



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106575034 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(21)申请号 201580041359.6

(22)申请日 2015.07.28

(30)优先权数据

1502098.5 2015.02.09 GB

62/032,577 2014.08.03 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.01.25

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2015/052181 2015.07.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/020643 EN 2016.02.11

(71)申请人 威福光学有限公司

地址 英国伯克郡

(72)发明人 大卫·格雷 苏曼塔·塔卢克达尔

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 康建峰 杨华

(51)Int.Cl.

G02B 27/00(2006.01)

G02B 27/01(2006.01)

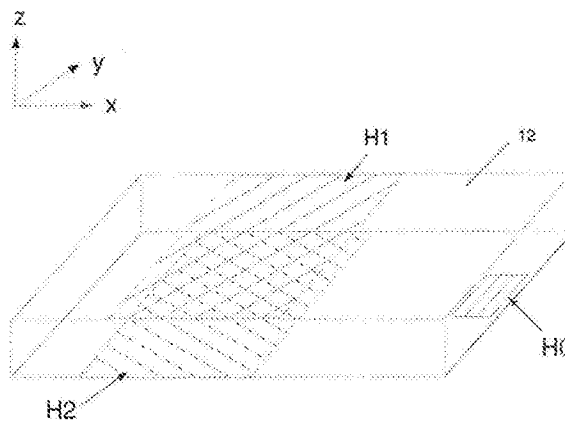
权利要求书1页 说明书6页 附图10页

(54)发明名称

出射光瞳扩展的衍射光学波导装置

(57)摘要

公开了一种用于在增强现实显示器中在二个维度上扩展输入光的光学装置。该装置包括波导(12)以及三个线性衍射光栅H0、H1、H2。来自投影仪的入射光束使用多色光照亮输入光栅H0,并且光被耦合到波导(12)中。另两个光栅H1、H2被覆盖在彼此的顶上。光可以由一个光栅H1衍射成第一衍射阶并且朝着另一光栅H2,另一光栅H2可以将光朝着观看者耦合出波导(12)。在另一布置中,交叉光栅H1、H2可以由具有产生多个有效衍射光栅的柱(20)的规则阵列的光子晶体(19)来代替。



1. 一种用于在增强现实显示器中在两个维度上扩展输入光的光学装置,包括:
波导;
被配置成将输入光耦合到所述波导中的输入衍射光学元件;以及
在所述波导中或所述波导上至少部分地覆盖在彼此上的两个衍射光学元件,其中,所述两个衍射光学元件中的每个衍射光学元件被配置成接收来自所述输入衍射光学元件的光并将其朝着另一衍射光学元件耦合,然后所述另一衍射光学元件能够用作将光朝着观看者耦合出所述波导的输出衍射光学元件。
2. 根据权利要求1所述的光学装置,其中,每个衍射光学元件包括槽和在所述槽的平面内的光栅矢量,所述光栅矢量具有垂直于所述槽的方向和与所述槽的节距逆相关的量值,其中,所述输入衍射光学元件和所述输出衍射光学元件分别具有基本上相等量值的光栅矢量。
3. 根据权利要求2所述的光学装置,其中,所述输入衍射光学元件和所述两个衍射光学元件的相应光栅矢量的组合是具有基本上零量值的合成矢量。
4. 根据权利要求3所述的光学装置,其中,所述两个衍射光学元件的光栅矢量与所述输入衍射光学元件的光栅矢量对着相等且相反的角度。
5. 根据权利要求2至4中的任一项所述的光学装置,其中,所述输入衍射光学元件的光栅矢量和所述两个衍射光学元件的光栅矢量具有基本上相同的量值。
6. 根据权利要求5所述的光学装置,其中,所述输入衍射光学元件的光栅矢量和所述两个衍射光学元件的光栅矢量能够组合成基本上等边的三角形。
7. 根据前述权利要求中的任一项所述的光学装置,其中,所述输入光栅与所述两个衍射光学元件间隔开。
8. 根据前述权利要求中的任一项所述的光学装置,包括被配置成朝着所述输入衍射光学元件投射光的投影仪。
9. 根据权利要求8所述的光学装置,其中,所投射的光以相对于所述输入衍射光学元件的第一角度提供,并且其中,由所述输出衍射光学元件耦合出所述波导的光也以所述第一角度提供。
10. 根据前述权利要求中的任一项所述的光学装置,其中,覆盖的所述两个衍射光学元件在所述波导中或所述波导上、在不同平面内提供。
11. 根据权利要求10所述的光学装置,其中,所述衍射光学元件在所述波导的相对表面上提供。
12. 根据权利要求1至9中的任一项所述的光学装置,其中,至少两个衍射光学元件在所述波导中、在基本上相同的平面内提供。
13. 根据权利要求12所述的光学装置,其中,至少两个衍射光学元件在光子晶体中提供。
14. 一种基本上如本文参照附图所述和/或如附图所示的光学装置。

