



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109073884 B

(45) 授权公告日 2021.01.15

(21) 申请号 201780023878.9

(22) 申请日 2017.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109073884 A

(43) 申请公布日 2018.12.21

(30) 优先权数据  
15/097,929 2016.04.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.10.15

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/026254 2017.04.06

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/180404 EN 2017.10.19

(73) 专利权人 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 P·派蒂拉

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 王茂华

(51) Int.Cl.  
G02B 27/00 (2006.01)  
G02B 27/01 (2006.01)

审查员 张玥

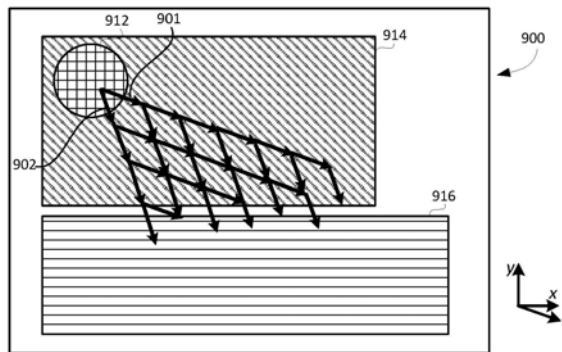
权利要求书4页 说明书18页 附图9页

(54) 发明名称

具有改进的强度分布的波导出射光瞳扩展器

(57) 摘要

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,其包括光波导,光波导包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器。输入耦合器将与图像相对应的光耦合到光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光,使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射。中间组件被配置为单独地或共同地对通过TIR从输入耦合器向一个或多个中间组件行进的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,并且朝向输出耦合器衍射与图像相对应的光。输出耦合器被配置为将与图像相对应的光耦合出光波导,使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。



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、一个或多个中间组件和输出耦合器;

所述输入耦合器被配置为将与和所述输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到所述光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光,使得与所述图像相对应的光朝向所述一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射;

所述一个或多个中间组件被配置为:

对通过全内反射在第一方向上从所述输入耦合器向所述一个中间组件行进的与所述图像相对应的所述光执行奇数阶光瞳扩展;

对通过全内反射在第二方向上从所述输入耦合器向所述一个中间组件行进的与所述图像相对应的所述光执行偶数阶光瞳扩展;以及

所述输出耦合器被配置为将已经通过全内反射从所述一个或多个中间组件向所述输出耦合器行进的与所述图像相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像相对应的所述光从所述输出光瞳可看到。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中:

所述光波导的所述一个或多个中间组件包括一个中间组件;

所述输入耦合器被配置为将与和所述输入光瞳相关联的所述图像相对应的光耦合到所述光波导中,并且在均朝向所述一个中间组件的第一方向和第二方向上衍射与所述图像相对应的所述光,其中所述第二方向与所述第一方向不同;

所述一个中间组件被配置为:

朝向所述输出耦合器衍射与所述图像相对应的所述光;以及

所述输出耦合器被配置为将已经通过全内反射从所述一个中间组件向所述输出耦合器行进的与所述图像相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像相对应的所述光从所述输出光瞳可看到。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中:

由所述输入耦合器在所述第一方向上被衍射的并且通过所述一个中间组件经历奇数阶光瞳扩展的所述光在入射在所述输出耦合器上之前改变传播方向奇数次;以及

由所述输入耦合器在所述第二方向上被衍射的并且通过所述一个中间组件经历偶数阶光瞳扩展的所述光在入射在所述输出耦合器上之前改变传播方向偶数次。

4. 根据权利要求1所述的装置,其中:

所述一个或多个中间组件包括在空间上彼此分开的至少两个中间组件。

5. 根据权利要求1所述的装置,其中与所述输入耦合器在朝向执行奇数阶光瞳扩展或偶数阶光瞳扩展中的仅一个光瞳扩展的仅一个中间组件的仅一个方向上衍射与所述图像相对应的所述光的情况相比,通过所述输入耦合器在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光,使得与所述图像相对应的光朝向所述一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射,并且通过所述一个或多个中间组件单独地或共同地执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,更均匀的强度分布被实现。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中由所述一个或多个中间组件执行的所述奇数阶光瞳扩展和所述偶数阶光瞳扩展两者实现了在相同方向上的光瞳扩展,并且其中所述输出耦合器被配置为在另一方向上执行光瞳扩展。

7. 根据权利要求1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

所述输入耦合器包括

第一光栅, 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, 并且被配置为在第一方向上朝向所述中间组件衍射与所述图像相对应的所述光, 并且

第二光栅, 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, 并且被配置为在第二方向上朝向所述中间组件衍射与所述图像相对应的所述光;

所述第一光栅包括第一组线性光栅线; 以及

所述第二光栅包括相对于所述第一光栅的第一组线性光栅线以一定角度旋转的第二组线性光栅线。

8. 根据权利要求7所述的装置, 其中所述角度是90度, 并且因此, 所述第二光栅的所述第二组线性光栅线与所述第一光栅的所述第一组线性光栅线正交。

9. 根据权利要求7所述的装置, 其中所述光波导的所述第一主表面和所述第二主表面之间的距离, 并且因此, 所述第一光栅和所述第二光栅之间的距离大于通过全内反射行进经过所述光波导的与所述图像相对应的所述光的相干长度。

10. 根据权利要求1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一个主表面中或上的光栅;

所述输入耦合器的所述光栅包括第一组线性光栅线和相对于所述第一组线性光栅线以一定角度旋转的第二组线性光栅线;

所述输入耦合器的所述光栅的所述第一组线性光栅线被配置为在第一方向上朝向所述中间组件衍射与所述图像相对应的所述光; 以及

所述输入耦合器的所述光栅的所述第二组线性光栅线被配置为在第二方向上朝向所述中间组件衍射与所述图像相对应的所述光。

11. 根据权利要求10所述的装置, 其中所述角度是90度, 并且因此, 所述第二组线性光栅线与所述第一组线性光栅线正交。

12. 根据权利要求1所述的装置, 其中所述输入耦合器包括交叉光栅。

13. 根据权利要求1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。

14. 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, 其中所述光波导包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器, 所述方法包括:

将与和所述输入光瞳相关联的所述图像相对应的光耦合到所述光波导中, 并且在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光;

对在被耦合到所述光波导中时通过全内反射在从所述输入耦合器向所述一个中间组件的所述至少两个不同方向中的第一方向上被衍射的与所述图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展;

对在被耦合到所述光波导中时通过全内反射在从所述输入耦合器向所述一个中间组件的所述至少两个不同方向中的第二方向上被指向的与所述图像相对应的光执行偶数阶

光瞳扩展,所述一个中间组件与被用于所述执行奇数阶光瞳扩展的所述中间组件相同或者不同;以及

在执行所述奇数阶光瞳扩展和所述偶数阶光瞳扩展之后,将与所述图像相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像相对应的所述光从所述输出光瞳可看到。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中:

将与和所述输入光瞳相关联的所述图像相对应的光耦合到所述光波导中并且在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光使用所述光波导的输入耦合器来执行;

所述光波导的所述中间组件还朝向所述光波导的输出耦合器衍射与所述图像相对应的光;以及

在所述中间组件执行所述奇数阶光瞳扩展和所述偶数阶光瞳扩展之后将与所述图像相对应的所述光耦合出所述光波导由所述光波导的所述输出耦合器来执行。

16. 根据权利要求14所述的方法,其中:

由所述中间组件执行的所述奇数阶光瞳扩展和所述偶数阶光瞳扩展实现了在相同方向上的光瞳扩展;以及

所述输出耦合器在另一方向上执行光瞳扩展。

17. 一种显示器系统,所述显示器系统为头戴式显示器HMD系统或平视显示器HUD系统,所述显示器系统包括:

显示引擎,被配置为产生图像;

光波导,包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器;

所述输入耦合器被配置为将与和输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到所述光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光,使得与所述图像相对应的光朝向所述一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射;

所述一个或多个中间组件被配置为:

对通过全内反射在第一方向上从所述输入耦合器向所述一个中间组件行进的与所述图像相对应的所述光执行奇数阶光瞳扩展;

对通过全内反射在第二方向上从所述输入耦合器向所述一个中间组件行进的与所述图像相对应的所述光执行偶数阶光瞳扩展,

所述输出耦合器被配置为将已经通过全内反射从所述一个或多个中间组件向所述输出耦合器行进的与所述图像相对应的所述光耦合出所述光波导,使得与所述图像相对应的所述光从输出光瞳可看到;

其中经历奇数阶光瞳扩展的所述光在朝向所述输出耦合器被入射之前将传播方向改变奇数次;并且

其中经历偶数阶光瞳扩展的所述光在朝向所述输出耦合器被入射之前将传播方向改变偶数次。

18. 根据权利要求17所述的显示器系统,其中所述一个或多个中间组件包括一个中间组件,所述中间组件被配置为:

将对应于所述图像的所述光衍射到所述输出耦合器。

19. 根据权利要求17所述的显示器系统,其中:

所述一个或多个中间组件包括在空间上彼此分离的至少两个中间组件。

20. 根据权利要求17所述的显示器系统,其中与所述输入耦合器在朝向执行奇数阶光瞳扩展或偶数阶光瞳扩展中的仅一个光瞳扩展的中间组件的仅一个方向上衍射与所述图像相对应的所述光的情况相比,通过所述输入耦合器在至少两个不同方向上衍射与所述图像相对应的所述光,使得与所述图像相对应的光朝向所述一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射,并且通过所述一个或多个中间组件单独地或共同地执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,更均匀的强度分布被实现。

## 具有改进的强度分布的波导出射光瞳扩展器

### 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。可以被称为透视、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查看周围环境,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表现是周围环境的一部分和/或覆盖在周围环境中。可以被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设备的用户可以将图像认为是增强现实环境中的虚拟图像的位置。由于这仍然是一种新兴技术,因此存在与利用波导向用户显示虚拟对象的图像的某些挑战。

### 发明内容

[0002] 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输出光瞳的装置,其包括光波导,光波导包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器。输入耦合器将与图像相对应并且与输入光瞳相关联的光耦合到光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光,使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射。中间组件被配置为单独地或共同地对通过TIR从输入耦合器向一个或多个中间组件行进的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,并且朝向输出耦合器衍射与图像相对应的光。输出耦合器被配置为将已经通过TIR从一个或多个中间组件向输出耦合器行进的与图像相对应的光耦合出光波导,使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。

[0003] 在某些实施例中,光波导仅包括一个中间组件。在其他实施例中,光波导包括至少两个中间组件。

[0004] 经历奇数阶光瞳扩展的光在在输出耦合器上入射之前改变传播方向奇数次。相比之下,经历偶数阶光瞳扩展的光在在输出耦合器上入射之前改变传播方向偶数次,并且因此,行进的路径长度与经历偶数阶光瞳扩展的光的行进路径长度不同。

[0005] 与输入耦合器在朝向执行奇数阶光瞳扩展或偶数阶光瞳扩展中的仅一个光瞳扩展的中间组件的仅一个方向上衍射与图像相对应的光的情况相比,通过输入耦合器在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射,并且通过一个或多个中间组件单独地或共同地执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,更均匀的强度分布被实现。

[0006] 本“发明内容”被提供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主体内容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主体内容的范围。

