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光从所述光波导输出并且从所述输出光瞳可查看。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中:  
通过在朝向所述第一中间组件的所述第一方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分,并且在朝向所述第二中间组件的所述第二方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分,所述输入耦合器将所述FOV分离为所述第一部分和所述第二部分;以及  
通过组合与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光,所述输出耦合器统一由所述输入耦合器分离的所述FOV;以及  
与通过所述输出耦合器耦合出所述光波导的所述光相关联的统一FOV大于所述第一中间组件和所述第二中间组件中的每个中间组件自己能够支持的最大FOV。
3. 根据权利要求1所述的装置,其中:  
所述第一中间组件和所述第二中间组件中的每个中间组件被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项;以及  
所述输出耦合器被配置为执行所述水平光瞳扩展或所述垂直光瞳扩展中的另一项。
4. 根据权利要求1所述的装置,其中:  
所述第一方向和所述第二方向中的一个方向包括向左方向;以及  
所述第一方向和所述第二方向中的另一方向包括向右方向。

5. 根据权利要求1所述的装置,其中所述FOV的所述第一部分与所述FOV的所述第二部分部分重叠。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,其中:

所述光波导包括第一主表面和与所述第一主表面相对的第二主表面;以及

所述输入耦合器的所述衍射光栅包括位于所述光波导的所述第一主表面和所述第二主表面中的单个主表面中或上的表面起伏光栅 (SRG)。

7. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,其中:

所述光波导包括第一主表面和与所述第一主表面相对的第二主表面;以及

所述输入耦合器的衍射光栅包括

第一表面起伏光栅 (SRG),位于所述光波导的所述第一主表面和所述第二主表面中的一个主表面中或上,并且被配置为在朝向所述第一中间组件的所述第一方向上衍射与所述FOV的所述第一部分相对应的所述光,以及

第二SRG,位于所述光波导的所述第一主表面和所述第二主表面中的另一主表面中或上,并且被配置为在朝向所述第二中间组件的第二方向上衍射与所述FOV的第二部分相对应的所述光。

8. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,还包括一个或多个另外的中间组件,所述一个或多个另外的中间组件是所述第一中间组件和所述第二中间组件的补充,其中:

所述输入耦合器还被配置为向所述一个或多个另外的中间组件中的每个另外的中间组件衍射与所述FOV的至少一部分相对应的光;以及

所述一个或多个另外的中间组件每个被配置为朝向所述输出耦合器衍射与所述FOV的在所述另外的中间组件上入射的至少一部分相对应的光。

9. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,还包括:

显示引擎,被配置为产生图像;

其中通过所述输入耦合器耦合到所述光波导中的与所述图像相对应的所述光包括与由所述显示引擎产生的所述图像相对应的所述光。

10. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,其中所述输入耦合器、所述第一中间组件和所述第二中间组件以及所述输出耦合器中的每个包括单独的衍射光学元件 (DOE)。

11. 根据权利要求1至5中任一项所述的装置,其中所述装置是头戴式显示器 (HMD) 或平视显示器 (HUD) 的一部分。

12. 一种用于使用光波导将与输入光瞳相关联的图像复制到输出光瞳的方法,所述方法包括:

将光耦合到所述光波导中,所述光对应于与所述输入光瞳相关联的所述图像,并且具有对应视场 (FOV);

通过在第一方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分并且在第二方向衍射与所述图像相对应的所述光的一部分来将耦合到所述光波导中的所述图像的所述FOV分离为第一部分和第二部分,其中所述第一方向和所述第二方向彼此不同,并且其中所述FOV的所述第一部分和所述第二部分彼此不同;以及

在与所述图像相对应的所述光通过全内反射已经行进通过所述光波导的部分之后,组合与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光,并且将与所述FOV的组合的

所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像和所述FOV的组合的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光从所述光波导输出并且从所述输出光瞳可查看。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中:

所述第一方向和所述第二方向中的一个方向包括向左方向;以及  
所述第一方向和所述第二方向中的另一方向包括向右方向。

14. 根据权利要求12或13所述的方法,其中:

由所述光波导的输入耦合器执行将光耦合到所述光波导中,以及通过在所述第一方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分并且在所述第二方向上衍射与所述图像相对应的所述光的一部分来将耦合到所述光波导中的所述图像的所述FOV分离为所述第一部分和所述第二部分,所述光对应于与所述输入光瞳相关联的所述图像并且具有所述对应FOV;

在组合与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光从而统一被分离的所述FOV之前,通过全内反射(TIR)从所述输入耦合器分别向所述光波导的第一中间组件和第二中间组件传输与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光,并且使用所述光波导的第一中间组件和第二中间组件执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项;以及

由所述光波导的输出耦合器执行组合与所述FOV的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光以及将与所述FOV的组合的所述第一部分和所述第二部分相对应的所述光耦合出所述光波导。

15. 根据权利要求14所述的方法,还包括使用所述输出耦合器执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的另一项。

## 具有扩展视场的波导

### 背景技术

[0001] 各种类型的计算、娱乐和/或移动设备可以利用透明或半透明显示器来实现,设备的用户可以通过显示器查看周围环境。可以称为透视、混合现实显示设备系统或增强现实(AR)系统的这样的设备使得用户能够透过设备的透明或半透明显示器来观察周围环境,并且还看到虚拟对象(例如,文本、图形、视频等)的图像,这些虚拟对象被生成用于显示以看起来是周围环境的一部分和/或覆盖在周围环境中。可以实现为头戴式显示器(HMD)眼镜或其他可穿戴显示设备但不限于此的这些设备通常利用光波导将例如由显示引擎产生的图像复制到增强现实环境中设备的用户可以将图像认为是虚拟图像的位置。由于这仍然是一种新兴技术,因此利用波导向用户显示虚拟对象的图像存在一些挑战。

[0002] 在HMD和利用光波导的其他类型的成像设备中,诸如平视显示器(HUD),光仅在有限的内角范围内传播通过光波导。根据定义,平行于表面传播的光将沿着波导行进而不会回弹。没有平行于表面传播的光将沿着波导行进同时在表面之间来回回弹,只要相对于表面法线的入射角大于与制造光波导的材料相关联的某个临界角。例如,对于BK-7玻璃,该临界角约为42度。通过使用反射涂层或通过使用具有更高折射率的材料(这通常更昂贵),可以略微降低该临界值。无论如何,光将传播通过光波导的内角的范围不会变化很大,并且对于玻璃,内角的最大范围通常低于50度。这通常导致离开波导的角度范围(即,空气中的角度)小于40度,并且当考虑其他设计因素时通常甚至更小。例如,在包括用于光瞳扩展的中间组件(其不同于波导的输入耦合器和输出耦合器)的光波导中,中间组件通常将可以通过基于光波导的显示器来支持的对角视场(FOV)限制为不超过35度。

### 发明内容

[0003] 本技术的某些实施例涉及一种用于将与输入光瞳相关联的图像复制到扩展输出光瞳的装置。根据一个实施例,该装置包括光波导,光波导包括输入耦合器、第一中间组件和第二中间组件以及输出耦合器。输入耦合器包括衍射光栅,并且被配置为将光耦合到光波导中,光对应于与输入光瞳相关联的图像相对应并且具有对应视场(FOV),在朝向第一中间组件的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器通过光波导向第一中间组件行进,并且在朝向第二中间组件的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器通过光波导向第二中间组件行进,其中第一方向和第二方向彼此不同,并且其中FOV的第一部分和第二部分彼此不同。第一中间组件被配置为朝向输出耦合器衍射与FOV的第一部分相对应的光,FOV的第一部分从输入耦合器通过光波导向第一中间组件行进。第二中间组件被配置为朝向输出耦合器衍射与FOV的第二部分相对应的光,FOV的第二部分从输入耦合器通过光波导向第二中间组件行进。输出耦合器被配置为组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,FOV的第一部分和第二部分从第一中间组件和第二中间组件通过光波导向输出耦合器行进,并且将与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光耦合出光波导,使得与图像和与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光从光波导输出并且从输出光瞳可查看。另外,第一中间组件和第二中间

组件中的每个被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项,并且输出耦合器被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的另一项。这样,输出光瞳(也称为出射光瞳)相对于输入光瞳(也称为入射光瞳)扩展并且因此更大。输入耦合器通过在朝向第一中间组件的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分并且在朝向第二中间组件的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分来将FOV分离为第一部分和第二部分。输出耦合器通过组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光来统一由输入耦合器分离的FOV。有利地,与通过输出耦合器耦合出光波导的光相关联的统一FOV大于第一中间组件和第二中间组件中的每个自己可以支持的最大FOV。统一FOV也可以称为组合FOV。