出射光瞳扩展的衍射光学波导装置

[0001] 本发明涉及增强现实显示器或抬头(head-up)显示器。具体地,本发明涉及输入光在两个正交方向上扩展并且朝着观看者耦合出波导的显示器。这可允许增强现实显示器中的图像的物理扩展。

[0002] 增强现实显示器使得用户能够查看其周围环境以及投影图像。在军事或运输应用中,投影图像可以覆盖在用户感知的真实世界上。这些显示器的其他应用包括视频游戏和可穿戴装置,例如眼镜。

[0003] 在正常设置中,在用户的前方提供透明显示屏,使得用户可以继续看到物理世界。显示屏通常是玻璃波导,并且在一侧提供投影仪。来自投影仪的光由衍射光栅耦合到波导中。所投射的光在波导内被全内反射。然后,光由另一衍射光栅耦合出波导,使其可以被用户看到。投影仪可以提供用于增强用户对物理世界的认知的信息和/或图像。

[0004] 因为来自输入投影仪的光需要在显示器的整个宽度上(如果在整个全宽上需要增强现实)提供,所以在宽屏增强现实显示器的生产中存在挑战。一种解决方案是提供可以在显示器的整个宽度上扩展视场的单输入投影仪和光学器件。

[0005] 在US 6,580,529中公开了一种这样的装置,描述了类似于图1所示装置的布置。图1是波导2的立体图,波导2在其一个表面上包括输入光栅4。输入投影仪可以在与波导2的平面正交的方向上提供输入光。输入光栅4可以对输入光进行衍射,使得第一衍射阶耦合到波导2中。所捕获的光可以在波导2内通过全内反射朝着第二光栅6行进,第二光栅的槽相对于入射光成 45° 取向。在与第二光栅6交互的每个点处,光可以被透射或衍射。由第二光栅6衍射的光转过 90° ,并且第一衍射阶在波导2内朝着第三光栅8延伸。在第二光栅6中最初被透射的光可以在其朝着第三光栅8被衍射之前在光栅6内进一步延伸。这可以提供入射光沿着第二光栅6的长度的一维扩展。第三光栅8的槽被取向为与其入射光正交。在与第三光栅8交互的每个点处,光可以被透射或衍射。透射光通过全内反射继续在波导8内行进。由第三光栅8衍射的光被耦合出波导2并且朝着观看者。因此,第三光栅可以提供光在与第三光栅的槽正交的方向上的一维扩展。以此方式,图1中的光学装置可以实现输入光的二维扩展,其中第一维度的扩展由第二光栅6提供,且第二维度的扩展由第三光栅8提供。

[0006] 在WO 2008/081070中公开了一种可替换系统,描述了与图2所示装置类似的装置。图2是具有类似于图1的第一光栅4和第三光栅8的波导2的立体图。还在第一光栅4与第三光栅8之间提供交叉光栅10。交叉光栅10包括具有彼此成 90° 的槽的两个交叠光栅。当来自输入光栅4的光遇到交叉光栅10时,光同时在与输入光束相互正交但在波导2的平面内的相反方向上被衍射。然后,光在交叉光栅中被再次衍射使其可以朝着第三光栅8延伸。以此方式,交叉光栅10可以提供输入光在两个相反方向上的扩展。

[0007] 由交叉光栅10输出的光朝着第三光栅8行进。当输入光遇到第三光栅8时,光被透射或衍射。光束的透射部分在第三光栅8内延伸,且光束的衍射部分朝着观看者被耦合出波导2。然后,光束的任何透射部分可以由随后的光栅8的槽衍射出波导2。因此,由交叉光栅10提供第一维度的扩展,且由第三光栅8提供第二维度的扩展。为了使其有效,光栅周期被具体选择为防止由交叉光栅10对光的任何输出耦合。因此,光的输出耦合仅由第三光栅8进

行。

[0008] 图1和图2的布置的问题涉及在波导中提供具有衍射光栅的三个分离区域所需的空空间。这些大光学系统可能不适于所有装置。另一问题是需要大量的衍射交互。每个衍射交互导致散射,并且因此降低所得图像的对比度。又一问题是这些装置不一定适于彩色显示器。本发明的目的是克服这些缺点中的一些缺点。