### 附图说明

[0007] 图1A、图1B和图1C分别是可以被用来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前视图、俯视图和侧视图。

[0008] 图2是参考图1A、图1B和图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被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。

[0009] 图3(其类似于图1A,因为它提供波导的前视图)被用来解释通过输入耦合器被耦合到波导中的光如何通过全内反射(TIR)从输入耦合器向中间组件行进并且通过TIR从中间组件向输出耦合器行进,光在输出耦合器处离开波导。

[0010] 图4在概念上示出了在先前的图中介绍的示例性波导的中间组件可以如何引起多环干涉。

[0011] 图5A被用来在概念上示出光瞳如何在波导内被复制。图5B示出了沿着图5A所示的线B-B的示例性光瞳分布。图5C示出了备选的光瞳分布,其对应于在波导内复制的光瞳之间没有光瞳交叠的情况。图5D示出了基本上均匀的光瞳分布。

[0012] 图6被用来说明在使用光波导进行成像、并且更具体地说是光瞳复制时可能发生的局部和全局强度的不均匀性。

[0013] 图7示出了包括输入耦合器、中间组件和输出耦合器的光波导的示例性布局,其中中间组件执行奇数阶水平光瞳扩展。

[0014] 图8示出了包括输入耦合器、中间组件和输出耦合器的光波导的示例性布局,其中中间组件执行偶数阶水平光瞳扩展。

[0015] 图9示出了根据本技术的实施例的光波导,其中光波导包括输入耦合器、中间组件和输出耦合器,其中中间组件执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者。

[0016] 图10是根据本技术的特定实施例的图9的光波导的俯视图,其中输入耦合器被实现为双面光栅。

[0017] 图11示出了根据本技术的实施例的光波导,其中光波导包括输入耦合器、四个中间组件和输出耦合器,其中两个中间组件执行奇数阶光瞳扩展,并且其他两个中间组件执行偶数阶光瞳扩展。

[0018] 图12示出了根据本技术的实施例的光波导,其中光波导包括输入耦合器、三个中间组件和输出耦合器,其中两个中间组件执行奇数阶光瞳扩展,并且另一中间组件执行偶数阶光瞳扩展。

[0019] 图13是被用来概述根据本技术的某些实施例的方法的高级流程图。

## 具体实施方式

[0020] 本技术的某些实施例涉及用于将与输入光瞳相关联的图像复制到输出光瞳的装置。这样的装置可以包括光波导,该光波导包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器。输入耦合器将与图像相对应并且与输入光瞳相关联的光耦合到光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光,使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射。中间组件被配置为单独地或共同地对通过TIR从输入耦合器向一个或多个中间组件行进的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,并且朝向输出耦合器衍射与图像相对应的光。输出耦合器被配置为将已经通过TIR从一个或多个中间组件向输出耦合器行进的与图像相对应的光耦合出光波导,使得与图像相

对应的光从输出光瞳可看到。

[0021] 在下面的描述中,相同的数字或附图标记始终将被用来指代相同的部分或元件。另外,三位数附图标记的第一数字或四位数附图标记的前两个数字标识附图标记首次出现的图。

[0022] 图1A、图1B和图1C分别是可以被用来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的前视图、俯视图和侧视图。本文中所使用的术语“输入光瞳”是指与图像相对应的光通过其被覆盖在波导的输入耦合器上的孔径。本文中所使用的术语“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被简称为波导100。如下面将参考图2进一步被详细讨论的,波导100正被用来复制并且可能还扩展的图像可以使用显示引擎来生成。

[0023] 参考图1A、图1B和图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被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到波导的块状基底106中。输出耦合器116被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合出波导100,使得光被输出并且从输出光瞳可看到,其中与与输入光瞳相关联的图像相对应的光在光波导100中从输入耦合器112向输出耦合器116行进。

[0024] 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可以备选地被称为前侧主表面108(或更简单地被称为前侧表面108),并且第二主平坦表面110可以备选地被称为后侧主表面110(或更简单地被称为后侧表面110)。如本文中所使用的术语“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)是基底被用作光传输介质的光的波长的至少十倍(即,10倍)。例如,在光(基底被用作光传输介质)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25 $\mu\text{m}$ 至1000 $\mu\text{m}$ 的范围内的厚度(在其主表面之间)。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的相对侧的对象而不是用户的眼睛。

[0025] 图1A、图1B和图1C中的光波导100还被示出为包括中间组件114,中间组件114可以备选地被称为中间区域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竖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竖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可以被配置为执行竖直光瞳扩展。备选地,如果中间组件114被重新定位,例如,在图1A所示的输入耦合器112下方和输出耦合器116左侧,则中间组件114可以被配置为执行竖直光瞳扩展,并且输出耦合器116可以被配置为执行水平光瞳扩展。

[0026] 输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116在本文中可以被统称为波导的光学组件112、114和116,或者更简洁地被称为组件112、114和116。

[0027] 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竖直光瞳扩展中的一种,这取决于实现。

[0028] 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周形状,但是可以具有备选的外周形状。例如,输入耦合器112可以备选地具有圆形外周形状,但不限于此。又例如,中间组件可以具有三角形或六边形外周形状,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的情况)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的一些示例性外周形状,其并非旨在全部包含。

[0029] 从图1B和图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都被示出为被设置在波导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可以备选地全部被设置在波导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)。

[0030] 备选地,输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116都可以被嵌入(也被称为浸入)在块状基底106中。例如,块状基底106可以被分成两个半部(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可以被设置在(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。备选地,块状基底106可以被分成两个半部(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可以被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中的其他实施方式也是可能的,并且在本文中所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中的一个也可以被设置在波导108的前侧表面108中或上,组件112、114和116中的另一个被设置在后侧表面110中或上,并且组件112、114和116中的最后一个被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中的任何一个可以被设置在块状基底106的主平坦表面108或110中的任一个中或上,或者被嵌入在其间。

[0031] 输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116每个可以被实现为衍射光栅,或者更一般地,被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。该分离(被称为光学阶数)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时,它被称为表面浮雕光栅(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。凹槽间隔区域可以被称为“线”、“光栅线”或“填充区域”。通过SRG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、凹槽深度、凹槽轮廓、凹槽填充率和凹槽倾斜角。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,光学组件然后可以被用作生产主体,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备选地是体光栅,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,使用铝沉积工艺,从而基本上掩埋SRG,使得包括SRG的主平面波导表面基本上是平滑的。这种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。根据本文中所描述的实施例,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取向,其中具有优先线性偏振取向的光的耦合效率将高于具有非优先线性偏振取向的光的耦合效率。

[0032] 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”。备选地,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。

[0033] 具体参考图1A,在示例性实施例中,输入耦合器112可以具有在竖直(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竖直方向延伸对角线(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。

[0034] 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,可以被设置在块状基底的主平坦表面中的任一个中或上,或者可以被嵌入在块状基底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。

[0035] 通常,经由输入耦合器112被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Snell定律给出,如本领域中已知的。更具体地,Snell定律指定使用以下等式指定临界角( $\theta_c$ ):

$$[0036] \quad \theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$$

[0037] 其中

[0038]  $\theta_c$ 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,

[0039]  $n_1$ 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

[0040]  $n_2$ 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)。

[0041] 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产生的图像作为虚像的人眼214的表示。

[0042] 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,并且背光用白光调制。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。备选地,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也可以被称为微显示器。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相关联的出射光瞳的大小大致相同,例如,在一些实施例中为5mm或更小,但不限于此。

[0043] 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。或者,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)的方式来实现。

[0044] 波导100可以被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。波导100和显示引擎204的单独实例可以为用户的左眼和右眼中的每个来提供。在某些实施例中,这种波导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所使用的标准透镜,并且可以被制成任何处方(包括没有处方)。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。备选地,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。在这些实例中,用户也可以被称为佩戴者。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被用来基于在用户的眼睛214上入射和从用户的眼睛214反射的红外光来执行眼睛跟踪。

[0045] 图3(其类似于图1A,因为它提供波导100的前视图)现在将被用来解释通过输入耦合器112耦合到波导100中的光如何通过TIR从输入耦合器112形中间组件114行进并且通过TIR从中间组件114向输出耦合器116行进,光在输出耦合器116处离开波导100。更具体地,如下面更详细地被解释的,波导100内的衍射光束分离和TIR的组合导致输入光束302(X)的多个版本在输出耦合器116的长度和宽度上从输出耦合器116向外衍射,作为与对应的输入光束302(X)的相应向内方向 $\hat{k}_{in}(X)$ 基本上匹配的相应向外方向上(即,远离波导100)的输出光束306(X)。

[0046] 在图3中,在波导100外部(例如,进入或离开波导100)的光束使用阴影来表示,并且在波导100内(即,波导100内部)的光束使用虚线来表示。透视被用来指示z方向上的传播

(即,朝向或远离用户的方式),其中图3中的光束的加宽表示在正 $z$ (即,+ $z$ )方向上(即,朝向用户)的传播。因此,发散的虚线表示波导内朝向波导100的前侧主表面108传播的光束,其中最宽部分(被示出为大的虚线圆圈)表示撞击波导100的前侧主表面108的那些光束,它们从前侧主表面108被全内反射回波导100的后侧主表面110,其由从最宽点到最窄点(被示出为小的虚线圆圈)会聚的虚线表示,它们在最窄点处在波导100的后侧主表面110上入射。

[0047] 光束在中间组件114上入射并且分成两个光束的示例性区域标记为S(用于分离),其中一个光束在水平方向上行进而另一光束在垂直方向上行进。光束在输出耦合器116上入射并且离开波导100的示例性区域被标记为E(用于出射)。

[0048] 如图所示,输入光束302(X)例如通过衍射通过输入耦合器112被耦合到波导100中,并且通过TIR在水平方向上传播。这导致光束302(X)最终在最左侧的分离区域(S)处撞击中间组件114。当光束302(X)在最左侧的分离区域(S)处入射时,该入射光束302(X)有效地被分成两部分,例如通过衍射。除了继续在水平(+ $x$ )方向上沿着中间组件114的宽度传播的零阶衍射模式光束(即,不受衍射分量的影响)之外,这种分离产生了朝向输出耦合器116指向通常向下垂直(- $y$ )方向的光束304(X)的新版本(特别是一阶衍射模式光束),正如光束在不存在中间组件114时那样(尽管强度降低)。因此,一部分光束有效地继续沿着中间组件114的基本上整个宽度传播,在各个分离区域(S)处撞击中间组件114,其中在每个分离区域(S)处被创建的另一新版本的光束(在相同的向下方向上)。如图3所示,这导致多个版本的光束指向输出耦合器116并且在输出耦合器116上入射,其中光束的多个版本被水平地分开,以便共同地跨越输出耦合器116的基本上整个宽度。

[0049] 还如图3所示,如在分离区域(S)处所产生的每个新版本的光束本身可以在其向下传播期间撞击中间组件114(例如,折叠光栅)。这可以导致新版本的光束的分离,例如通过衍射,以便除了继续在向下垂直(- $y$ )方向上传播的零阶衍射模式光束之外,还产生该光束的指向水平(+ $x$ )方向(其是一阶反射模式光束)的另一新版本。该现象可以在波导内重复多次,如从图3中可以理解的。图3未按比例绘制,因为与图3中所示相比,更多的光束反射和分离可能发生,例如,如从图4中可以更好地理解。