[0004] 提供本“发明内容”是为了以简化的形式介绍一些概念,这些概念将在下面的“具体实施方式”中进一步描述。本“发明内容”不旨在标识所要求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于帮助确定所要求保护的的主题的范围。

### 附图说明

[0005] 图1A、1B和1C分别是可以用于将与输入光瞳相关联的图像复制到扩展的输出光瞳的示例性波导的正视图、俯视图和侧视图。

[0006] 图2是参考图1A、1B和1C介绍的示例性波导的侧视图,并且还示出了生成包括通过输入耦合器耦合到波导中的角度内容的图像的显示引擎,并且还示出了在靠近输出耦合器的眼睛盒内观看图像的眼睛。

[0007] 图3是根据本技术的一个实施例的光波导的正视图。

[0008] 图4是根据本技术的另一实施例的光波导的正视图。

[0009] 图5是根据本技术的另一实施例的光波导的正视图。

[0010] 图6是根据本技术的另一实施例的光波导的正视图。

[0011] 图7是用于概述根据本技术的实施例的方法的高级流程图。

### 具体实施方式

[0012] 本技术的某些实施例可以用于增加(也称为扩展)可以由包括用于执行光瞳扩展的一个或多个中间组件的光波导支持的视场(FOV),其中(多个)中间组件通常限制可以由这样的光波导支持多大的FOV。在提供这样的实施例的细节之前,图1A、1B和1C首先用于描述示例性光波导及其组件、以及其局限性。在下面的描述中,相同的数字或附图标记始终将用于指代相同的部分或元件。另外,每个附图标记的第一数字标识首次出现附图标记的图。

[0013] 图1A、1B和1C分别是可以用于将与输入光瞳相关联的图像复制到扩展的输出光瞳的示例性光波导100的正视图、俯视图和侧视图。本文中使用的术语“输入光瞳”是指与图像相对应的光通过其覆盖在波导的输入耦合器上的孔径。本文中使用的术语“输出光瞳”是指与图像相对应的光通过其离开波导的输出耦合器的孔径。输入光瞳有时也被称为入射光瞳,并且输出光瞳有时也被称为出射光瞳。光波导100在下文中通常将更简洁地简称为波导100。如下面将参考图2进一步详细讨论的,波导100正在使用用于复制并且可能还扩展的图像可以使用显示引擎来生成。

[0014] 参考图1A、1B和1C,光波导100包括具有输入耦合器112和输出耦合器116的块状基底106。输入耦合器112被配置为将光耦合到波导的块状基底106中,光对应于与输入光瞳相

关联的图像。输出耦合器116被配置为将光耦合出波导100,光对应于与输入光瞳相关联的图像,使得光被输出并且从输出光瞳可查看,其中光在光波导100中从输入耦合器112向输出耦合器116行进。

[0015] 可以由玻璃或光学塑料制成但不限于此的块状基底106包括第一主平坦表面108和与第一主平坦表面108相对并且平行的第二主平坦表面110。第一主平坦表面108可以替代地称为前侧主表面108(或更简单地称为前侧表面108),并且第二主平坦表面110可以替代地称为后侧主表面110(或更简单地称为后侧表面110)。如本文中使用的术语“块状”,基底被认为是“块状”基底,其中基底的厚度(在其主表面之间)是基底用作光传输介质的光的波长的至少十倍(即,10倍)。例如,在光(基底用作光传输介质)是波长为620nm的红光的情况下,基底将被认为是基底的厚度(在其主表面之间)至少为6200nm(即,至少6.2 $\mu\text{m}$ )的块状基底。根据某些实施例,块状基底106在其主平坦表面108和110之间具有至少25 $\mu\text{m}$ 的厚度。在特定实施例中,块状基底106具有在100 $\mu\text{m}$ 至1500 $\mu\text{m}$ 的范围内的厚度(在其主表面之间),可能的厚度为约1000 $\mu\text{m}$ 。块状基底106以及更一般地是波导100是透明的,这表示它允许光通过它,使得用户可以透过波导100观看并且观察波导100的相对侧上的物体而不是用户的(多个)眼睛。

[0016] 图1A、1B和1C中的光波导100还被示出为包括中间组件114,中间组件114可以替代地称为中间区域114。在波导100包括中间组件114的情况下,输入耦合器112被配置为向波导100中(并且更具体地向波导100的块状基底106中)并且在中间组件114的方向上耦合光。中间组件114被配置为在输出耦合器116的方向上重定向这样的光。此外,中间组件114被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项,并且输出耦合器116被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的另一项。例如,中间组件114可以被配置为执行水平光瞳扩展,并且输出耦合器116可以被配置为执行垂直光瞳扩展。替代地,如果中间组件114被重新定位,例如,在图1A所示的输出耦合器112下方和输出耦合器116左侧,则中间组件114可以被配置为执行垂直光瞳扩展,并且输出耦合器116可以被配置为执行水平光瞳扩展。

[0017] 输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116在本文中可以统称为波导的光学组件112、114和116,或者更简洁地称为组件112、114和116。

[0018] 波导可以包括输入耦合器和输出耦合器,而不包括中间组件。在这样的实施例中,输入耦合器将被配置为向波导中并且在朝向输出耦合器的方向上耦合光。在这样的实施例中,输出耦合器可以提供水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一种,这取决于实现。

[0019] 在图1A中,输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116被示出为具有矩形外围形状,但是可以具有替代的外围形状。例如,输入耦合器112可以替代地具有圆形外围形状,但不限于此。又例如,中间组件可以具有三角形或六边形外围形状,但不限于此。此外,应当注意,每个周边形状的角部(例如,通常为矩形或三角形的角部)可以被倒角或倒圆,但不限于此。这些仅是用于输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116的一些示例性外围形状,其并非旨在全部包含。

[0020] 从图1B和1C可以最好地理解,输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116都被示出为设置在波导100的同一表面(即,后侧表面110)中或上。在这种情况下,输入耦合器112可以是透射的(例如,透射光栅),中间组件114可以是反射的(例如,反射光栅),并且输出耦合器116也可以是反射的(例如,另外的反射光栅)。输入耦合器112、中间组件114和输

出耦合器116可以替代地全部设置在波导100的前侧表面110中。在这种情况下,输入耦合器112可以是反射的(例如,反射光栅),中间组件114可以是反射的(例如,另外的反射光栅),并且输出耦合器116也可以是透射的(例如,透射光栅)。

[0021] 替代地,输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116都可以嵌入(也称为浸入)在块状基底106中。例如,块状基底106可以分成两个半部(其平行于主表面108和110),并且输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116可以设置在(例如,蚀刻到其中)两个半部的内表面中的一个内表面中,并且两个半部的内表面可以彼此粘合。替代地,块状基底106可以分成两个半部(其与主表面108和110平行),并且输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116可以设置在两个半部的内表面之间。用于将输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116嵌入块状基底106中的其他实现也是可能的,并且在本文中描述的实施例的范围内。输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116中的一个也可以设置在波导108的前侧表面108中或上,组件112、114和116中的另一个设置在后侧表面110中或上,并且组件112、114和116中的最后一个嵌入或浸入在块状基底106中。更一般地,除非另有说明,否则输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116中的任何一个可以设置在块状基底106的主平坦表面108或110中的任一个中或上,或者嵌入在其间。