[0009] 根据本发明的一方面,提供了一种用于在增强现实显示器中在两个维度上扩展输入光的光学装置,包括:波导;被配置成将输入光耦合到波导中的输入衍射光学元件;以及在波导中或波导上至少部分地覆盖在彼此上的两个衍射光学元件,其中,两个衍射光学元件中的至少一个衍射光学元件可以用作将光朝着观看者耦合出波导的输出衍射光学元件。

[0010] 以此方式,光学装置可以实现输入光源的二维扩展,同时将光耦合出波导,使其可以被用户观看。因为可以在波导的相同区域内提供二维扩展作为输出耦合,所以这可以使得更有效地利用光学装置中的空间。这可以有利地降低制造成本。该装置还可以提供改进的光学特性。例如,因为可以使用减少数量的衍射交互来实现二维扩展,所以该装置可以提供改进的背景对比度。两个衍射光学元件可以在波导中或波导上部分地或完全地覆盖在彼此上。

[0011] 光学装置的一个优点是可以仅使用波导的专用于衍射光学元件的两个区域(一个用于输入衍射光学元件,一个用于覆盖的衍射光学元件)来提供同时二维光束扩展和输出耦合。这可以减小装置的整体尺寸。此外,可以在关于基板平面度和楔形的降低的公差的情况下实现类似的光学性能,这意味着可以以更低的成本生产装置。或者,可以在不增加制造中的公差的情况下实现更好的光学性。

[0012] 在覆盖的衍射光学元件中,元件之一优选地将输入衍射光学元件接收的光引导朝着覆盖对中的另一元件。然后,另一衍射光学元件可以将光耦合出波导并朝着观看者。优选地,这是对称布置,使得每个覆盖的衍射光学元件可以将所接收的光引导朝着另一衍射光学元件以输出耦合。

[0013] 每个衍射光学元件优选地包括槽和在槽的平面内的光栅矢量。可以用垂直于槽的方向和与槽的节距逆相关的量值来限定光栅矢量。输入衍射光学元件和输出衍射光学元件可以分别具有基本上相等量值的光栅矢量。

[0014] 通过提供具有相同量值的输入光栅矢量和输出光栅矢量,可以获得具有与输入光束相同的角特性的出射光束。因此,可以以与入射光束相同的角度提供出射光束。这可以在所有工作波长上实现,这意味着该装置可以在彩色(即在整個波长范围内)有效地工作。

[0015] 输入衍射光学元件和两个衍射光学元件的相应光栅矢量的组合可以是具有基本上零量值的合成矢量。光栅的这种组合特性意味着可以在基本上没有角度或色度偏移的情况下提供输出光,这可以有利于在彩色增强现实显示器中使用该装置。

[0016] 在一些布置中,合成矢量可以具有小的量值。通常,这些实施方式更适于单色光,因为该布置通常会产生产色散,这在彩色显示器中是不期望的。

[0017] 衍射光学元件的槽可以是线性的,并且可以通过在波导的表面中进行蚀刻来形成。或者,槽可以通过折射率的变化形成,例如可见于容积式光聚合物中。这些可以是折射率的变化平滑变化或阶跃变化。

[0018] 两个衍射光学元件的光栅矢量可以与输入衍射光学元件的光栅矢量对着相等且

相反的角度。以此方式,覆盖的衍射光学元件可以相对于彼此交叉,并且可以相对于输入衍射光学元件对称地设置。因此,来自输入衍射光学元件的光可以由两个衍射光学元件在不同方向上同时衍射。通过提供具有相等且相反光栅矢量的衍射光学元件,二维扩展可以是对称的,并且由两个光栅产生的角向偏移可以相等。

[0019] 输入衍射光学元件的光栅矢量和两个衍射光学元件的光栅矢量可以具有基本上相同的量值。由于这三个矢量的组合具有基本上零量值,因此可以组合这些矢量以产生等边三角形,以使得光栅矢量相对于彼此成约 60° 。该布置可以使得能够由交叉衍射光学元件在不同方向上的均匀衍射。然后,由于交叉衍射光学元件可以发生相同的后续衍射,以将光耦合出波导。以此方式,两个衍射光学元件中的每个衍射光学元件可以在由另一覆盖的衍射光学元件对光的衍射之后用作输出光栅。这可以允许光以与其被输入相同的取向耦合出波导。有利地,所有波长可以经历相同的结果以有利于彩色显示。

[0020] 优选地,输入光栅与两个衍射光学元件间隔开。输入光栅可以将光耦合到波导中,并且光可以在全内反射下通过波导行进到另外两个衍射光学元件。

[0021] 优选地,提供投影仪以朝着输入衍射光学元件投射光。投影仪可以是多色的并且以横向于波导平面的取向提供。

[0022] 所投射的光可以以相对于输入衍射光学元件的第一角度提供,并且由输出衍射光学元件耦合出波导的光也可以以第一角度提供。因此,可以在没有任何角向偏移的情况下提供输出光。