[0050] 在图3中,输出耦合器116被示出为位于中间组件114下方,并且因此,光束的向下传播版本最终将在输出耦合器116上入射,它们在输出耦合器116处被引导到与输出耦合器116相关联的各个出射区域(E)上。输出耦合器116被配置为使得当光束的一个版本撞击输出耦合器时,该光束被衍射以在与输入与图像点X相对应的原始光束302(X)的唯一向内方向基本上匹配的向外方向上产生从输出耦合器116向外指向的一阶衍射模式光束。因为存在跨越输出耦合器116的基本上整个宽度的向下传播的光束的多个版本,所以多个输出光束306(X)在输出耦合器116的宽度上被生成(如图3所示)以提供有效的水平光束扩展,其也可以被称为水平光瞳扩展。

[0051] 此外,输出耦合器116被配置为使得除了在入射光束的各个出射区域(E)处产生的向外衍射光束306(X)之外,零阶衍射模式光束在与入射光束相同的特定方向上继续向下传播。这又以图3所示的方式在输出耦合器116的下部撞击输出耦合器116,导致连续的零阶和向外的一阶光束两者。因此,多个输出光束306(X)还在输出耦合器116的基本上整个高度上被生成,以提供有效的垂直光束扩展,其也可以被称为垂直光瞳扩展。

[0052] 输出光束306(X)在与输入原始光束302(X)的唯一输入方向基本上匹配的向外方

向上向外指向。在这种情况下,基本上匹配表示向外方向以如下方式与输入方向相关:该方式使得用户的眼睛能够将输出光束306 (X) 的任何组合聚焦到视网膜上的单个点,从而重建原始光束302 (x) 从其传播或以其他方式发射的图像点X。

[0053] 对于平面波导(即,其前侧和后侧主表面基本上整体平行于xy平面的波导),输出光束306 (S) 基本上彼此平行并且在平行于相应的输入光束302 (X) 被引导到输入耦合器112的唯一的向内方向  $\hat{k}_{in}(X)$  的输出传播方向  $\hat{k}_{out}(X)$  上向外传播。即,由于波导100的配置,在向内方向  $\hat{k}_{in}(X)$  上向输入耦合器112引导对应于图像点X的光束302 (X) 引起对应的输出光束306 (X) 每个在向外传播方向  $\hat{k}_{out}(X) = \hat{k}_{in}(X)$  上从输出耦合器116向外和平行地被引导(例如,衍射)。

[0054] 在上述示例性实现中,中间组件114(例如,折叠光栅)被配置为提供水平光瞳扩展,也被称为有效水平光束扩展;并且输出耦合器116被配置为提供垂直光瞳扩展,也被称为有效垂直光束扩展。备选地,中间组件114可以被重新定位,例如,在输入耦合器112下方和输出耦合器116的侧面,并且组件112、114和116可以被重新配置为使得中间组件114被配置为提供垂直光瞳扩展并且输出耦合器116被配置为提供水平光瞳扩展,如上所述。虽然使用中间组件114进行水平(或垂直)光瞳扩展具有显著的益处,但是由中间组件114引起的各种零阶和一阶衍射模式导致多环干涉,这在下面参考图4来解释。

[0055] 图4示出了波导100的中间组件114,但没有示出波导的其他组件,诸如输入耦合器112和输出耦合器116。参考图4,其中示出的暗线环(其被标记为IL)说明了在中间组件114内发生的多个干涉环,该多个干涉环可以被统称为多环干涉。多个干涉环中的每个类似于使用Mach-Zehnder干涉仪发生的干涉类型。在每个干涉回路IL中,两个箭头相交的位置说明了输入光束(例如,输入光束302 (X)) 的零阶和一阶反射同时在中间组件114的相同位置上入射的位置。这种带箭头的暗线表示在波导100的中间组件114内行进的光的路径。如果每个路径的光学长度(也被称为光路长度)相同,则当到经由不同路径向相同点行进的光束被重新组合时,它们将以导致相长干涉的方式添加。更具体地,当来自不同路径的光束具有相同的光程长度和相同的偏振取向并且被成像到人眼的视网膜的相同部分上时,光相长地干涉并且强度等于光束的标量和。

[0056] 由于各种原因,遵循从输入耦合器112到中间组件114上的相同位置的不同路径的光的路径长度实际上将是不同的,这可能导致(全部或部分)相消干涉,这导致光线强度在通过用户的眼睛成像时会减弱。例如,这可以发生,因为可以有目的地调制中间组件114的光栅特性(例如,光栅深度)以便在整个中间组件114上在水平方向上衍射基本上相同量的光。在最靠近输入耦合器的中间组件的区域中,相对少量的光优选地朝向输出耦合器116向下被衍射。在中间组件114内,随着距输入耦合器112的距离增加,从中间组件114朝向输出耦合器116向下衍射的光量应当逐渐增加(例如,通过提高中间组件114的效率),因为仍然从输入耦合器112侧向传播的光量随着距输入耦合器112的距离的增加而逐渐减小。中间组件114的光栅的物理性质的这种逐渐变化在行进不同路径的光在此进行组合的中间组件114的位置处引起不同的相移。此外,由于不同路径之间的机械公差,遵循到相同位置(在中间组件114上)的不同路径的光的路径长度可以是不同的,如上所述,这可以导致(全部或部分)相消干涉。当来自不同路径的光束具有不同的光路长度并且被成像到人眼视网膜的相

同部分上时,光相消地干涉并且强度小于光束的标量和。这种相消干涉可以导致暗条纹,并且更一般地可以导致最终到达输出耦合器116并且离开波导100的光中的不均匀强度分布。更一般地,如果不补偿,多环干涉可能引起正在观察使用波导被复制的图像的人眼可察觉的强度变化,这是不希望的。

[0057] 取决于波导的各种组件112、114和116的取向,这些组件可以以不同的强度衍射入射偏振的光。例如,在正交水平和竖直衍射效率之间可以存在大约五比一(即,~5:1)的差异。如果入射偏振未针对特定角度的各种组件112、114和116的特定光栅线取向进行优化,则衍射效率会受到影响,这可能导致在使用波导复制并且被人眼观察到的图像中出现暗区域,这是不希望的。

[0058] 光的偏振指定了光波的电场振荡的平面的取向。另一方面,光的偏振是其电场矢量(e矢量)取向的状态。例如,光可以是非偏振的(e矢量的完全无序的混沌取向)、线性偏振(e矢量在恒定的平面中振荡)、圆偏振或椭圆偏振。例如,线性偏振光可以是水平偏振光或竖直偏振光,但不限于此。在成像系统中理想的偏振类型取决于很多因素,包括例如组件112、114和116的类型和取向。对于特定示例,简要地参考图1A,假定组件112、114和116中的每个是包括光栅线的SRG型DOE。此外,假定输入耦合器112包括竖直光栅线,并且中间组件114包括45度(对角)光栅线,并且输出耦合器包括水平光栅线。在这样的成像系统中,在输入耦合器112上入射的光理想地被竖直偏振;中间组件114理想地将光的偏振精确地旋转90度(使其变为水平偏振);并且光当在输出耦合器116上入射时(它在此从波导100耦合出)理想地被水平偏振。然而,这不是通常会发生的情况。中间组件114(例如,其光栅)将引起大部分偏振旋转,但是TIR也引起角度依赖的偏振旋转。此外,输入耦合器112和输出耦合器116还可以引起一些不希望的偏振旋转。换言之,在这样的实现中,中间组件114不是简单地将其衍射的所有光的偏振精确地旋转90度,并且因此,这导致输出耦合器116上的偏振不均匀。

[0059] 参考图1-4所示出和描述的示例性波导100用于依赖于光瞳复制的成像系统。在这种系统、即依赖于光瞳复制的系统中,输出光瞳优选地对于所有角度均匀交叠。当情况不是这样时,例如,因为光瞳彼此间隔太远,强度方面的角度依赖的空间非均匀性会出现,其本身表现为明暗图像伪像,这是不希望的。

[0060] 图5A被用来在概念上示出如何复制由实线圆502表示的光瞳,如通过TIR从输入耦合器112向中间组件114行进的光以及通过TIR从中间组件114向输出耦合器116行进的光,光在输出耦合器116处离开波导100。在图5A中,每个虚线圆圈表示光瞳502的复制,其也可以被简称为光瞳。虽然在图5A中用圆圈表示,但是每个光瞳实际上是角度的集合。当光离开波导100时,靠近输出耦合器116,其中具有透镜的人眼接收与光瞳相关联的角度集合并且将其转换回图像,例如由图2中的显示引擎204产生的图像。在波导100并且更具体地是其组件114和/或116被配置为执行光瞳扩展的情况下,当扩展的光瞳被转换为图像(通过人眼的透镜)时,所得到的图像相对于原始图像(例如,由图2中的显示引擎204产生)被扩展。

[0061] 图5B在概念上示出了沿着图5A所示的虚线B-B的示例性光瞳分布,由于每个光瞳具有高斯强度分布并且相邻光瞳仅彼此略微交叠,所以该光瞳分布被示出为具有大致正弦函数分布。如果光瞳如此分开以至于它们根本不交叠,并且每个光瞳具有顶帽强度分布,则光瞳分布可以潜在地具有方波函数,例如,如图5C所示,尽管正弦函数(其示例在图5B中被

示出)是更可能的。具有正弦波或方波函数的光瞳分布本身将表现为亮暗图像伪像,这是不希望的。最佳地,光瞳将彼此交叠以实现均匀的光瞳分布,这提供了均匀的强度分布函数,如图5D所示,例如,这在光瞳之间存在50%的交叠的情况下可以实现。更一般地,期望使光瞳交叠均匀化以在在输出耦合器116上入射的波导内行进的光中提供基本上均匀的光瞳分布。

[0062] 图6被用来说明在使用光波导执行成像时可能发生的局部和全局强度的不均匀性,其中由于多环干涉、非最佳偏振和/或不均匀光瞳分布而可能发生不均匀性。更具体地,暗和浅的通常对角的条纹说明了由于光瞳分布不均匀而发生的局部强度的不均匀性,并且暗斑点(主要在右侧示出)说明了由于多环干涉而发生的局部强度的不均匀性。

[0063] 以下所描述的本技术的实施例可以被用来补偿多环干涉,提供更优化的偏振和/或提供更均匀的光瞳分布。更一般地,下面所描述的本技术的实施例被利用以使得由输出耦合器(例如,116)从波导(例如,100)输出的光具有更均匀的强度分布,使得能够使用波导观察图像的人眼察觉不到强度的任何不均匀性。

[0064] 更一般地,本文中所描述的本技术的实施例被用来在经由输出耦合器(例如,116)离开波导(例如,100)的光中实现基本上均匀的强度分布。取决于实现,基本上均匀的强度分布可以是基本上均匀的角度强度分布或基本上均匀的空间强度分布。可能的是,基本上均匀的强度分布也可以是基本上均匀的角度强度分布和基本上均匀的空间强度分布两者。基本上均匀的角度强度分布在用户眼睛的位置相对于波导(例如,头戴式显示器(HMD)或其他近眼显示(NED)应用)固定的应用中特别有益。基本上均匀的空间强度分布在用户眼睛的位置相对于波导不固定的应用中特别有益,例如在平视显示器(HUD)应用中。使由波导输出的光具有基本上均匀的强度分布的总体目标是使得使用波导观察图像的人眼察觉不到强度的任何不均匀性。