[0022] 输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116每个可以实现为衍射光栅,或者更一般地,实现为衍射光学元件(DOE)。衍射光栅是可以包含周期性结构的光学组件,该周期性结构由于被称为衍射的光学现象而使入射光分离并且改变方向。分离(称为光学阶数)和角度变化取决于衍射光栅的特性。当周期性结构在光学组件的表面上时,它被称为表面光栅。当周期性结构由于表面本身的变化而引起时,它被称为表面起伏光栅(SRG)。例如,SRG可以在光学组件的表面中包括均匀的直槽,这些直槽通过均匀的直槽间隔区域分开。槽间隔区域可以称为“线”、“光栅线”或“填充区域”。由SRG进行的衍射的性质取决于在SRG上入射的光的波长、偏振和角度以及SRG的各种光学特性,诸如折射率、线间距、槽深度、槽轮廓、槽填充率和槽倾斜角。SRG可以通过合适的微制造工艺来制造,微制造工艺可以包括在基底上蚀刻和/或沉积以在基底上制造期望的周期性微结构以形成光学组件,光学组件然后可以用作生产主体,诸如用于制造另外的光学组件的模具或掩模。SRG是衍射光学元件(DOE)的示例。当DOE存在于表面上时(例如,当DOE是SRG时),由该DOE跨越的该表面的部分可以被称为DOE区域。衍射光栅、而不是表面光栅可以替代地是体光栅,诸如布拉格衍射光栅。一个或多个耦合器也可以被制造为SRG,并且然后被覆盖在另一种材料中,例如,使用原子层沉积工艺或铝沉积工艺,从而基本上掩埋SRG,使得包括(多个)SRG的(多个)主平面波导表面基本上是平滑的。这样的耦合器是表面和体衍射光栅的混合的一个示例。输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116中的任何一个可以是例如表面衍射光栅、或体衍射光栅、或表面和体衍射光栅的混合。根据本文中描述的实施例,每个衍射光栅可以具有由衍射光栅的光栅线的方向指定的优先线性偏振定向,其中具有优先线性偏振定向的光的耦合效率将高于具有非优先线性偏振定向的光的耦合效率。

[0023] 在输入耦合器112、中间组件114和/或输出耦合器116是SRG的情况下,每个这样的SRG可以被蚀刻到块状基底106的主平坦表面108或110中的一个中。在这样的实施例中,SRG可以被称为形成在块状基底106“中”。替代地,每个SRG可以物理地形成在覆盖块状基底106的主平坦表面108或110中的一个的涂层中,在这种情况下,每个这样的SRG可以被称为形成

在块状基底106“上”。无论哪种方式,组件112、114和116都被认为是波导100的一部分。

[0024] 具体参考图1A,在示例性实施例中,输入耦合器112可以具有在垂直(y)方向上延伸的表面光栅,输出耦合器116可以具有在水平(x)方向上延伸的表面光栅,并且中间组件114可以具有相对于水平和垂直方向延伸对角线(例如,~45度)的表面光栅。这只是一个示例。其他变化也是可能的。

[0025] 更一般地,输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116可以具有各种不同的外围几何形状,可以设置在块状基底的主平坦表面中的任一个中或上,或者可以嵌入在块状基底106中,并且可以使用各种不同类型的光学结构来实现,如从以上讨论中可以理解的,并且将从下面的讨论中进一步理解的。

[0026] 通常,经由输入耦合器112耦合到波导中的与图像相对应的光可以通过全内反射(TIR)从输入耦合器112通过波导向输出耦合器114行进。TIR是当传播的光波以大于相对于表面的法线的临界角的角度撞击介质边界(例如,块状基底106的介质边界)时发生的现象。换言之,临界角( $\theta_c$ )是超过其则发生TIR的入射角,其由Snel1定律给出,如本领域中已知的。更具体地,Snel1定律指定使用以下等式指定临界角( $\theta_c$ ):

$$[0027] \quad \theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$$

[0028] 其中

[0029]  $\theta_c$ 是在介质边界处相遇的两个光学介质(例如,块状基底106、以及与块状基底106相邻的空气或某种其他介质)的临界角,

[0030]  $n_1$ 是光在其中朝向介质边界传播的光学介质的折射率(例如,一旦光在其中耦合,则为块状基底106),并且

[0031]  $n_2$ 是超出介质边界的光学介质的折射率(例如,与块状基底106相邻的空气或某种其他介质)。

[0032] 通过TIR从输入耦合器112通过波导100向输出耦合器114行进的光的概念可以从图2中更好地理解,图2将在下面讨论。现在参考图2,如在图1C中,图2示出了波导100的侧视图,但是还示出了显示引擎204,显示引擎204生成包括通过输入耦合器112耦合到波导的角度内容的图像。图2中还示出了使用波导100观察使用显示引擎204产生的作为虚像图像的图像的人眼214的表示。

[0033] 显示引擎204可以包括例如图像形成器206、准直透镜208和照明器210,但不限于此。图像形成器206可以使用透射投影技术来实现,其中光源由光学活性材料调制,并且背光用白光。这些技术通常使用具有强大背光和高光能密度的液晶显示器(LCD)型显示器来实现。照明器210可以提供上述背光。图像形成器206也可以使用反射技术来实现,其中外部光由光学活性材料反射和调制。数字光处理(DLP)、硅基液晶(LCOS)和高通公司的**Mirasol®**显示技术都是反射技术的示例。替代地,图像形成器206可以使用发光技术来实现,其中光由显示器生成,参见例如Microvision公司的PicoP™显示引擎。发光显示技术的另一示例是微有机发光二极管(OLED)显示。诸如eMagin和Microoled等公司提供微型OLED显示器的示例。单独或与照明器210组合的图像形成器206也可以称为微显示器。准直透镜208被布置为从图像形成器206接收发散显示图像,以准直显示图像,并且将准直图像朝向波导100的输入耦合器112引导。根据一个实施例,与波导相关联的入射光瞳的大小可以与与图像形成器206相关联的出射光瞳大致相同,例如,在一些实施例中为5mm或更小,但不限

于此。

[0034] 在图2中,显示引擎204被示出为面向波导100的后侧表面110,并且眼睛214被示出为面向与后侧表面110相对并且平行的前侧表面108。这提供了潜望镜类型的配置,其中光在波导100的一侧进入波导,并且在波导100的相对侧离开波导。替代地,输入耦合器112和输出耦合器116可以以使得显示引擎204和眼睛214靠近并且面对相同的主平坦表面(108或110)的方式实现。

[0035] 波导100可以合并到透视混合现实显示设备系统中,但不限于与其一起使用。可以为用户的左眼和右眼中的每个提供波导100和显示引擎204的单独实例。在某些实施例中,(多个)这样的波导100可以位于透视透镜的旁边或之间,透视透镜可以是在眼镜中使用的标准透镜,并且可以针对任何配置(prescription)(包括非配置)做出。在透视混合现实显示设备系统被实现为包括框架的头戴式显示器(HMD)眼镜的情况下,显示引擎204可以位于框架的侧面,使得其位于用户的太阳穴附近。替代地,显示引擎204可以位于HMD眼镜的中央部分,该中央部分位于用户的鼻梁上方。显示引擎204的其他位置也是可能的。在这些情况下,用户也可以称为佩戴者。在用户的左眼和右眼中的每个都存在单独的波导的情况下,对于每个波导并且因此对于用户的左眼和右眼中的每个,可以存在单独的显示引擎。如本领域中已知的,一个或多个另外的相邻波导可以用于基于在用户的(多个)眼睛214上入射和从用户的(多个)眼睛214反射的红外光来执行眼睛跟踪。

[0036] 上面参考图1A、1B、1C和2描述的示例性光波导100可以支持仅约35度的对角视场(FOV),其中块状基底106的折射率约为1.7(即, $n_1 \sim 1.7$ )。将对角FOV限制为约35度的光学组件是中间组件112,因为输入耦合器112和输出耦合器116每个可以处理比中间组件112大得多的对角FOV。增加(也称为延伸)对角FOV的一种方式是为了增加光波导100的块状基底106的折射率,这将使得中间组件112能够支持更大的对角FOV。然而,具有如此高折射率的材料(例如,玻璃)非常昂贵。此外,不容易大量获取用于生产具有如此高折射率的块状基底的合适材料。因此,关于包括用于光瞳扩展的中间组件的基于波导的显示器的文献通常指定对角FOV的上限是约35度。

[0037] 根据本技术的某些实施例,光波导包括至少两个中间组件,每个中间组件用于支持FOV的不同部分。更具体地,输入耦合器被设计为在至少两个不同(例如,相反)的方向上衍射光,以便向不同的中间组件引导与图像相对应的光。例如,通过适当地调整输入耦合器的光栅周期,与FOV的左侧部分相对应的光被转向到左侧中间组件,并且与FOV的右侧部分相对应的光被转向到右侧中间组件。另外,可以适当地调整光栅周期,使得没有被转向到左侧和右侧中间组件中的任一个的FOV的一部分(例如,FOV的中央部分)变为不携带任何功率的渐逝衍射级。更一般地,通过适当设计和放置输入耦合器以及适当放置和设计两个或更多个中间组件,可以在不同的方向上引导FOV的不同部分。这样的实施例可以提供两个显著优点。首先,即使每个中间组件分别支持相对较小的FOV(例如,不大于约35度的对角FOV),这样的实施例也可以提供非常大的总对角FOV。另外,由于在每个不同方向上仅引导FOV的期望部分,因此可以显著节省功率(例如,高达50%)。本技术的实施例的演示已经表明,这样的实施例可以用于获取高达约70度的对角FOV,其中光波导的块状基底的折射率约为1.7(即, $n_1 \sim 1.7$ )。因此,已经证明,与使用上面参考图1A、1B、1C和2描述的示例性波导100可以实现的FOV相比,本技术的实施例可以用于使对角FOV加倍。通过适当的设计,本文中描述的