[0023] 两个覆盖的衍射光学元件可以提供于波导中或波导上的不同平面内。以此方式,覆盖的衍射光学元件可以在物理上彼此分离。这种布置可以被容易地制造并且可以产生期望的结果。

[0024] 衍射光学元件可以提供于波导的相对表面上。衍射光学元件可以根据需要提供于波导的内表面或外表面上。或者,两个衍射光学元件可以提供于波导中的基本上相同的平面内。这可以通过使用光子晶体来实现。可以通过晶体材料中的折射率和/或表面高度的变化来提供衍射光学元件。

[0025] 根据本发明的另一方面,提供了一种衍射光学装置,包括:透光基底;由所述基底承载的第一衍射光学元件;由所述基底承载的第二衍射光学元件;其中所述透光基底在两个维度上具有两个基本上平行的表面;第一衍射光学元件耦合来自光源的光线并通过全内反射将其限制在基底内;第二衍射光学元件将光线衍射成三个维度上的多个阶,这些所述阶中的一些在仍处于在全内反射的情况下在不同方向(在包含基底的主表面的两个维度上)衍射,同时所述阶中的至少一个耦合出波导。

[0026] 根据本发明的另一方面,提供了一种衍射光学装置,包括:透光基底;由所述基底承载的衍射光学元件;其中透光基底在两个维度上具有两个基本上平行的表面;所述单个衍射基底耦合来自光源的光线并通过全内反射将其限制在所述基底内,并且所述单个衍射光学元件还将所述光线衍射成三个维度上的多个阶;一些所述阶在仍然处于全内反射的情况下在不同方向(在包含基底的主表面的两个维度上)衍射,导致所述光线的二维复制,同时所述阶中的至少一个耦合出波导。

[0027] 现在参照附图仅以示例的方式来描述本发明的实施方式,在附图中:

[0028] 图1是用于在两个正交方向上扩展输入光束的光学装置的立体图;

- [0029] 图2是用于在两个正交方向上扩展输入光束的另一光学装置的立体图；
- [0030] 图3是本发明的实施方式中的光学装置的立体图；
- [0031] 图4是图3的光学装置中的一个衍射光栅的槽的俯视图；
- [0032] 图5是图3的光学装置中的另一衍射光栅的槽的俯视图；
- [0033] 图6是图3的光学装置中的又一衍射光栅的槽的俯视图；
- [0034] 图7是图3中的光学装置的示出光栅矢量的示意图；
- [0035] 图8是通过图3所示光学装置可以采用的一些光学路径的示例；
- [0036] 图9示出了用于图3所示光学装置的光栅矢量的组合；
- [0037] 图10是波导的示出通过图3所示光学装置可以采用的光学路径的另一示例的俯视图；
- [0038] 图11是通过图3所示光学装置可以采用的一些光学路径的另一示例；
- [0039] 图12是波导的示出通过图3所示光学装置可以采用的光学路径的又一示例的俯视图；
- [0040] 图13是示出在输入光栅处接收和由输入光栅衍射的光的图示；
- [0041] 图14是示出在输出光栅处接收和由输出光栅衍射的光的图示；
- [0042] 图15A和15B是可替选布置中的波导的分别示出内部光栅和外部光栅的侧视图；
- [0043] 图16是用于本发明的实施方式的具有三角形晶格结构的光子晶体的示意图；
- [0044] 图17是示出图16所示的光子晶体的三角形晶格结构的示意图；
- [0045] 图18是示出通过图16所示光子晶体可以采用的光学路径的图示；
- [0046] 图19是本发明的实施方式的一副眼镜的立体图；以及
- [0047] 图20是本发明的实施方式的抬头显示器的立体图。
- [0048] 图3是包括三个线性光栅即线性光栅H0、线性光栅H1、线性光栅H2的波导12的立体图。如图4所示，输入光栅H0的槽位于x-y平面内在波导12的第一表面上，平行于y轴取向并具有光栅节距p。线性光栅H1与输入光栅H0在x-y平面内横向分离并且线性光栅H1位于波导12的第二表面上。如图5所示，光栅H1的槽位于x-y平面内，相对于x轴成 30° 取向，并且具有光栅节距p。线性光栅H2在x-y平面内叠加在H1上，并且位于波导12的第一表面上，与光栅H1相对。因此，交叉光栅H1、交叉光栅H2在z轴上相隔波导12的厚度。如图6所示，光栅H2的槽位于x-y平面内，相对于x轴成 -30° 取向，并且具有光栅节距p。
- [0049] 可以针对光栅H0、光栅H1、光栅H2中的每个光栅限定光栅矢量。光栅矢量位于光栅的槽的平面内，并且在与槽的方向成直角的方向上延伸。表达式 $G=2\pi/d$ 给出矢量的量值，其中d是光栅的节距(即，相邻槽之间的距离)。图7是波导12的示出分别与光栅H0、光栅H1和光栅H2对应的光栅矢量G0、光栅矢量G2、光栅矢量G3的平面图。尽管光栅矢量被分开描绘，但是显然矢量G2和矢量G3实际上覆盖在彼此上。所有的矢量G0/G2/G3具有相等的量值并且相对于彼此成 60° 取向。如图9所示，矢量G0、矢量G2、矢量G3当其组合使得不产生合成矢量或产生具有小的量值的合成矢量时形成等边三角形。
- [0050] 图8是示出通过波导12可以采用的光学路径的光线图的示例。在该布置中，来自投影仪的入射光束利用多色光照亮输入光栅H0。入射光束从波导12的下方提供并且在与波导12的平面正交的方向上延伸。输入光栅H0对入射光束进行衍射，并且第一衍射阶耦合到波导12中。然后，衍射光通过全内反射在波导12内行进。然后光遇到交叉光栅10并且与交叉光