[0065] 在不使用本技术的实施例或用于补偿非均匀强度分布的备选技术的情况下,由输出耦合器从波导输出的光将具有非均匀的强度分布,其对于人眼观察使用波导再现的图像将非常明显。更具体地,图像的某些部分看起来将比其他部分明显更亮,并且图像的某些部分看起来将比其他部分明显更暗。从图6中可以看出这种情况的示例,如上所述。

[0066] 在中间组件(例如,114)内发生并且已经在上面参考图4被描述的干涉环引起强烈干涉并且对制造变化敏感。在中间组件(例如,114)上的光栅周期是恒定的情况下(通常是这种情况),每个干涉环的不同部分之间的光程差是纳米级。这在任何潜在LED光源的相干长度内,并且因此,干涉不能通过减小光的相干长度来减小,其中照明器210包括一个或多个LED光源。此外,光路不能被改变以超出相干长度。尽管如此,即使相干性在中间组件中不能被减少,相干性也可以通过输入耦合器来减少。根据本技术的某些实施例,通过在光波导的两个主表面中或上包括内耦合元件并且在相同方向(或在多个不同方向上)耦合光,如果波导的厚度大于光的相干长度,则相干性可以被减小。由光波导的相对主表面中或上的内耦合元件耦合的光束是不相关的,并且不能相互干涉。这可以通过输入耦合器在几个不同方向上耦合光来延伸,并且然后将光与不同的中间组件一起带回。例如,如果光被输入耦合器的双侧衍射光栅的每个衍射光栅在三个不同方向上衍射,则六个不同的不相关光束被引入并且大大减少了干涉。然而,应当注意,在照明器210包括激光光源而不是LED的情况下,波导的厚度可能将远小于光的相干长度。



[0067] 上面参考图1A-1C和其他图描述的示例性光波导100被描述为包括输入耦合器112、中间组件114和输出耦合器116。输入耦合器112被描述为被配置为将在输入耦合器上入射的与图像相对应的光耦合到块状基底中并且朝向中间组件114衍射光。中间组件被描述为被配置为执行水平光瞳扩展并且朝向输出耦合器116引导与图像相对应的光。输出耦合器116是被描述为被配置为执行垂直光瞳扩展并且将与图像相对应的光耦合出波导,使得图像从输出光瞳可看到。上面还注意到,光波导的布局可以被修改,使得中间组件执行垂直光瞳扩展,并且输出耦合器执行水平光瞳扩展。

[0068] 当执行光瞳扩展(例如,水平或垂直,但不限于此)时,中间组件可以利用所谓的“奇数阶”光瞳扩展或“偶数阶”光瞳扩展。对于奇数阶扩展,如本文中所使用的术语,与中间组件交互的光在零阶衍射模式与一阶衍射模式之间转变一次或多次,使得当光在输出耦合器上入射的时候,光将其传播方向改变奇数次(例如,1、3、5等)。对于偶数阶扩展,如本文中使用的术语,与中间组件交互的光在零阶衍射模式与一阶衍射模式之间转变零次或多次,使得当光在输出耦合器上入射的时候,光将其传播方向改变偶数次(例如,0、2、4等)。换言之,在奇数阶光瞳扩展的情况下,在光在输出耦合器上入射之前,中间组件使光在零阶反射与一阶反射之间变化奇数次;并且在偶数阶光瞳扩展的情况下,在光在输出耦合器上入射之前,中间组件使光在零阶反射与一阶反射之间变化偶数次。

[0069] 图7示出了包括输入耦合器712、中间组件714和输出耦合器716的光波导700的示例性布局,其中中间组件执行714奇数阶水平光瞳扩展。图8示出了包括输入耦合器812、中间组件814和输出耦合器816的光波导800的示例性布局,其中中间组件714执行偶数阶水平光瞳扩展。在图7的布局中,为了引起中间组件714提供奇数阶扩展,中间组件714位于输入耦合器712的一侧(在这个示例中为右侧,相对于波导700的前视图),并且输入耦合器712被配置为在主要向下传播(虽然以一定角度)之前使光首先主要侧向传播(虽然以一定角度)。在图7的实施例中,输入耦合器712可以是具有垂直布置的光栅线(也称为凹槽)的衍射光栅,但不限于此。在图8的布局中,为了引起中间组件814提供偶数阶扩展,中间组件814位于输入耦合器812下方(相对于波导800的前视图),并且输入耦合器812被配置为在主要侧向传播(尽管以一定角度)之前使光首先主要向下传播(虽然以一定角度)。在图8的实施例中,输入耦合器812可以是具有水平布置的光栅线(也被称为凹槽)的衍射光栅,但不限于此。

[0070] 提供奇数阶水平光瞳扩展的中间组件存在某些优点,并且提供偶数阶光瞳扩展的中间组件存在某些优点。例如,偶数阶水平光瞳扩展通常比奇数阶水平光瞳扩展更稳健,因为从中间组件(例如,814)衍射到输出耦合器(例如,816)的光的传播角度与从输入耦合器(例如,812)衍射到中间组件(例如,814)的光的原始传播角度相同,如从图8中可以理解的。与提供奇数阶光瞳扩展的中间组件相比,这使得对于提供偶数阶光瞳扩展的中间组件,光栅周期容差显著更大(例如,约1000倍)。另一方面,提供偶数阶光瞳扩展的中间组件可以更适用于波导的总体尺寸有限的特定布局。例如,从图7和8的比较可以理解,与图8中的波导800相比,图7中的波导700的总面积的更大部分被光学组件(即,712、714和716)占据。

[0071] 根据本技术的某些实施例,光波导的输入耦合器和中间组件各自被单独地适当地配置,并且相对于彼此定位,使得中间组件在相同方向(例如,水平方向)上执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者。这样的实施例的示例在图9中被示出。参考图9,其中示出了包括输入耦合器912、中间组件914和输出耦合器916的光波导900,其中中间组件在相同方向



(例如,水平方向)上执行914奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者,并且输出耦合器在另一方向(例如,垂直方向)上执行光瞳扩展。为了实现这一点,输入耦合器912被配置为在由箭头线901表示的第一方向上衍射在输入耦合器912上入射的光的第一部分(与图像相对应),并且在由箭头线902表示的第二方向上衍射在输入耦合器912上入射的光的第二部分(与图像相对应)。在图9中,第一方向主要是侧向的(虽然以一定角度),并且第二方向主要是向下的(虽然以一定角度)。通过输入耦合器(例如,912)耦合到波导(例如,900)中的光也可以被称为输入光束,由输入耦合器在第一和第二方向上衍射的光也可以被称为第一和第二子光束,并且通过输出耦合器(例如,916)耦合出波导的光也可以被称为输出光束。

[0072] 仍然参考图9,最初在由箭头线901表示的第一方向上衍射的光将经历由中间组件914进行的奇数阶水平光瞳扩展。最初在由箭头线902表示的第二方向上衍射的光将经历由中间组件914进行的偶数阶水平光瞳扩展。换言之,中间组件914对从输入耦合器912接收的光的第一部分执行奇数阶光瞳扩展,并且对从输入耦合器912接收的光的第二部分执行偶数阶光瞳扩展。中间组件914朝向输出耦合器916衍射光的第一部分和光的第二部分。输出耦合器916执行光瞳扩展并且将在其上入射的光外耦合(例如,衍射)出输出耦合器916,使得光(与图像相对应,最初由输入耦合器912内耦合)从输出光瞳可看到,其中输出光瞳相对于输入光瞳被扩展。由输出耦合器916执行的光瞳扩展可以与由中间组件914执行的光瞳扩展正交,但是并非在所有实现中都是这种情况。

[0073] 在参考图9所描述的实施例中,通过经历由中间组件914进行的奇数阶光瞳扩展的光将行进不同的路径长度和/或具有与经历由中间组件914进行的偶数阶光瞳扩展的光不同的偏振旋转。这将具有以下效果:提供波前相位和/或极性差异,其可以在光在输出耦合器916上入射时提供均匀的波前相位和/或光的极性分布。存在各种不同的方式来配置输入耦合器912以在两个不同方向上衍射光,使得一些光经历由中间组件914进行的奇数阶光瞳扩展,并且其他光经历由中间组件914进行的偶数阶光瞳扩展,如以下将被描述的讨论。

[0074] 根据参考图10所描述的某些实施例,输入耦合器912被实现为双面衍射光栅,其中图10是根据实施例的图9中介绍的光波导900的示例性俯视图。参考图10,光波导900被示出为包括块状基底,该块状基底具有第一主表面908和与第一主表面908相对并且平行的第二主表面910。如图10所示,输入耦合器912包括在光波导900的块状基底906的第一主表面908中或上的第一衍射光栅912a以及在光波导900的块状基底906的第二主表面910中或上的第二衍射光栅912b。

[0075] 根据实施例,第一衍射光栅912a在第一主表面908中或上被实现,并且第二衍射光栅912b在第二主表面910中或上被实现。根据实施例,输入耦合器912的第一衍射光栅912a包括第一组光栅线(也被称为凹槽),并且输入耦合器的第二衍射光栅912b包括第二组光栅线,其中第一衍射光栅912a的光栅线的取向与第二衍射光栅912b的光栅线的取向不同。例如,第二衍射光栅912b的线性光栅线可以与第一衍射光栅912a的线性光栅线正交(即,相对于其旋转90度)。对于更具体的示例,当从图10所示的前视图观察光波导时,第一衍射光栅912a的线性光栅线可以竖直取向(类似于图7所示的输入耦合器712的光栅线),并且第二衍射光栅912b的线性光栅线可以水平取向(类似于图8所示的输入耦合器812的光栅线)。第二衍射光栅912b的线性光栅线也可以相对于第一衍射光栅912a的线性光栅线以除了90度之外的某个其他角度来旋转。还应当注意,光栅线中没有一个是需要水平或竖直取向,而是可以

处于其他角度。这些只是几个示例,其并非旨在涵盖所有可能性。

[0076] 不是将输入耦合器912实现为双面衍射光栅,而在块状基底的不同主侧上的衍射光栅的线性光栅线相对于彼此旋转,输入耦合器912可以被实现作为具有相对于第二组线性光栅线旋转的第一组线性光栅线的单侧衍射光栅。例如,输入耦合器912的第二组线性光栅线可以与输入耦合器912的第一组线性光栅线正交(即,相对于其旋转90度),使得输入耦合器912的第一组和第二组光栅线将具有华夫饼图案或十字形图案。更具体地,当从图9所示的前视图观察光波导时,输入耦合器912的第一组线性光栅线可以竖直取向(类似于图7所示的输入耦合器712的光栅线),并且第二衍射光栅912b的线性光栅线可以水平取向(类似于图8所示的输入耦合器812的光栅线)。单侧输入耦合器912的第一和第二组线性光栅线也可以相对于彼此以除了90度之外的某个其他角度来旋转。这种输入耦合器912可以被实现为SRG,但不限于此。