实施例可以用于提供高达约90度的甚至更大的FOV。应当注意,除非另有说明,否则如本文中使用的术语FOV是指对角FOV。

[0038] 图3是根据本技术的实施例的光波导300的正视图。参考图3,光波导300被示出为包括输入耦合器312、两个中间组件314a和314b、以及输出耦合器316。输入耦合器312包括衍射光栅并且被配置为将光耦合到光波导300中(并且更具体地,耦合到光波导的块状基底中),光对应于与输入光瞳相关联的图像并且具有对应FOV。输入耦合器312还被配置为在朝向第一中间组件314a的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器312通过光波导300向第一中间组件314a行进,并且在朝向第二中间组件314b的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器312通过光波导300向第二中间组件314b行进。FOV的第一部分和第二部分彼此不同,并且取决于实现,可以(或可以不)彼此部分重叠。输入耦合器312衍射光的第一方向和第二方向也彼此不同。在所示的配置中,第一方向是向左方向,并且第二方向是向右方向。更具体地,第一方向既向左又向下锐角,并且第二方向既向右又向下锐角。

[0039] 在所示的配置中,中间组件314a被配置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器316衍射与FOV的第一部分相对应的光,FOV的第一部分从输入耦合器312通过光波导向第一中间组件314a行进。中间组件314b被配置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器316衍射与FOV的第二部分相对应的光,FOV的第二部分从输入耦合器312通过光波导向第二中间组件314b行进。中间组件314a和314b可以单独地称为中间组件314,或者统称为中间组件314。在替代实施例中,布局和光学组件可以重新布置和重新配置(例如,通过将布局旋转90度),使得中间组件314被配置为执行垂直光瞳扩展,并且输出耦合器316被配置为执行水平光瞳扩展。更一般地,中间组件可以被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项,并且输出耦合器可以被配置为执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的另一项。

[0040] 在所示的配置中,输出耦合器316被配置为组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,FOV的第一部分和第二部分从第一中间组件和第二中间组件314a和314b通过光波导向输出耦合器316行进。输出耦合器316还被配置为将与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光耦合出光波导300,使得与图像相对应的光和与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光从光波导300输出并且从输出光瞳可查看。

[0041] 输入耦合器312、中间组件314和输出耦合器316在本文中可以统称为波导的光学组件312、314和316,或者更简洁地称为组件312、314和316。

[0042] 在图(例如,图1、2和3)中,波导(例如,100和300)通常被示出为包括一对平面表面。在替代实施例中,波导(例如,100、300、400、500或600)的表面可以是非平面的,即弯曲的。虽然光栅可以更容易地在平面表面上或中制造,但是在(多个)弯曲表面的情况下,可以减少系统中的一些像差。

[0043] 如上所述,在包括用于光瞳扩展的中间组件(其不同于波导的输入耦合器和输出耦合器)的光波导中,中间组件通常将基于波导的显示器的对角FOV限制为不超过35度。换言之,(多个)中间组件通常仅支持高达约35度的FOV。相比之下,光波导的输入耦合器和输出耦合器每个能够支持比单个中间组件大得多的FOV。更具体地,光波导的输入耦合器和输出耦合器每个可以支持至少是中间组件的两倍的FOV。因此,中间组件通常是限制了可以使用光波导来实现的总FOV的光波导的光学组件。

[0044] 在本文中描述的本技术的实施例中,包括上面参考图3描述的实施例,输入耦合器312通过在朝向第一中间组件314a的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,并且在朝向第二中间组件314b的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,来将FOV分离为第一部分和第二部分。输出耦合器316通过组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光来统一由输入耦合器312分离的FOV。有利地,与通过输出耦合器312耦合出光波导300的光相关联的FOV大于第一中间组件和第二中间组件314中的每个自己可以支持的最大FOV。

[0045] 假定通过输入耦合器312耦合到波导300中的光的FOV是约70度,并且中间组件314a和314b中的每个可以单独地支持仅约35度的FOV。在这个示例中,输入耦合器312可以将70度FOV分离为第一35度FOV部分(其通过TIR向第一中间组件314a行进)和第二35度FOV部分(其通过TIR向第二中间组件314b行进)。例如,FOV的第一部分可以是0到35度,并且FOV的第二部分可以是35到70度。然后,输出耦合器316可以组合与FOV的第一35度部分相对应的光(其通过TIR从第一中间组件314a通过光波导向输出耦合器316行进)和与FOV的第二35度相对应的光(其通过TIR从第二中间组件314b通过光波导向输出耦合器316行进),从而将两个35度FOV部分统一成约70度的原始FOV。输出耦合器316将与FOV的组合的第一部分和第二部分(即,组合成具有约70度的FOV)相对应的光耦合出光波导300,使得与图像和FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光从光波导300输出并且从输出光瞳可查看。因此,与通过输出耦合器312耦合出光波导300的光相关联的约70度FOV大于第一中间组件314a和第二中间组件314b中的每个自己可以支持的约35度FOV。

[0046] 如上所述,FOV的第一部分和第二部分彼此不同,并且取决于实现,可以(或可以不)彼此部分重叠。因此,例如,在FOV的第一部分和第二部分彼此部分重叠的情况下,FOV的第一部分可以是2至37度,并且FOV的第二部分可以是33至68度。这只是一个示例,且并非旨在是限制性的。

[0047] 根据某些实施例,输入耦合器312、中间组件314和输出耦合器316每个可以实现为DOE。根据某些实施例,输入耦合器312、中间组件314和输出耦合器316被实现为位于波导300的一个(或两个)主表面中或上的SRG型DOE。在某些实施例中,每个SRG可以在波导300的仅一个主表面中或上包括均匀的直槽,这些槽由均匀的直槽间隔区域分开。每个SRG的衍射的性质取决于在光栅上入射的光的波长和SRG的各种光学特性,诸如线间距、槽深度和槽倾斜角。每个SRG可以通过合适的微制造工艺制造,微制造工艺可以包括在基底上蚀刻和/或沉积以在基底中或上制造期望的周期性微结构以形成光学组件,光学组件然后可以用作生产主体,诸如用于制造另外的光学组件的模具或掩模。

[0048] 根据某些实施例,输入耦合器312被实现为波导300的仅一个主表面中或上的SRG,其中输入耦合器312的光栅的行间距是恒定的,但是光栅的第一部分的倾斜角被优化以在第一中间组件314a的方向上引导在输入耦合器312上入射的光的一部分,并且光栅的第二部分的倾斜角被优化以在第二中间组件314b的方向上引导在输入耦合器312上入射的光的一部分。

[0049] 根据其他实施例,输入耦合器312被实现为波导300的两个主表面中或上的SRG。在这样的实施例中,第一SRG位于光波导300的一个主表面中或上,并且被配置为在朝向第一中间组件314a的第一方向上衍射与FOV的第一部分相对应的光,并且第二SRG位于光波导300的另一主表面中或上,并且被配置为在朝向第二中间组件314b的第二方向上衍射与FOV

的第二部分相对应的光。根据一个实施例,输入耦合器312的第一SRG的光栅周期与输入耦合器312的第二SRG的光栅周期相同,但是倾斜角彼此不同。根据另一实施例,输入耦合器312的第一SRG的光栅周期不同于输入耦合器312的第二SRG的光栅周期。

[0050] 图3仅示出了输入耦合器、中间组件和输出耦合器的一个示例性布局。图4示出了输入耦合器、中间组件和输出耦合器的替代布局。参考图4,输入耦合器412包括衍射光栅,并且被配置为将光耦合到光波导400中,光对应于与输入光瞳相关联的图像并且具有对应FOV,在朝向第一中间组件414a的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器412通过光波导400向第一中间组件414a行进,并且在朝向第二中间组件414b的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器412通过光波导400向第二中间组件414b行进。在所示的配置中,第一方向是向左方向,并且第二方向是向右方向。输出耦合器416被配置为组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,FOV的第一部分和第二部分从第一中间组件和第二中间组件414a和414b通过光波导向输出耦合器416行进。输出耦合器416还被配置为将与FOV的组的第一部分和第二部分相对应的光耦合出光波导400,使得与图像和FOV的组的第一部分和第二部分相对应的光从光波导400输出并且从输出光瞳可以看到。