栅H1、交叉光栅H2同时交互。

[0051] 光栅H1 (具有矢量G2) 将光衍射成零阶0R和一阶衍射1R。一阶衍射1R相对于x轴处于 -120° 处,并且在波导12中仍然处于全内反射情况。然后,一阶衍射1R遇到H2 (具有矢量G3),H2是交叉光栅10的另一部分。在该点处H2还将光衍射成零阶和一阶衍射。零阶继续在波导12内行进,且一阶衍射沿着z轴朝着观看者被耦合出波导12。在本示例中,光从波导12输出的角度与光从投影仪入射到波导12上的角度相同。

[0052] 图10是图8所示的光线图的另一视图。从图10可以清楚地看到,交叉光栅上的入射光可以由光栅H1在波导内的多个不同位置处衍射。这是因为在每个交互点处,光可以被衍射成零阶或一阶衍射。以此方式,输入光束可以在第一方向上扩展。然后,由光栅H1衍射成一阶的光遇到光栅H2,在H2处光被衍射成零阶或一阶。这使得输入光能够在与H2的槽正交的第二方向上扩展。以此方式,可以由光栅H2遍及二维区域提供输出耦合阶。这可允许在小的物理区域上一起提供光的二维扩展和输出耦合。

[0053] 图11是示出通过波导12可以采用的光学路径的光线图的另一示例。在该布置中,来自输入光栅H0的光遇到交叉光栅10并且与光栅H2 (具有矢量G3) 交互。光栅H2将光衍射成零阶0R和一阶衍射1R。一阶衍射1R相对于x轴处于 $+120^\circ$,并且在波导12中仍然处于全内反射情况。然后,一阶衍射1R遇到H1,H1是交叉光栅10的另一部分。在该点处H1将光向上耦合出波导12并且朝着观看者。在本示例中,光从波导12输出的角度与光入射在波导12上的角度相同。

[0054] 图12是图11所示的光线图的另一视图。应理解,光栅的该布置可以扩展输入光束,以填充二维显示。当然,光跟随图10所示的路径同时采用图12所示的路径,这提供了输入光束在二维区域上的均匀扩展。

[0055] 在本示例中,光遇到具有矢量G0、矢量G2和矢量G3的三个衍射光栅。衍射的顺序可以是G0/G2/G3或G0/G3/G2。这些矢量中的每个矢量具有相同的量值。如图9所示,如果矢量彼此相加,则获得具有相同起始和结束位置的等边三角形形状的矢量图。衍射光栅的物理学规定该布置提供具有与输入光束相同的角度和色度特性的出射光束。

[0056] 图13是示出在输入光栅H0处衍射的光的图示。在这种情况下,提供相对于z轴的入射角为 θ_{in} 并且相对于x轴的入射角为 Φ_{in} 的输入光束。然后,该输入光束被输入光栅H0衍射并被波导12捕获。

[0057] 图14是示出在输出光栅处衍射的光的图示。在本示例中,输出光栅可以是H1或H2,这取决于光通过波导12所采用的路径。可以看出,在输出光栅处接收来自波导12内的全内反射的光,并且输出相对于z轴的入射角为 θ_{out} 并且相对于x轴的入射角为 Φ_{out} 的光,其中 $\theta_{in} = \theta_{out}$ 以及 $\Phi_{in} = \Phi_{out}$ 。这些关系独立于波长应用,这意味着在彩色显示器中没有角度或色移。