[0077] 在某些实施例中,输入耦合器912(而不是具有凹槽型光栅)可以具有柱状光栅的周期性阵列或图案,这些柱状光栅被配置为在第一方向(例如,由图9中的箭头线901表示)上衍射在输入耦合器912上入射的光的第一部分并且在第二方向(例如,由图9中的箭头线902表示)上衍射在输入耦合器912上入射的光的第二部分,使得中间组件914对从输入耦合器912接收的光的第一部分执行奇数阶水平光瞳扩展并且对其从输入耦合器912接收的光的第二部分执行偶数阶水平光瞳扩展。在其他实施例中,输入耦合器912可以包括点或孔的周期性阵列或图案,而不是上述柱状光栅或上述凹槽型光栅的周期性阵列或图案。还可能的是,输入耦合器912可以包括两种或更多种上述类型的光栅的组合(例如,凹槽型光栅、柱状光栅和/或点或孔型光栅的组合)。其他变化是可能的并且在本文所描述的实施例的范围内。

[0078] 根据特定实施例,输入耦合器912可以是交叉光栅,其是在平行于波导的主表面的两个正交或非正交方向上周期性的光栅。这两个方向上的周期可以相同或不同。上面提到的柱状和孔型光栅是交叉光栅的特殊情况。交叉光栅类型的输入耦合器912可以备选地是折射率调制的交叉光栅,或者可以具有在两个方向上周期性调制的介电常数张量(例如,偏振光栅),或者可以具有二维光子晶体,但是不限于此。

[0079] 在上述实施例中,每个中间组件被描述为执行水平光瞳扩展,并且每个输出耦合器被描述为执行竖直光瞳扩展。将各种光学组件相对于彼此重新定位并且配置光学组件使得中间组件执行竖直光瞳扩展并且输出耦合器执行水平光瞳扩展也在本技术的实施例的范围内。更一般地,光波导的中间组件可以被配置为执行水平或竖直光瞳扩展中的一个,并且光波导的输出耦合器可以被配置为执行水平或竖直光瞳扩展中的另一个。更一般地,光波导的中间组件可以被配置为在一个方向上执行光瞳扩展,并且光波导的输出耦合器可以被配置为在另一方向上执行光瞳扩展,该另一方向可以(或可以不)与由中间组件执行光瞳扩展的方向正交。

[0080] 在上述附图和实施例中,每个光波导被示出和描述为包括单个中间组件。在参考图9和图10所描述的实施例中,相同的中间组件914被描述为执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者。在备选实施例中,光波导可以包括两个或更多个中间组件,其中至少一个中间组件被定位和配置为执行奇数阶光瞳扩展,并且至少一个其他中间组件被定位和配置为执行偶数阶光瞳扩展。这种备选实施例的示例现在将参考图11和图12来描述。

[0081] 参考图11,光波导1100被示出为包括输入耦合器1112、四个中间组件1114a、1114b、1114c和1114d、以及输出耦合器1116。输入耦合器1112包括一个或多个衍射光栅并且被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应并且具有相应视场(FOV)的光耦合到光波导1100中。输入耦合器1114a还被配置为在第一方向上朝向中间组件1114a衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器1112通过光波导1100向中间组件1114a行进,在第二方向上朝向中间组件1114b衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器1112通过光波导1100向中间组件1114b行进,在第三方向上朝向中间组件1114c衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第三部分从输入耦合器1112通过光波导1100向中间组件1114c行进,并且在第四方向上朝向第四中间组件1114d衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第四部分从输入耦合器1112通过光波导1100向中间组件1114d行进。

[0082] 在图11的实施例中,提供给中间组件1114a的FOV的一部分不同于提供给中间组件1114d的FOV的一部分,并且提供给中间组件1114b的FOV的一部分不同于提供给中间组件1114c的FOV的一部分。取决于实现,提供给中间组件1114b的FOV的一部分可以与提供给中间组件1114a的FOV的一部分相同或不同;并且提供给中间组件1114c的FOV的一部分可以与提供给中间组件1114d的FOV的一部分相同或不同。根据实施例,输入耦合器1112的光栅周期被调整,使得没有被引导到中间组件1114a和1114d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。

[0083] 在图11的实施例中,中间组件1114a和1114d中的每个被配置为执行奇数阶水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器1116衍射具有原始FOV的相应部分的光,并且中间组件1114b和1114c被配置为执行偶数阶水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器1116衍射具有原始FOV的相应部分的光。输出耦合器1116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1100,使得与图像相对应的光和与组合FOV相对应的光从光波导1100输出并且从输出光瞳可看到。

[0084] 根据某些实施例,输入耦合器1112被实现为在波导1100的仅一个主表面中或上的衍射光栅。这种衍射光栅可以包括第一组线性光栅线和相对于第一组线性光栅线以一定角度旋转的第二组线性光栅线。例如,角度可以是90度,在这种情况下,输入耦合器的衍射光栅的第二组线性光栅线将与输入耦合器的衍射光栅的第一组线性光栅线正交。在实施例中,第一组线性光栅线的线间距是恒定的,但是第一组线性光栅线的前半部分的倾斜角被优化以在中间组件1114a的方向上引导在输入耦合器1112上入射的光的一部分,并且光栅的后半部分的倾斜角被优化以在中间组件1114b的方向上引导在输入耦合器1112上入射的光的一部分。第二组线性光栅线可以类似地被优化以在中间组件1114b的方向上引导在输入耦合器1112上入射的光的一部分,并且在中间组件1114c的方向上引导在输入耦合器1112上入射的光的一部分。

[0085] 根据其他实施例,输入耦合器1112被实现为波导1100的两个主表面中或上的衍射光栅。在一个这样的实施例中,第一衍射光栅位于光波导1100的一个主表面中或上,并且被配置为朝向中间组件1114a衍射光并且朝向中间组件1114b衍射光;并且第二衍射光栅位于光波导1100的另一主表面中或上,并且被配置为朝向中间组件1114d衍射光并且朝向中间组件1114c衍射光。阅读本文中的描述的本领域普通技术人员将理解,其他变型是可能的,

并且在本文中所描述的实施例的范围内。

[0086] 参考图12,光波导1200被示出为包括输入耦合器1212、三个中间组件1214a、1214b和1214c、以及输出耦合器1216。输入耦合器1212包括一个或多个衍射光栅并且被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应并且具有对应的FOV的光耦合到光波导1200中。输入耦合器1214a还被配置为在第一方向上朝向第一中间组件1214a衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第一部分从输入耦合器1212通过光波导1200向第一中间组件1214a行进,在第二方向上朝向第二中间组件1214b衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第二部分从输入耦合器1212通过光波导1200向第二中间元件1214b行进,并且在朝向第三中间组件1214c的第三方向上衍射光的与图像相对应的一部分,使得FOV的第三部分从输入耦合器1212通过光波导1200向第三中间组件614c行进。

[0087] 在图12的实施例中,提供给中间组件1214a的FOV的一部分不同于提供给中间组件1214c的FOV的一部分。提供给中间组件1214b的FOV的一部分可以包括提供给中间组件1214a的FOV的一部分和提供给中间组件1214c的FOV的一部分。提供给中间组件1214b的FOV的一部分可以替代地不同于提供给中间组件1214a的FOV的一部分和提供给中间组件1214c的FOV的一部分。根据实施例,输入耦合器1212的光栅周期被调整,使得没有被引导到中间组件1214a和1214c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。

[0088] 在图12的实施例中,每个中间组件1214a和1214c被配置为执行奇数阶水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器1216衍射具有原始FOV的相应部分的光;并且中间组件1214b被配置为执行偶数阶水平光瞳扩展,并且朝向输出耦合器1216衍射具有原始FOV的相应部分的光。输出耦合器1216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1200,使得与图像相对应的光和与组合FOV相对应的光从光波导1200被输出并且可以从输出光瞳可看到。

[0089] 虽然未在所有上述附图(图9-12)中被具体示出,但是每个光波导(例如,700、800、900、1100和1200)用于与显示引擎一起使用,显示引擎可以与上面参考图2所描述的显示引擎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进入波导,并且在波导的相对侧离开波导。备选地,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来实现。

[0090] 在光波导被用来执行光瞳复制(也被称为图像复制)的情况下,可能发生局部和全局强度的不均匀性,该不均匀性在复制的图像被观察时可能导致暗和浅的条纹和暗斑点,这是不可取的。参考图9、图10、图11和图12所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1、图3、图5A、图7和图8所示出和描述的实施例相比,可以被用来在观看时改善复制的图像。

[0091] 在本文中所描述的实施例中,替代作为表面光栅,每个衍射光栅可以备选地是体光栅,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SRG的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。本文中所描述的光波导的输入耦合器、中间组件和输出耦合器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。根据本文中所描述的实施例,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取向,其中具有优先线性偏振取向的光的耦合效率将高于具有非优先线性偏振取向的光的耦合效率。

[0092] 使用参考图11和图12所描述的实施例,通过利用中间组件来提供光瞳扩展的光波导,至少70度以及可能高达90度或甚至更大的大FOV可以被实现,即使在中间组件单独仅可以支持约35度的FOV的情况下。附加地,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,高达50%的功率节省可以被实现。

[0093] 本文中所描述的光波导(例如,900、1100、1200)可以被并入透视混合现实显示设备系统中。相同的波导可以被用来操纵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。备选地,三个波导可以彼此相邻地堆叠,其中每个波导被用来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。也可能的是,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。

[0094] 本文中所描述的光波导(例如,900、1100或1200)用于将光从输入耦合器向输出耦合器转向,其中光被外耦合以用于通过人的两只眼睛之一(即,左眼或右眼)观察或成像。波导的一个或多个另外的实例(例如,900、1100或1200)可以为另一只眼睛来提供。换言之,波导的单独实例(例如,900、1100或1200)和显示引擎204可以为用户的左眼和右眼中的每个来提供。在某些实施例中,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制成任何处方(包括没有处方)。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被用来基于在用户的眼睛214上入射和从用户的眼睛214反射的红外光来执行眼睛跟踪。

[0095] 在上述附图中,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周形状,但是可以具有备选的外周形状。类似地,光波导的外围形状也可以被改变,同时仍然在本文中所描述的实施例的范围内。

[0096] 图13是被用来概述根据本技术的某些实施例的方法的高级流程图。这种方法使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13,步骤1302涉及将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到光波导中,并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光。步骤1304涉及对在耦合到光波导中时在至少两个不同方向中的第一方向上被衍射的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展。步骤1306涉及对在耦合到光波导中时在至少两个不同方向中的第二方向上被衍射的与图像相对应的光执行偶数阶光瞳扩展。步骤1308涉及在执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展之后,将与图像相对应的光耦合出光波导,使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。

[0097] 根据某些实施例,步骤1302使用光波导的输入耦合器来执行。步骤1304使用光波导的中间组件来执行。步骤1306使用光波导的中间组件来执行,该中间组件与用于执行步骤1304的中间组件相同或不同。被用来执行步骤1304和1306的光波导的中间组件还朝向光波导的输出耦合器引导与图像相对应的光。步骤1308由光波导的输出耦合器来执行。