[0051] 在某些实施例中,光波导包括一个或多个另外的中间组件,其是第一中间组件和第二中间组件的补充,并且输入耦合器还被配置为向一个或多个另外的中间组件中的每个衍射与FOV的至少一部分相对应的光。在这样的实施例中,一个或多个另外的中间组件每个被配置为朝向光波导的输出耦合器衍射与FOV的至少一部分相对应的在另外的中间组件上入射的光。这样的实施例的示例在图5和6中示出。

[0052] 参考图5,光波导500被示出为包括输入耦合器512、四个中间组件514a、514b、514c和514d、以及输出耦合器516。输入耦合器512包括一个或多个衍射光栅并且被配置为将光耦合到光波导500中,光对应于与输入光瞳相关联的图像相并且具有对应FOV。输入耦合器514a还被配置为在朝向中间组件514a的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器512通过光波导500向中间组件514a行进,在朝向中间组件514b的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器512通过光波导500向中间组件514b行进,在朝向中间组件514c的第三方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第三部分从输入耦合器512通过光波导500向中间组件514c行进,并且在朝向第四中间组件514d的第四方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第四部分从输入耦合器512通过光波导500向中间组件514d行进。

[0053] 在图5的实施例中,提供给中间组件514a的FOV的一部分不同于提供给中间组件514d的FOV的一部分,并且提供给中间组件514b的FOV的一部分不同于提供给中间组件514c的FOV的一部分。取决于实现,提供给中间组件514b的FOV的一部分可以与提供给中间组件514a的FOV的一部分相同或不同;并且提供给中间组件514c的FOV的一部分可以与提供给中间组件514d的FOV的一部分相同或不同。根据一个实施例,调整输入耦合器512的光栅周期,使得没有被转向到中间组件514a和514d中的任一个的FOV的一部分变为不携带任何功率的渐逝衍射级。

[0054] 在图5的实施例中,中间组件514a和514d中的每个被配置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器516衍射具有原始FOV的相应部分的光。中间组件514b和514c也可以被配

置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器516衍射具有原始FOV的相应部分的光。替代地,中间组件514b和514c可以朝向输出耦合器516衍射具有原始FOV的相应部分的光而不执行任何光瞳扩展,在这种情况下,输出耦合器516的中间部分可以输出与图像相对应的具有直接来自输入耦合器512的FOV的光。输出耦合器516还被配置为组合FOV并且将与组合FOV相对应的光耦合出光波导500,使得与图像相对应的光和与组合FOV相对应的光从光波导500输出并且从输出光瞳可查看。

[0055] 参考图6,光波导600被示出为包括输入耦合器612、三个中间组件614a、614b和614c、以及输出耦合器616。输入耦合器612包括一个或多个衍射光栅并且被配置为将光耦合到光波导600中,光对应于与输入光瞳相关联的图像并且具有对应FOV。输入耦合器614a还被配置为在朝向第一中间组件614a的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器612通过光波导600向第一中间组件614a行进,在朝向第二中间组件614b的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器612通过光波导600向第二中间元件614b行进,并且在朝向第三中间组件614c的第三方向上衍射与图像相对应的光的一部分,使得FOV的第三部分从输入耦合器612通过光波导600向第三中间组件614c行进。

[0056] 在图6的实施例中,提供给中间组件614a的FOV的一部分不同于提供给中间组件614c的FOV的一部分。提供给中间组件514b的FOV的一部分可以包括提供给中间组件614a的FOV的一部分和提供给中间组件614c的FOV的一部分。提供给中间组件514b的FOV的一部分可以替代地不同于提供给中间组件614a的FOV的一部分和提供给中间组件614c的FOV的一部分。根据一个实施例,调整输入耦合器612的光栅周期,使得没有被转向到中间组件614a和614c中的任一个的FOV的一部分变为不携带任何功率的渐逝衍射级。

[0057] 在图6的实施例中,每个中间组件614a和614c被配置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器616衍射具有原始FOV的相应部分的光。中间组件614b也可以被配置为执行水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器616衍射具有原始FOV的相应部分的光。替代地,中间组件614b可以朝向输出耦合器616衍射具有原始FOV的相应部分的光而不执行任何光瞳扩展,在这种情况下,输出耦合器616的中间部分可以输出与图像相对应的具有直接来自输入耦合器612的FOV的光。输出耦合器616还被配置为组合FOV并且将与组合FOV相对应的光耦合出光波导600,使得与图像和组合FOV相对应的光从光波导600输出并且可以从输出光瞳可查看。

[0058] 尽管未在图3-6中具体示出,但是每个光波导(300、400、500和600)用于与显示引擎一起使用,显示引擎可以与上面参考图2描述的显示引擎204相同或相似,但不限于此。例如,显示引擎(例如,204)可以面对光波导(300、400、500或600)之一的后侧表面,并且用户的眼睛(例如,佩戴HMD眼镜的人的眼睛)可以面向与后侧表面相对并且平行的前侧表面,以提供潜望镜类型的配置,其中光在波导的一侧上进入波导,并且在波导的相对侧处离开波导。替代地,输入耦合器和输出耦合器可以以使得显示引擎和用户的眼睛靠近并且面向光波导的相同的主表面的方式实现。

[0059] 在使用光波导进行光瞳复制(也称为图像复制)的情况下,可能发生局部和全局强度的不均匀性,这在观察复制的图像时可能导致暗和亮的条纹和暗斑点,这是不可取的。参考图5和6示出和描述的实施例可以提供改进的强度分布,并且因此,与参考图3和4示出和

描述的实施例相比,可以用于在观看时改善复制的图像。

[0060] 在本文中描述的实施例中,替代作为表面光栅,每个衍射光栅可以替代地是体光栅,诸如布拉格衍射光栅。一个或多个耦合器也可以被制造为SRG,并且然后覆盖在另一种材料中,例如,使用铝沉积工艺,从而基本上掩埋SRG,使得包括(多个)SRG的(多个)主平面波导表面基本上是光滑的。这样的耦合器是表面和体衍射光栅的混合的一个示例。例如,输入耦合器(例如,312、412、512、612)、中间组件(例如,314、414、514、614)和输出耦合器(例如,316、416、516、616)中的任何一个可以是表面衍射光栅、或体衍射光栅、或表面和体衍射光栅的混合。根据本文中描述的实施例,每个衍射光栅可以具有由衍射光栅的光栅线的方向指定的优先线性偏振定向,其中具有优先线性偏振定向的光的耦合效率将高于具有非优先线性偏振定向的光的耦合效率。

[0061] 使用本文中描述的实施例,通过利用中间组件来提供光瞳扩展的光波导,可以实现至少70度以及可能高达90度或甚至更大的大FOV,即使在中间组件单独只能支持约35度的FOV的情况下。另外,在总FOV的仅一部分被引导到不同的中间组件的情况下,与FOV未被输入耦合器分离的情况相比,可以实现高达50%的功率节省。

[0062] 在HMD的很多设计中,当正在佩戴HMD时,光波导的输入耦合器位于佩戴者的太阳穴或鼻梁区域附近。这可以是上面参考图1和2描述的实施例的情况。相反,在图3-6所示的实施例中,输入耦合器可以直接位于HMD佩戴者的眼睛上方,导致在光被输出并且由佩戴者的眼睛观察之前,与图像相对应的光在输入耦合器与输出耦合器之间行进的传播距离更短。该较短距离导致较低的累积误差。此外,如果与FOV的一部分(例如,中间部分)相对应的光直接从输入耦合器向输出耦合器转向,使得光不与中间组件显著交互,则单个光波导可以支持二维和一维光瞳扩展的组合。

[0063] 本文中描述的光波导(例如,300、400、500、600)可以并入透视混合现实显示设备系统中。可以使用相同的波导来使与从输入耦合器到输出耦合器的图像相关联的多种不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的光转向。替代地,三个波导可以彼此相邻地堆叠,其中每个波导用于将与图像相关联的不同颜色(例如,红色、绿色或蓝色)的光从其相应的输入耦合器向其输出耦合器转向。也可以是,一个波导处理两种颜色(例如,绿色和蓝色)的光,而另一波导处理第三种颜色(例如,红色)的光。其他变化也是可能的。