[0058] 图15A是夹在两个玻璃板即玻璃板14、玻璃板16之间的波导12的侧视图。在该布置中,在玻璃板14、玻璃板16的表面上提供光栅17,并且使用薄的光学胶合剂层将波导12组装到这些板14、板16上。由此,光栅17被提供于玻璃板14、玻璃板16的内表面上。图15B是可替换配置中的波导12的侧视图,其中光栅17被直接提供于波导的表面上。以此方式,光栅17可以被提供于波导12的外表面上。

[0059] 在另一实施方式中,交叉光栅10可以由光子晶体代替。光子晶体是其中可变折射

率产生规则图案的材料。在本示例中,光子晶体是三角形晶格的形式。二维光子晶体在正交方向上具有周期性纳米结构。在本示例中,光子晶体是等边三角形晶格的形式。图16是具有圆柱(pillar) 20的光子晶体19的俯视图,圆柱20相对于波导12具有增大的折射率。柱20以规则图案布置并且它们都被提供于同一x-y平面内。图17示出了三个圆柱20。柱间隔距离e,距离e与沿着x轴或y轴的距离p对应。

[0060] 柱的规则布置产生多个有效衍射光栅或衍射光学元件。特别地,可以限定具有沿着y轴对准的柱20以及相邻列的柱20间隔距离p的光栅H1。光栅H2被布置成具有与x轴成+30°角的多列柱20,且相邻列间隔距离p。最后,光栅H3被布置成具有与x轴成-30°角的多列柱20,且相邻列间隔距离p。应注意,光栅H1和光栅H2具有与图3所示的交叉光栅实施方式中的相应光栅相同的特性。

[0061] 当来自输入光栅H0的光入射到光子晶体19上时,光经历由各种衍射光学元件进行的多个同时衍射。图18是示出通过光子晶体可以采用的光学路径的图示。光在光子晶体中在点A处被接收,在点A处光可以同时经历衍射被衍射成四阶。首先,光被衍射成零阶a0,这是入射光的传播的延续。零阶可以继续的点B和点C处与光子晶体进行进一步的交互。其次,光由光栅H1衍射成第一衍射阶ae。该光束ae沿着z轴在正方向上朝着观看者耦合出波导12。光栅H1的槽定向和节距与光栅H0的槽定向和节距相同。因此,由于光栅H0和光栅H1的共轭效应,衍射的角色散和色度色散效应被抵消。因此,光束ae具有与从投影仪入射到H0上的光相同的角度和色度特性。第三,光由H2光栅分量衍射成一阶衍射a1。a1光束在与x轴成+60°的方向上衍射,并且该光束在点D处继续与光子晶体进行进一步的交互。如参考图12所解释的,a1衍射光束与由交叉光栅H2衍射的光效果相同。第四,光由H1光栅分量衍射成一阶衍射a2。该光束可以在点F处与光栅H2交互。光在光子晶体中的每个点处可以进行这四个单独的衍射交互。因此,光可以在每个点处耦合出波导,且光可以在波导12内在两个维度上继续扩展。光子晶体的对称性意味着每个出射光束具有与输入光束相同的角度和色度特性,这意味着多色(以及单色)光源可以用作具有该光子晶体布置的输入光束。

[0062] 为了简洁起见,限制了所描述的光学路径的数量。然而,对于有经验的读者应清楚非常大量的光学路径是可行的,所有这些将产生允许产生增强现实图像的输出耦合阶。此外,在光子晶体实现方式的示例中使用的圆形结构形状仅用于说明目的:本领域技术人员应理解存在大量合适的结构形状。

[0063] 光子晶体使得光能够在两个维度上同时和快速扩展,以使得输入光可以填充二维显示屏。因为波导尺寸由于二维光束扩展可以保持最小,所以这使得能够应用超紧凑显示器。

[0064] 图19示出了一副眼镜40。眼睛片44是包括用户眼睛前方的交叉光栅或光子晶体的波导。在本示例中,输入光栅42被提供于眼镜40的桥中。因此,光可以投射到输入光栅上,并且可以指向眼睛片44。交叉光栅或光子晶体在眼睛片内以及在两个维度方向上扩展光并且可以将光耦合出波导朝着用户的眼睛。

[0065] 图20示出了在用户的前方提供抬头显示器50的另一例子。交叉光栅或光子晶体被提供于抬头显示器中的波导52中。在显示器的顶部提供输入光栅54,且波导52中的交叉光栅或光子晶体允许图像的快速二维扩展以及光朝着观看者向外耦合。