[0098] 根据某些实施例,由中间组件在步骤1304和1308处执行的奇数阶和偶数阶光瞳扩展实现了水平或竖直光瞳扩展之一。输出耦合器执行水平或竖直光瞳扩展中的另一个。

[0099] 本文中所描述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输出光瞳的装置。该装置例如可以是头戴式显示器 (HMD) 或平视显示器 (HUD) 的一部分。这种装置可以包括光波导, 光波导包括输入耦合器、一个或多个中间组件和输出耦合器。输入耦合器被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到光波导中, 并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光, 使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射。一个或多个中间组件被配置为单独地或共同地对通过全内反射 (TIR) 从输入耦合器向一个或多个中间组件行进的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者, 并且朝向输出耦合器衍射与图像相对应的光。输出耦合器被配置为将已经通过 TIR 从一个或多个中间组件向输出耦合器行进的与图像相对应的光耦合出光波导, 使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。

[0100] 根据某些实施例, 光波导的一个或多个中间组件包括一个中间组件。在这样的实施例中, 输入耦合器被配置为将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到光波导中, 并且在均朝向一个中间组件的第一方向和第二方向上衍射与图像相对应的光, 其中第二方向与第一方向不同。一个中间组件被配置为通过 TIR 在第一方向上从输入耦合器向一个中间组件行进的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展, 对通过 TIR 在第二方向上从输入耦合器向一个中间组件行进的与图像相对应的光执行偶数阶光瞳扩展, 并且朝向输出耦合器衍射与图像相对应的光。输出耦合器被配置为将已经通过 TIR 从一个中间组件向输出耦合器行进的与图像相对应的光耦合出光波导, 使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。

[0101] 根据某些实施例, 由输入耦合器在第一方向上衍射的并且通过一个中间组件经历奇数阶光瞳扩展的光在在输出耦合器上入射之前改变传播方向奇数次; 以及由输入耦合器在第二方向上衍射的并且通过一个中间组件经历偶数阶光瞳扩展的光在在输出耦合器上入射之前改变传播方向偶数次。

[0102] 根据某些实施例, 一个或多个中间组件包括在空间上彼此分开的至少两个中间组件。在这样的实施例中, 中间组件中的至少一个中间组件被配置为执行奇数阶光瞳扩展, 并且中间组件中的至少另一中间组件被配置为执行偶数阶光瞳扩展。

[0103] 根据某些实施例, 与输入耦合器在朝向执行奇数阶光瞳扩展或偶数阶光瞳扩展中的仅一个光瞳扩展的仅一个中间组件的仅一个方向上衍射与图像相对应的光的情况相比, 通过输入耦合器在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光使得与图像相对应的光朝向一个或多个中间组件中的每个中间组件被衍射, 并且通过一个或多个中间组件单独地或共同地执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展两者, 更均匀的强度分布被实现。

[0104] 根据某些实施例, 由一个或多个中间组件执行的奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展实现了在相同方向上的光瞳扩展, 并且输出耦合器被配置为在另一方向上执行光瞳扩展。

[0105] 根据某些实施例, 光波导包括第一主表面和与第一主表面相对的第二主表面。在一些这样的实施例中, 输入耦合器包括位于光波导的第一主表面和第二主表面中的一个主表面中或上, 并且被配置为在第一方向上朝向中间组件衍射与图像相对应的光的第一光栅。另外, 输入耦合器包括位于光波导的第一主表面和第二主表面中的另一主表面中或上, 并且被配置为在第二方向上朝向中间组件衍射与图像相对应光的第二光栅。第一光栅包括第一组线性光栅线。第二光栅包括相对于第一光栅的第一组线性光栅线以一定角度旋转

的第二组线性光栅线。在一些这样的实施例中，角度是90度，并且因此，第二光栅的第二组线性光栅线与第一光栅的第一组线性光栅线正交。在一些这样的实施例中，光波导的第一主表面与第二主表面之间的距离以及因此第一光栅与第二光栅之间的距离大于通过TIR行进通过光波导的与图像相对应的光的相干长度。

[0106] 根据某些实施例，输入耦合器包括位于光波导的第一主表面和第二主表面中的一个主表面中或上的光栅。在一些这样的实施例中，输入耦合器的光栅包括第一组线性光栅线和相对于第一组线性光栅线以一定角度旋转的第二组线性光栅线。输入耦合器的光栅的第一组线性光栅线被配置为在第一方向上朝向中间组件衍射与图像相对应的光。输入耦合器的光栅的第二组线性光栅线被配置为在第二方向上朝向中间组件衍射与图像相对应的光。在一些这样的实施例中，角度是90度，并且因此，第二组线性光栅线与第一组线性光栅线正交。

[0107] 根据某些实施例，输入耦合器包括交叉光栅。

[0108] 本技术的某些实施例涉及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。这种方法可以包括将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到光波导中，并且在至少两个不同的方向上衍射与图像相对应的光。该方法还可以包括对在耦合到光波导中时在至少两个不同方向中的第一方向上被衍射的与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展；以及对在耦合到光波导中时指向至少两个不同方向中的第二方向的与图像相对应的光执行偶数阶光瞳扩展。附加地，该方法可以包括在执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展之后，将与图像相对应的光耦合出光波导，使得与图像相对应的光从输出光瞳可看到。

[0109] 根据某些实施例，将与与输入光瞳相关联的图像相对应的光耦合到光波导中并且在至少两个不同方向上衍射与图像相对应的光使用光波导的输入耦合器来执行。对与图像相对应的光执行奇数阶光瞳扩展使用光波导的中间组件来执行。对与图像相对应的光执行偶数阶光瞳扩展使用光波导的与用于执行奇数阶光瞳扩展的中间组件相同或不同的中间组件来执行。光波导的中间组件还朝向光波导的输出耦合器衍射与图像相对应的光。在中间组件执行奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展之后将与图像相对应的光耦合出光波导由光波导的输出耦合器来执行。

[0110] 根据某些实施例，由中间组件执行的奇数阶光瞳扩展和偶数阶光瞳扩展实现了在相同方向上的光瞳扩展，并且输出耦合器在另一方向上执行光瞳扩展。

[0111] 本技术的某些实施例涉及头戴式显示器 (HMD) 或平视显示器 (HUD) 系统，其包括被配置为产生图像的显示引擎以及上述光波导之一。

[0112] 尽管本主题内容已经用结构特征和/或方法动作特定的语言进行了描述，但是应该理解，所附权利要求书中所限定的主题内容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。