[0064] 本文中描述的光波导(例如,300、400、500或600)用于将光从输入耦合器向输出耦合器转向,其中光被耦合出用于通过人的两只眼睛之一(即,左眼或右眼)观察或成像。可以为另一只眼睛提供波导的一个或多个另外的实例(例如,300、400、500或600)。换言之,可以为用户的左眼和右眼中的每个提供波导的单独实例(例如,300、400、500或600)和显示引擎204。在某些实施例中,(多个)这样的波导可以位于透视镜片旁边或之间,透视镜片可以是在眼镜中使用的标准镜片并且可以针对任何配置(包括非配置)做出。在用户的左眼和右眼中的每个都存在单独波导的情况下,对于每个波导并且因此对于用户的左眼和右眼中的每个,可以存在单独的显示引擎。如本领域中已知的,一个或多个另外的相邻波导可以用于基于在用户的(多个)眼睛214上入射和从用户的(多个)眼睛214反射的红外光来执行眼睛跟踪。

[0065] 在图3、4、5和6中,输入耦合器、中间组件和输出耦合器被示出为具有特定的外围形状,但是可以具有替代的外围形状。类似地,光波导的外围形状也可以改变,同时仍然在

本文中描述的实施例的范围内。

[0066] 在某些实施例中,输入耦合器(例如,312、412、512、612)可以具有在垂直(y)方向上延伸的表面光栅,输出耦合器(例如,316、416、516、616)可以具有在水平(x)方向上延伸的表面光栅,并且某些中间组件(例如,314a、414a、514a、614a)可以具有相对于水平和垂直方向呈对角线(例如,~45度)延伸的表面光栅,并且其他中间组件(例如,314b、414b、514d、614c)可以具有在另一方向上呈对角线(例如,~45度)延伸的表面光栅。这只是几个示例。其他变化也是可能的并且在本技术的实施例的范围内。取决于实现,光波导的中间组件的光栅周期可以全部相同,或者可以全部不同。无论如何,光波导的两个或更多个中间组件应当执行光瞳扩展,并且朝向光波导的输出耦合器转向光。

[0067] 现在将使用图7的高级流程图来概述根据本技术的某些实施例的方法。参考图7描述的方法利用光波导将与输入光瞳相关联的图像复制到输出光瞳。参考图7,步骤702涉及将光耦合到光波导中,光对应于与输入光瞳相关联的图像并且具有对应FOV。步骤704涉及通过在第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,并且在第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,来将耦合到光波导中的图像的FOV分离为第一部分和第二部分。其中第一方向和第二方向彼此不同,并且其中FOV的第一部分和第二部分彼此不同。根据一个实施例,第一方向和第二方向中的一个方向包括向左方向,并且第一方向和第二方向中的另一方向包括向右方向。步骤706涉及在与图像相对应的光通过全内反射(TIR)(例如,从输入耦合器到空间分离的输出耦合器)行进通过光波导的部分之后,组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,并且将与FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光耦合出光波导,使得与图像和FOV的组合的第一部分和第二部分相对应的光从光波导输出和从输出光瞳可查看。从以上对图3-6的讨论中可以理解,步骤702和704可以由光波导的输入耦合器(例如,312、412、512或612)执行,并且步骤706可以由光波导的输出耦合器(例如,316、416、516或616)执行。

[0068] 根据某些实施例,在组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光以由此统一被分离的FOV之前,通过全内反射(TIR)从输入耦合器分别向光波导的第一中间组件和第二中间组件传输与FOV的第一部分和第二部分相对应的光,并且光波导的第一中间组件和第二中间组件用于执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的一项。根据某些实施例,光波导的输出耦合器用于执行水平光瞳扩展或垂直光瞳扩展中的另一项。

[0069] 在这样的实施例中,输入耦合器通过在朝向第一中间组件的第一方向上衍射与图像相对应的光的一部分,并且在朝向第二中间组件的第二方向上衍射与图像相对应的光的一部分,来将FOV分离为第一部分和第二部分。输出耦合器通过组合与FOV的第一部分和第二部分相对应的光来统一由输入耦合器分离的FOV。使用这样的实施例,与通过输出耦合器耦合出光波导的光相关联的统一FOV大于第一中间组件和第二中间组件中的每个自己可以支持的最大FOV,如上所述。如上所述,还可以将与光相关联的FOV分离为多于两个部分,光与通过输入耦合器耦合到波导中的图像相对应,并且可以通过波导的输出耦合器组合FOV的多于两个部分。

[0070] 本文中描述的实施例可以用于增加(也称为扩展)可以由已经提出的光波导支持的FOV,而不需要使用图像平铺。此外,本文中描述的实施例可以用于增加光波导可以支持的FOV,而不需要使用可切换的布拉格光栅。然而,在参考图3-6描述的实施例中,输入耦合

器、中间组件和输出耦合器中的一个或多个可能可以使用可切换布拉格光栅来实现。然而，在这样的实施例中，不是光栅可切换的事实使得光波导能够支持大的FOV，如同仅依赖于图像的不同部分和/或不同的光栅配置的切换和时分多路复用来支持大FOV的其他提议的情况一样。

[0071] 尽管用结构特征和/或方法动作特定的语言描述了本主题，但是应理解，所附权利要求书中定义的主题不必限于上述具体特征或动作。而是，上述具体特征和动作被公开作为实现权利要求的示例形式。

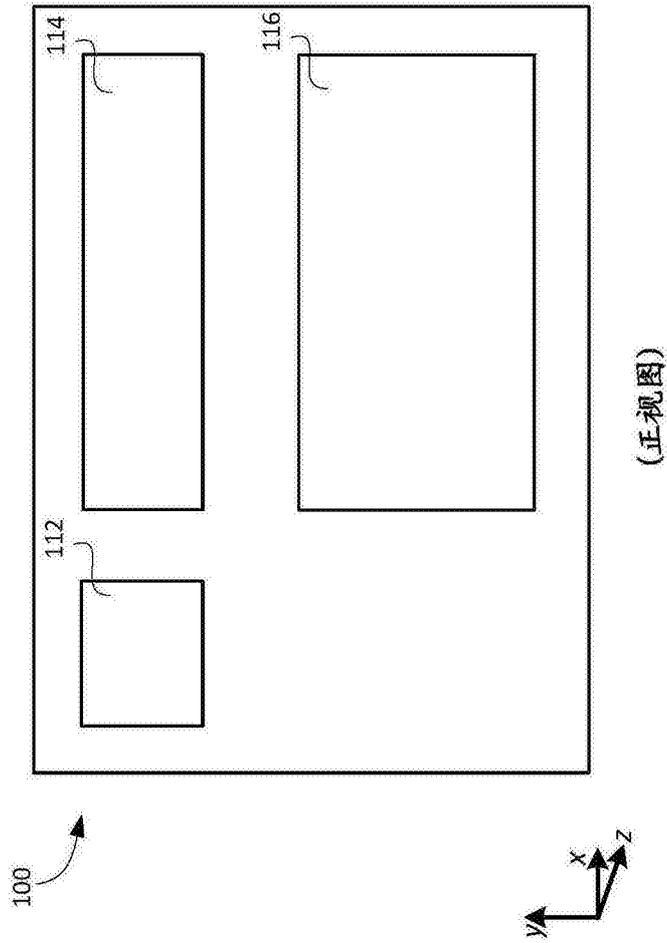
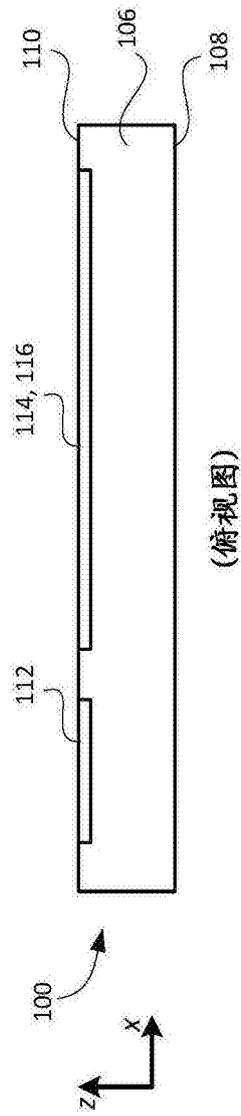
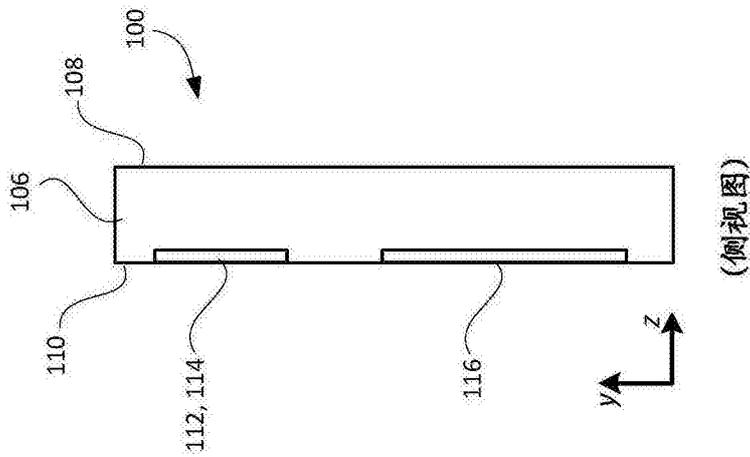