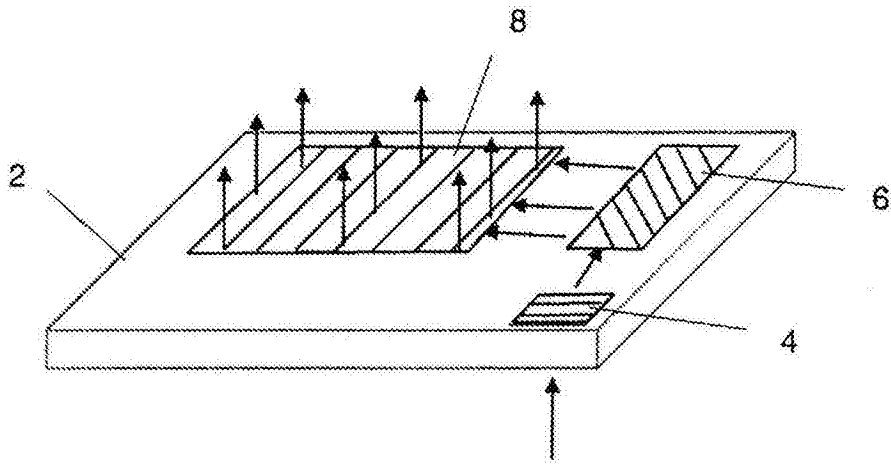


图1

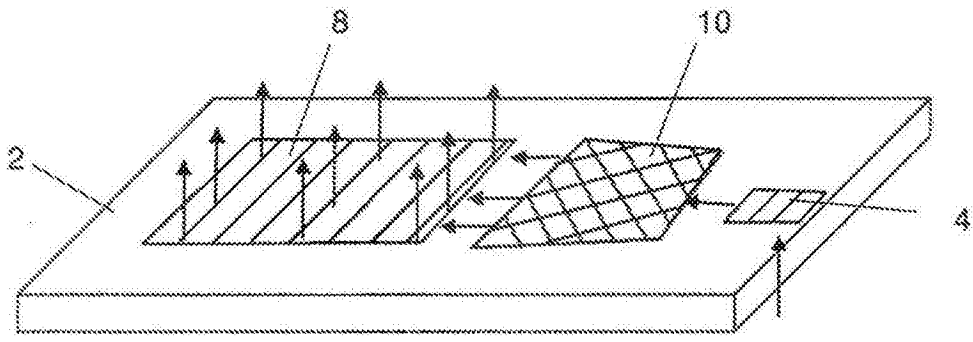


图2

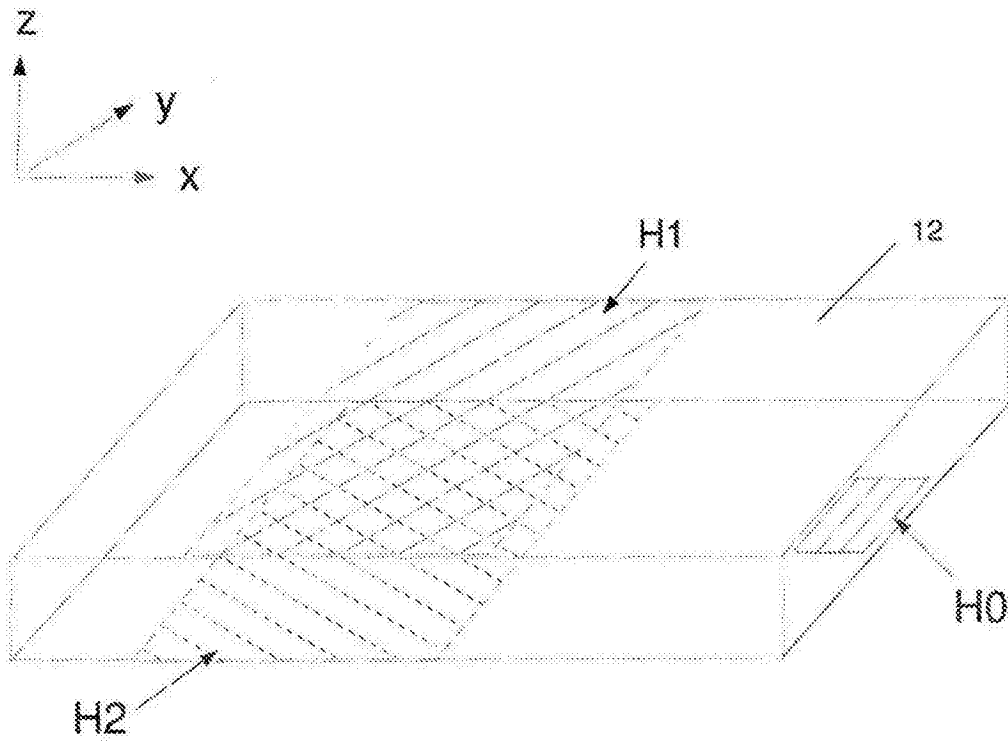