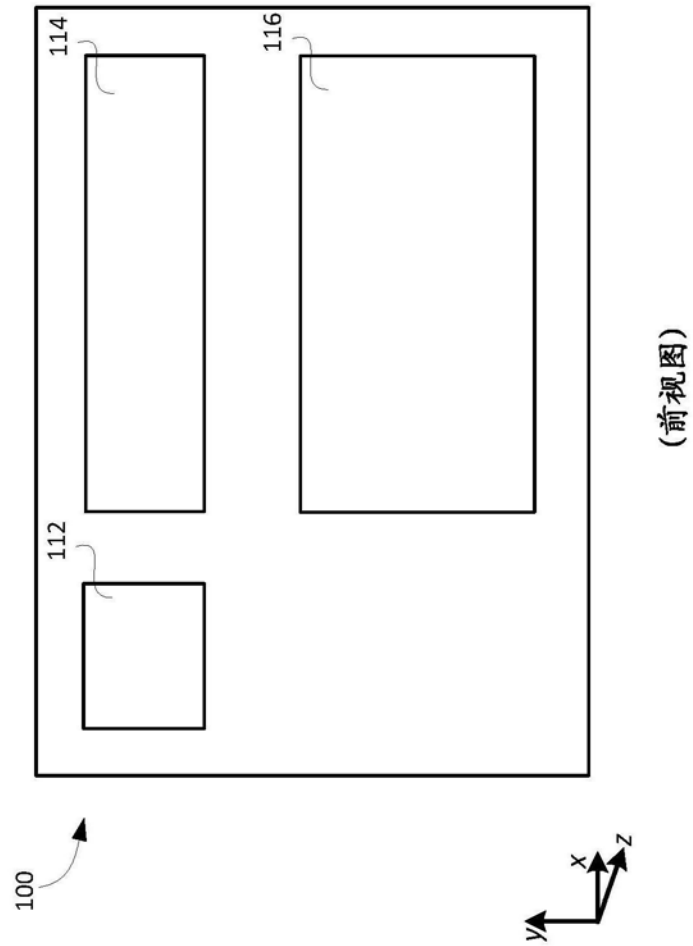


图1A



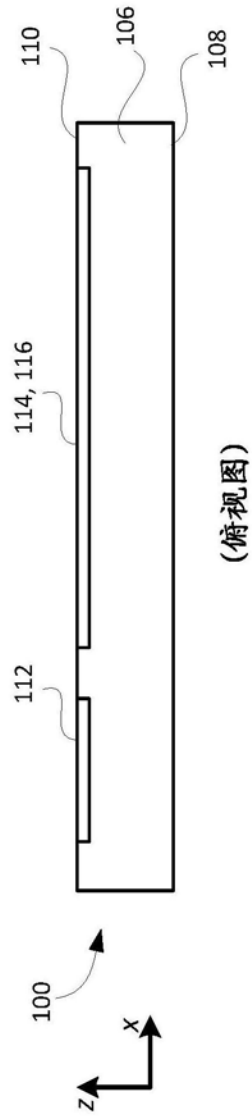


图1B

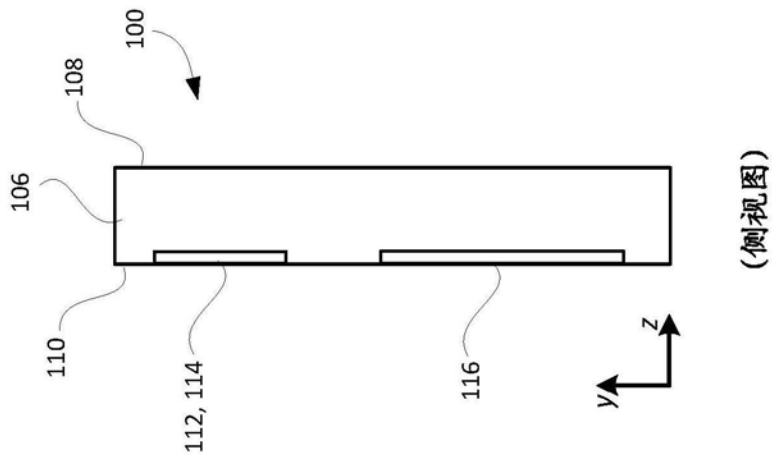


图1C

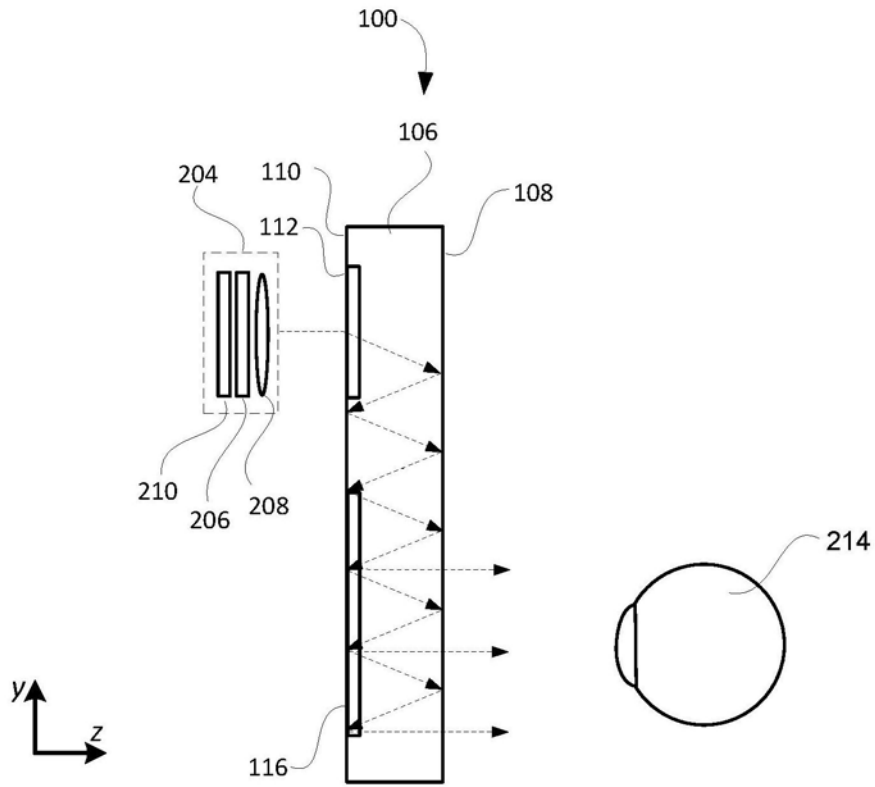


图2

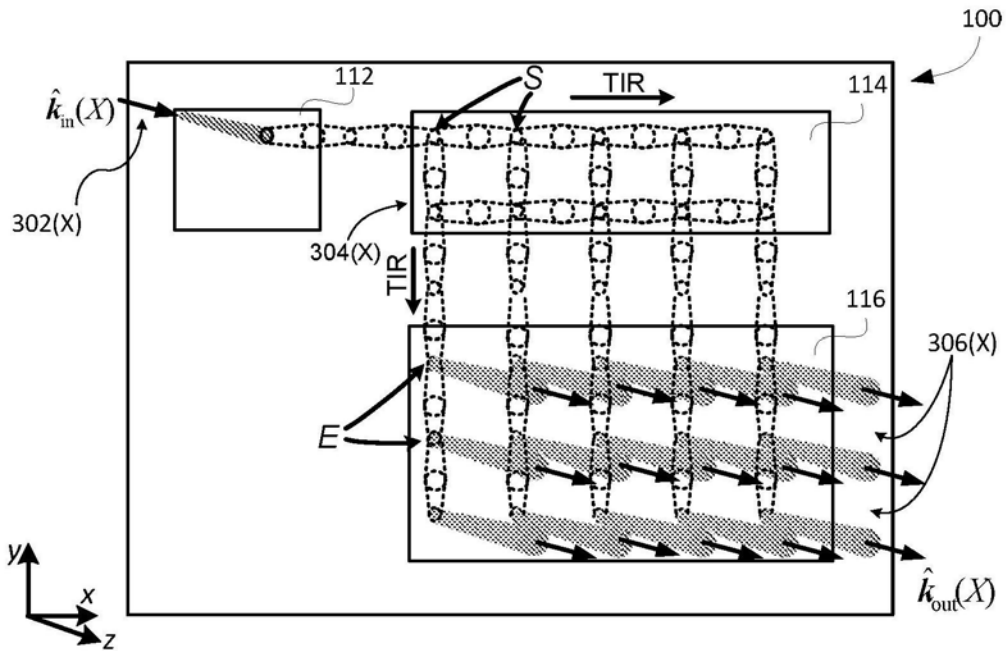


图3

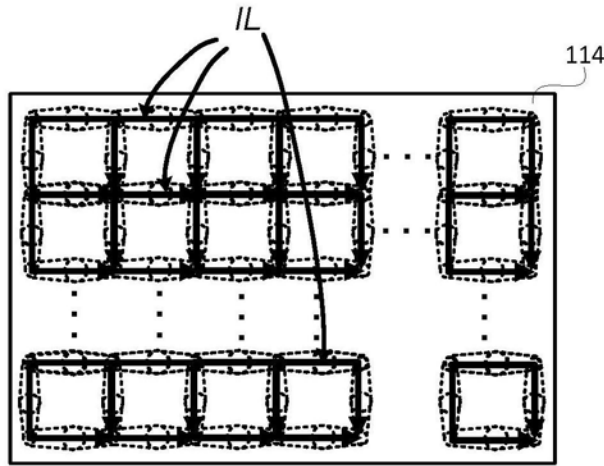


图4

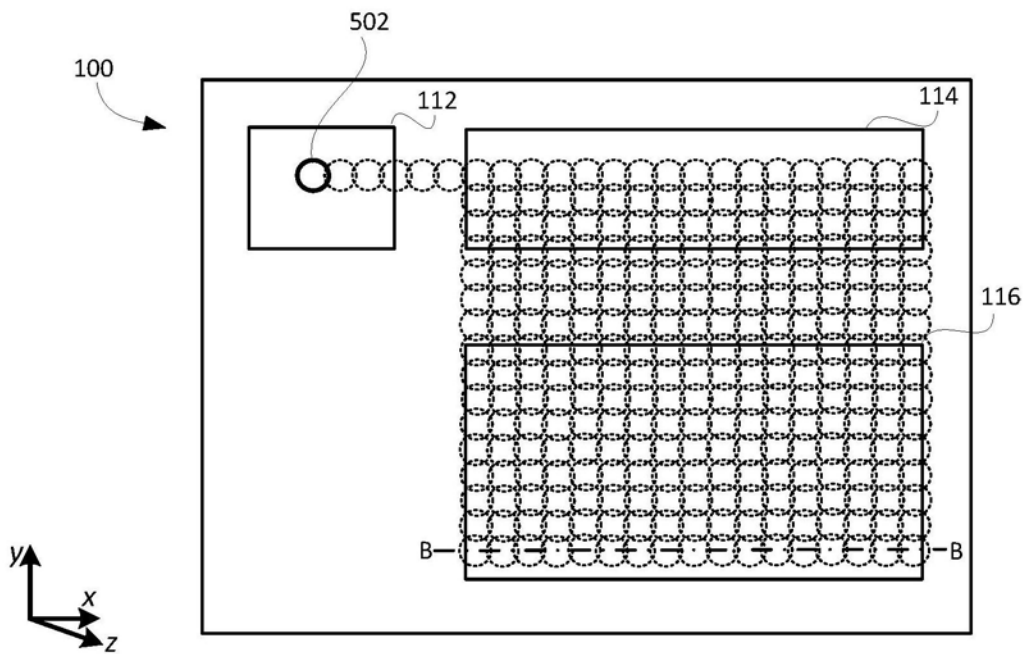


图5A



图5B



图5C