图1A



(俯视图)

图1B



(侧视图)

图1C

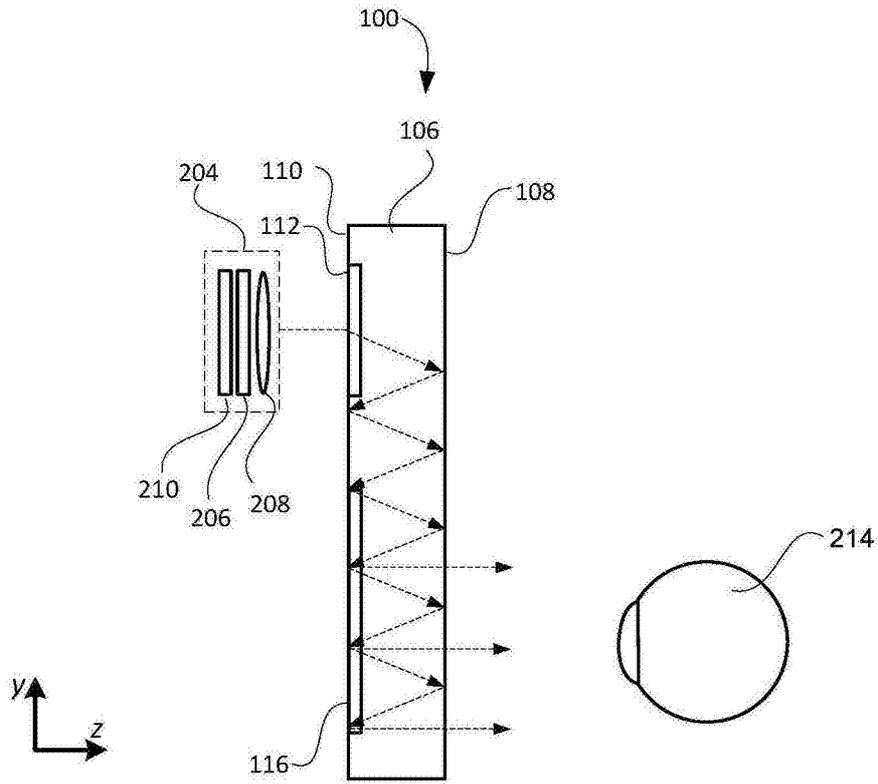


图2

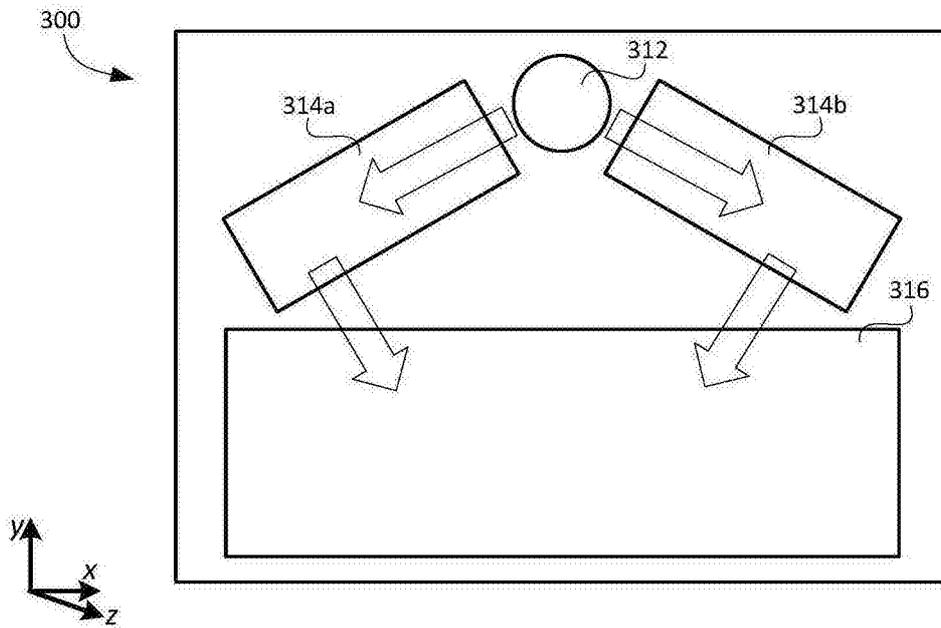


图3

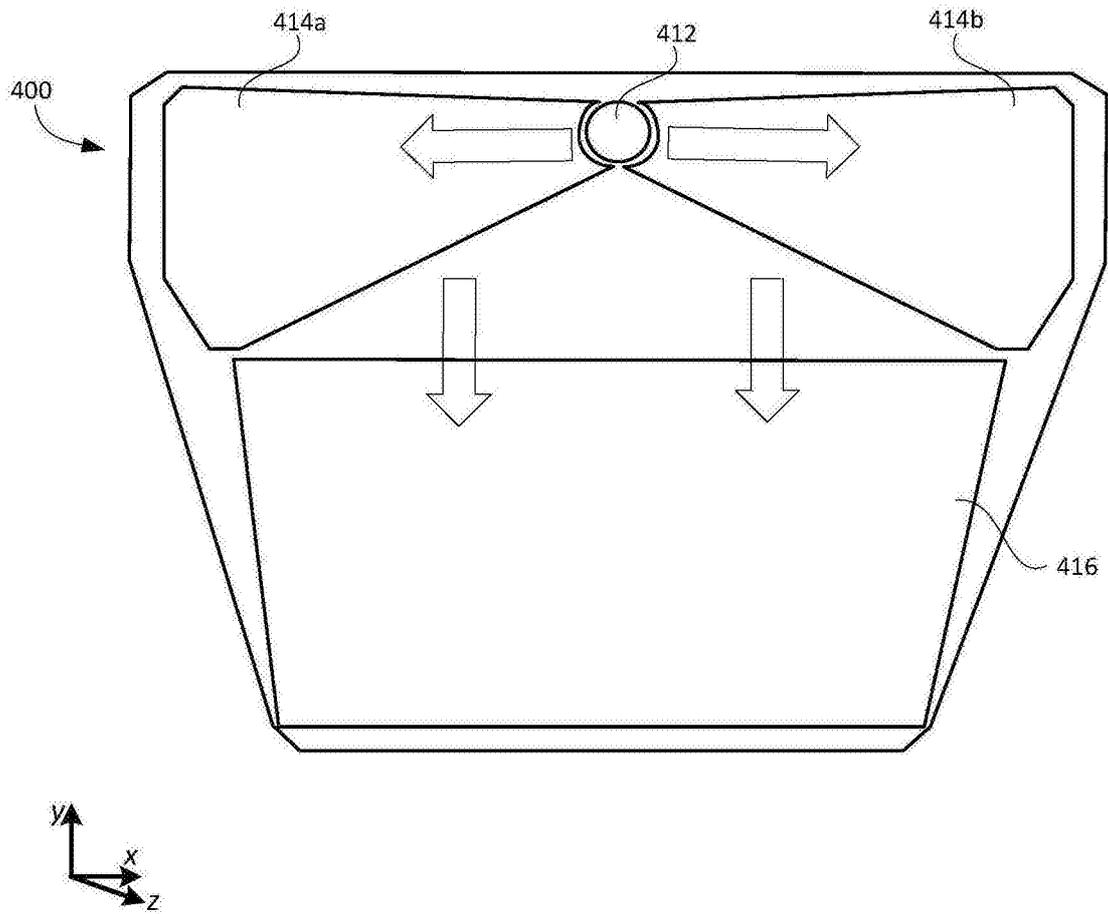


图4

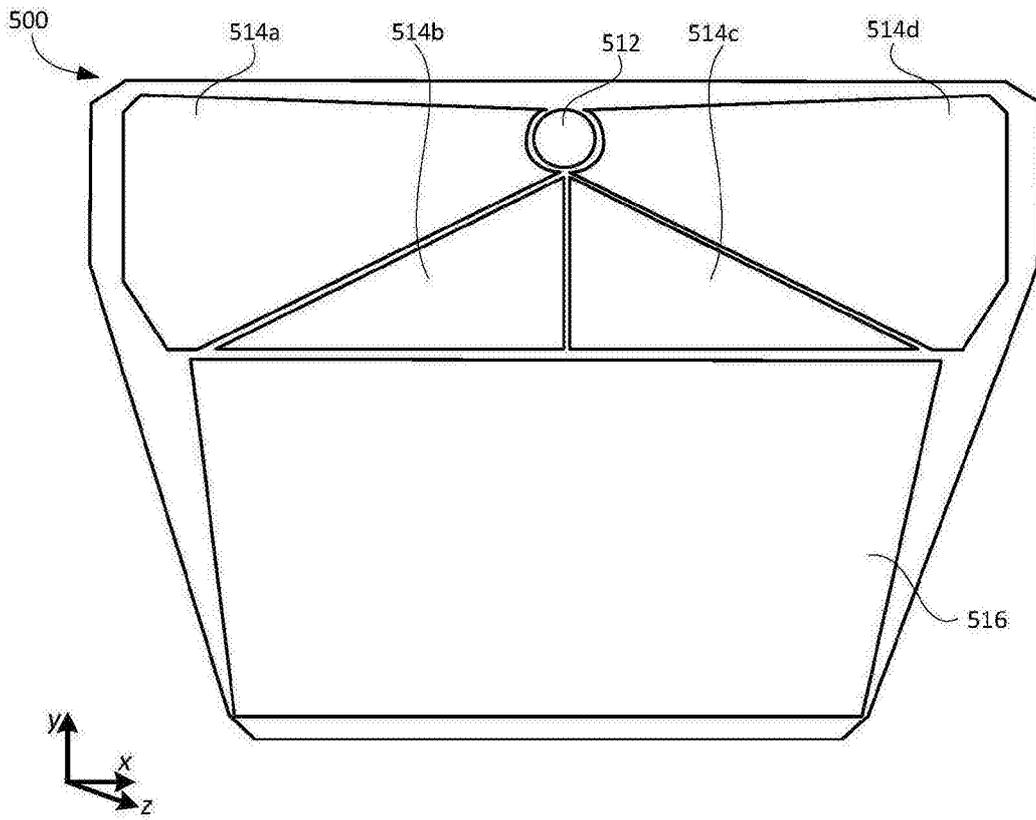


图5

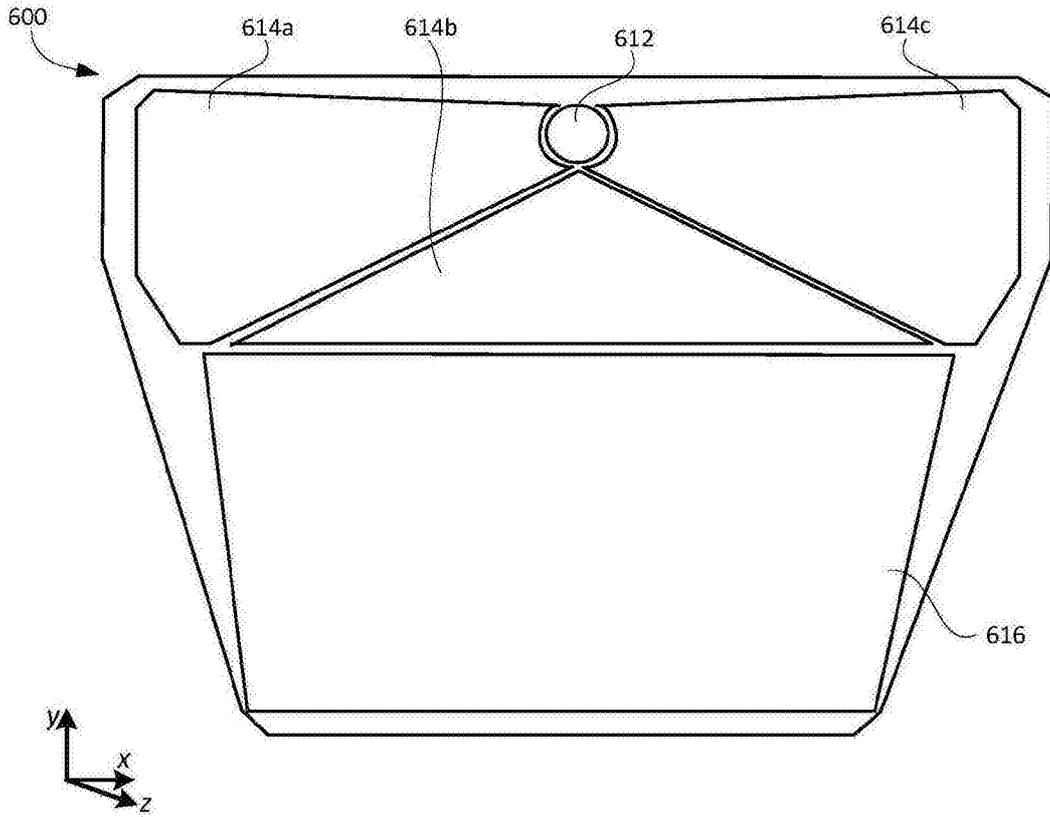


图6

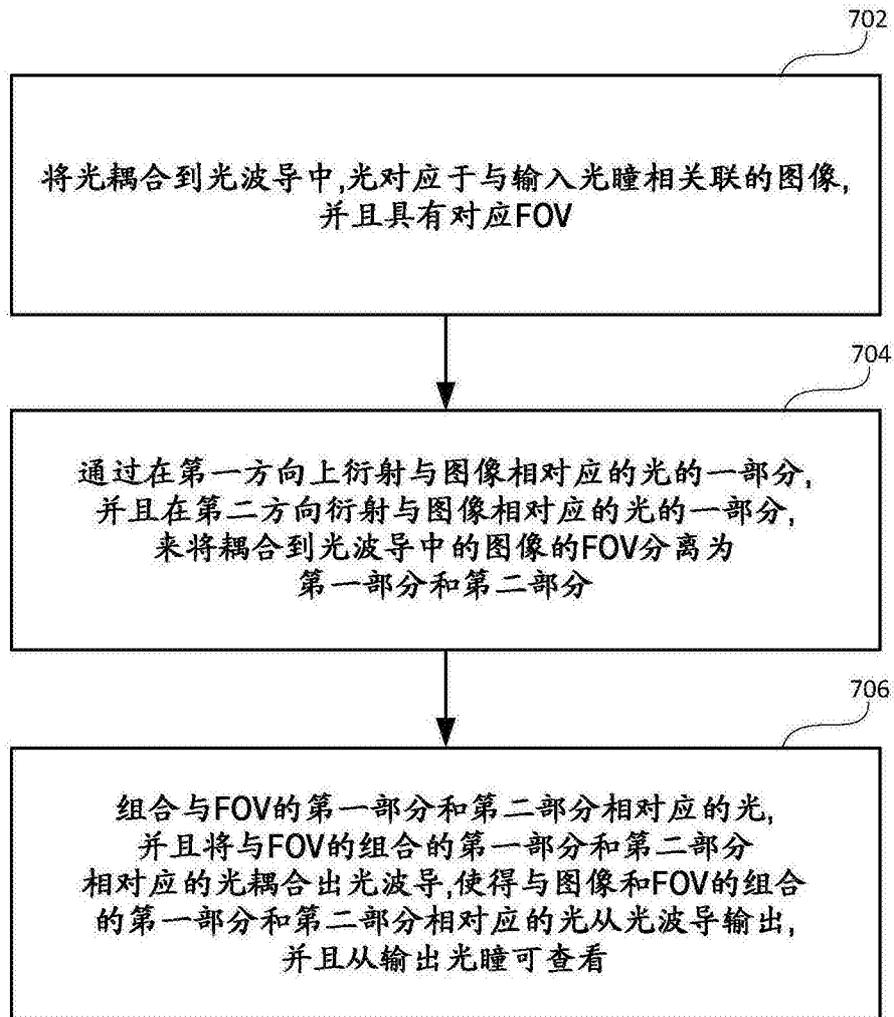


图7