图5D

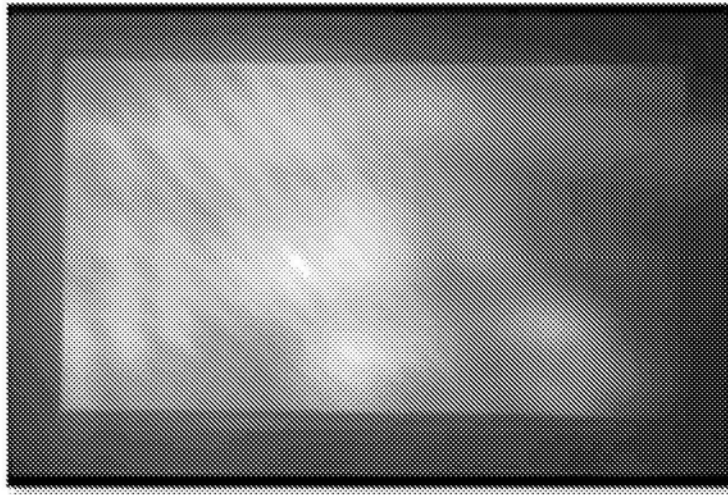


图6

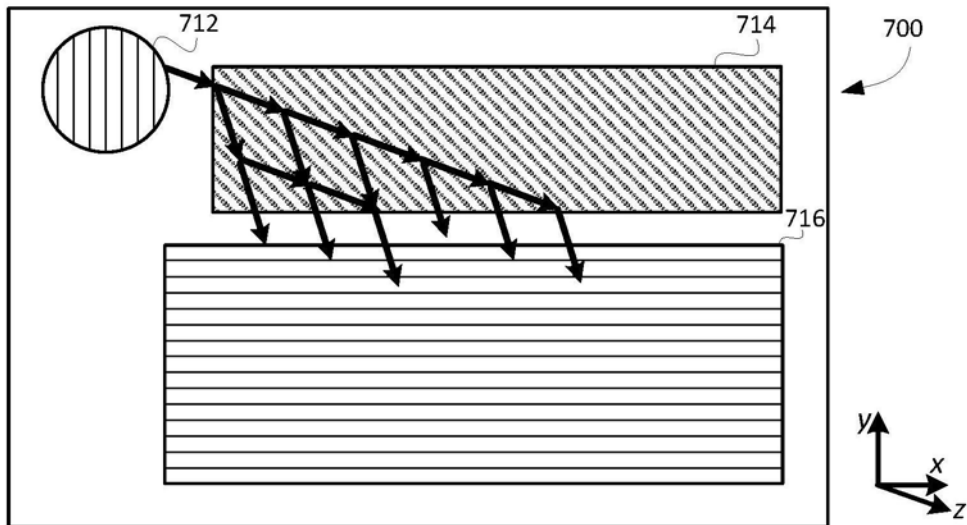


图7

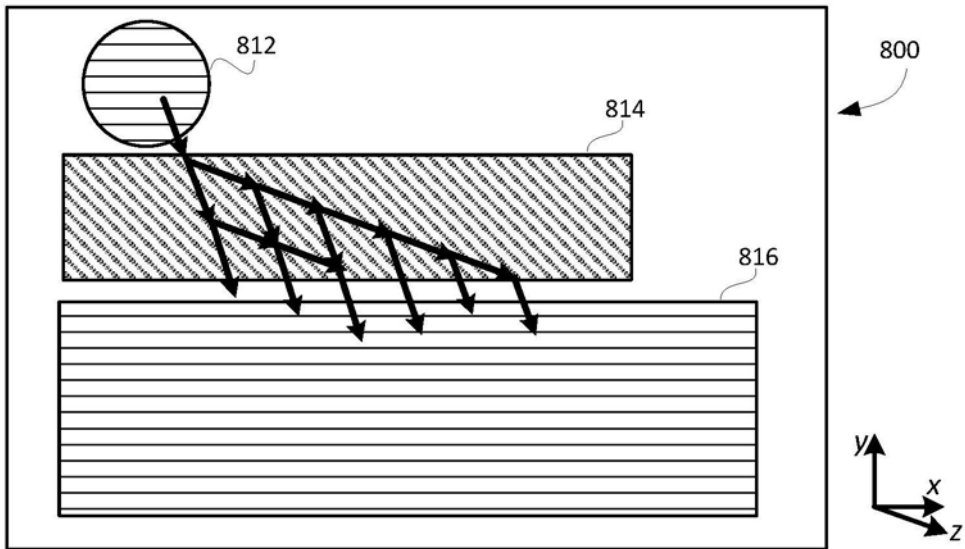


图8

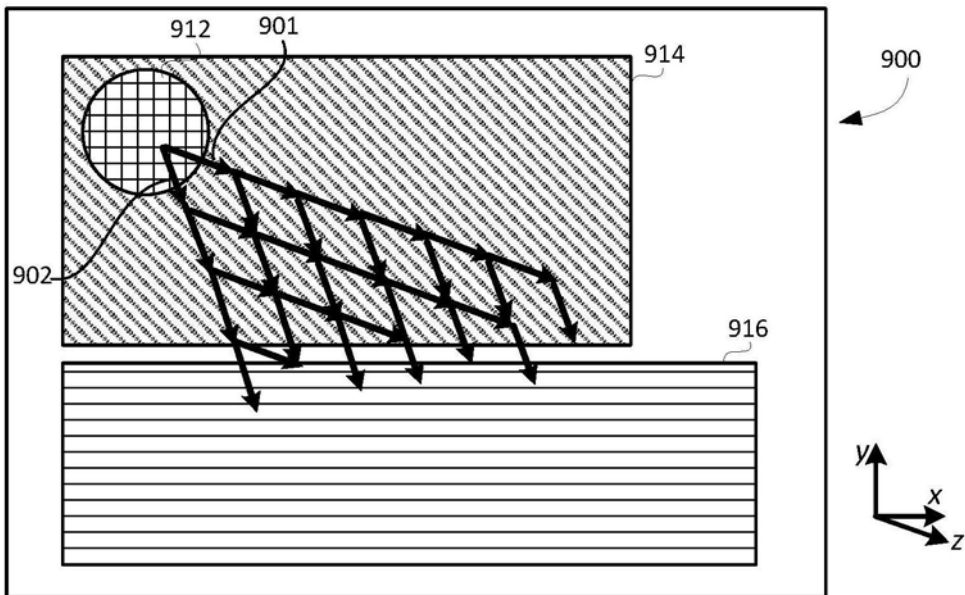


图9



(俯视图)

图10

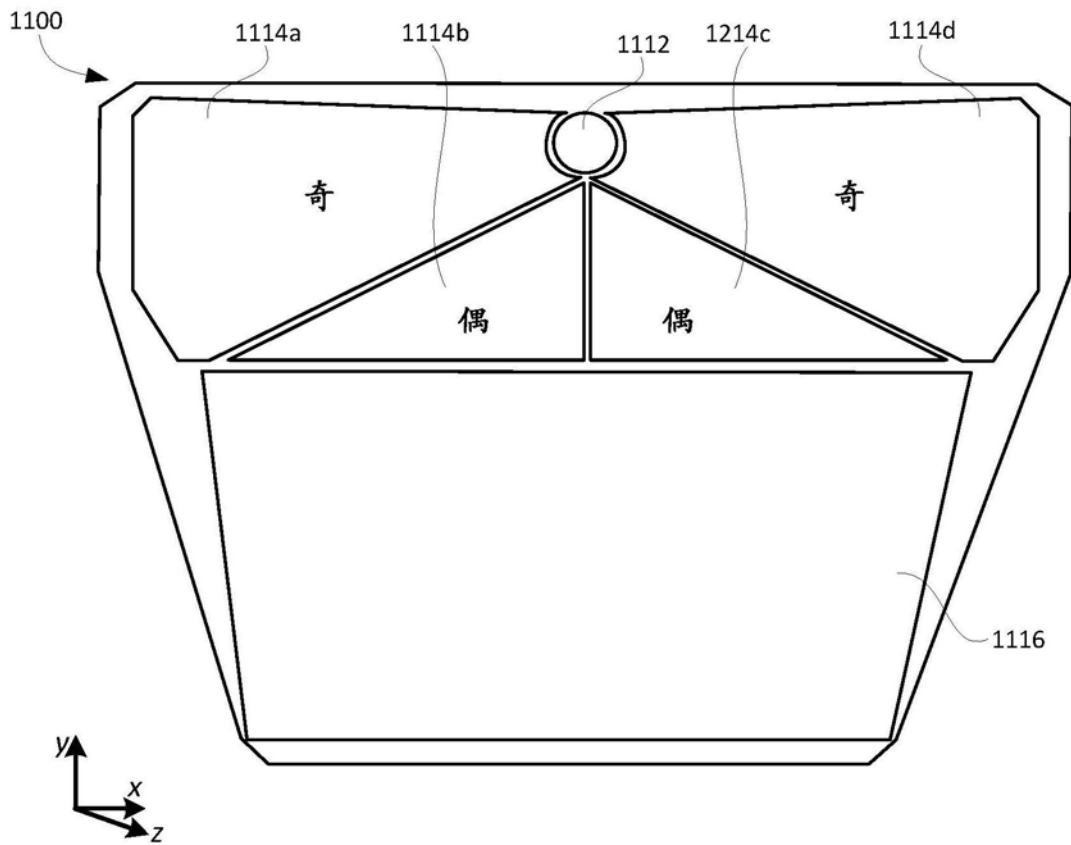


图11

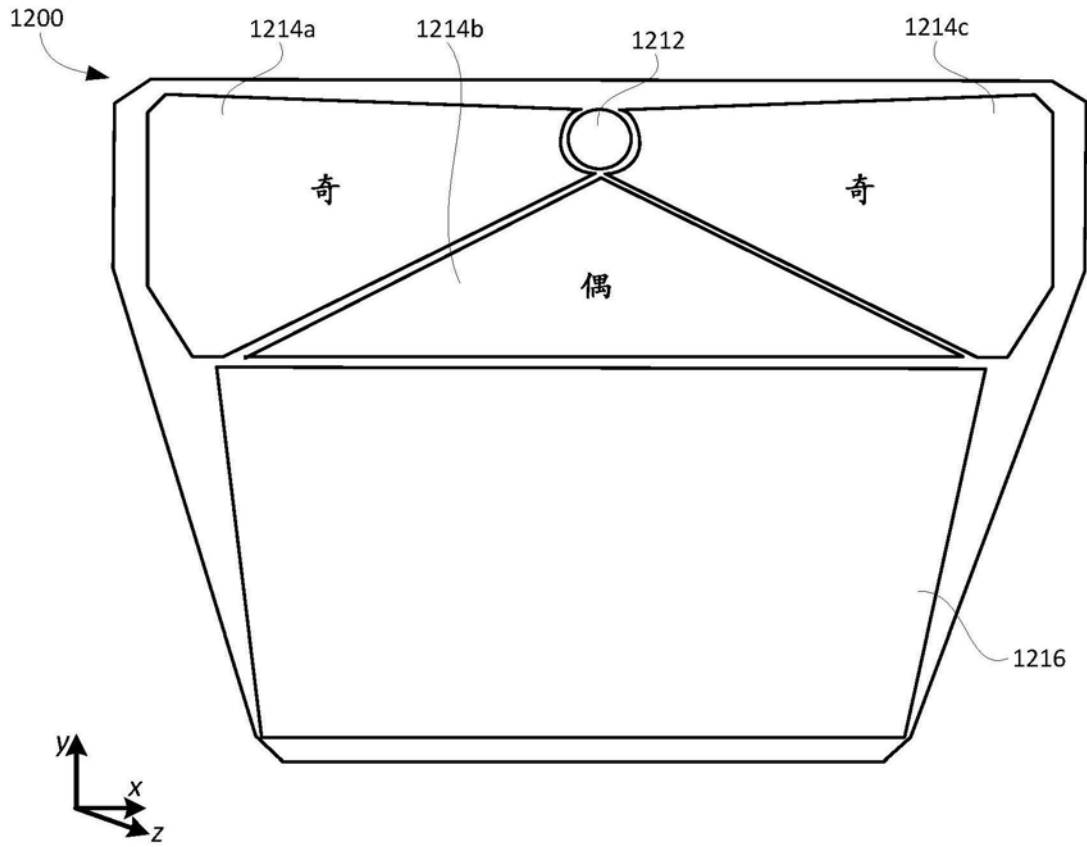


图12

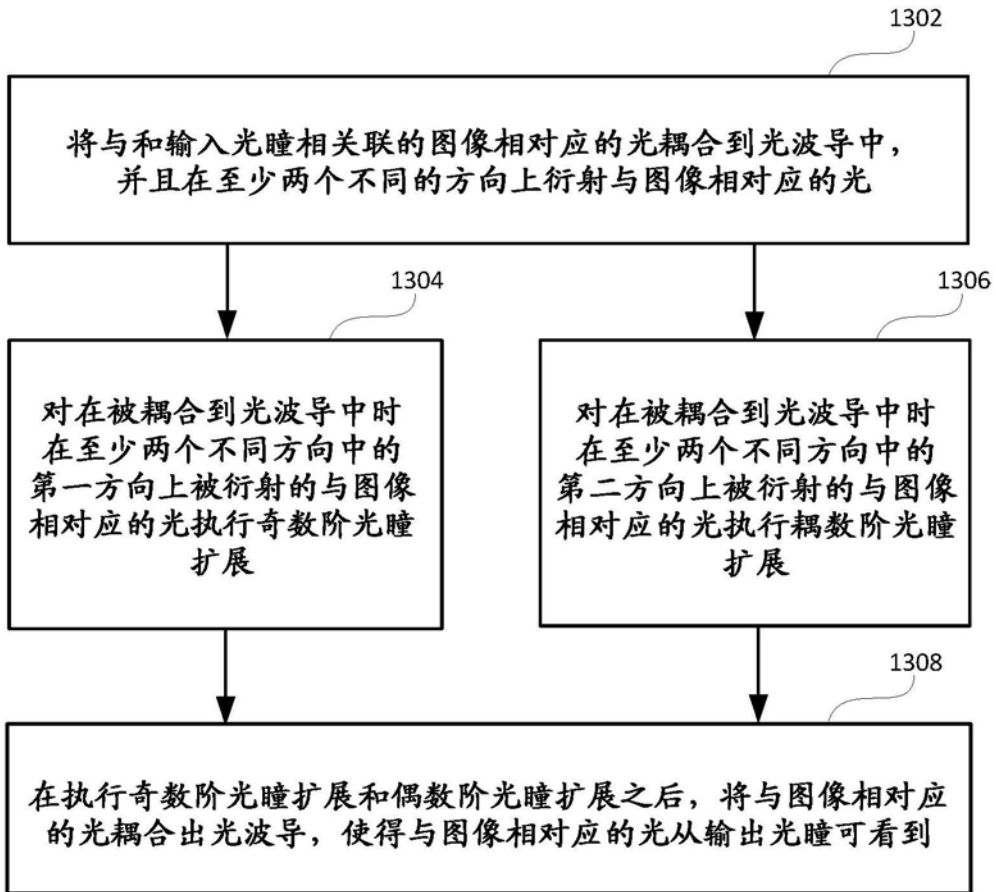


图13