图3

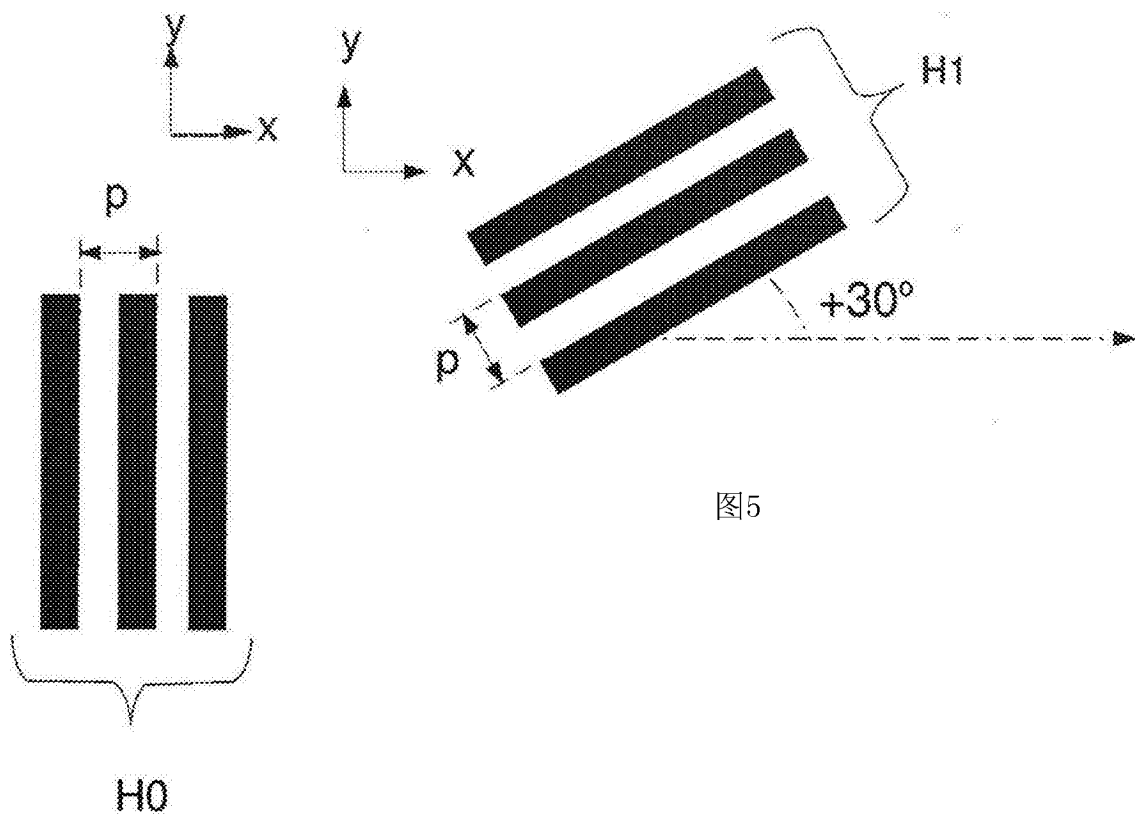


图5

图4

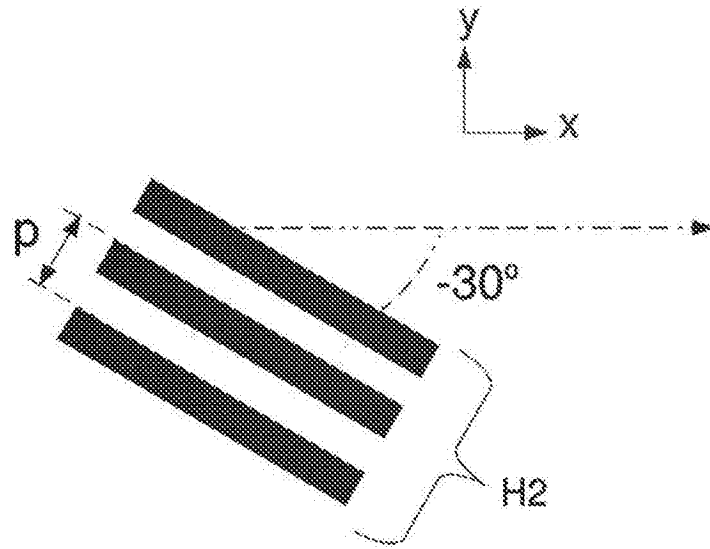


图6

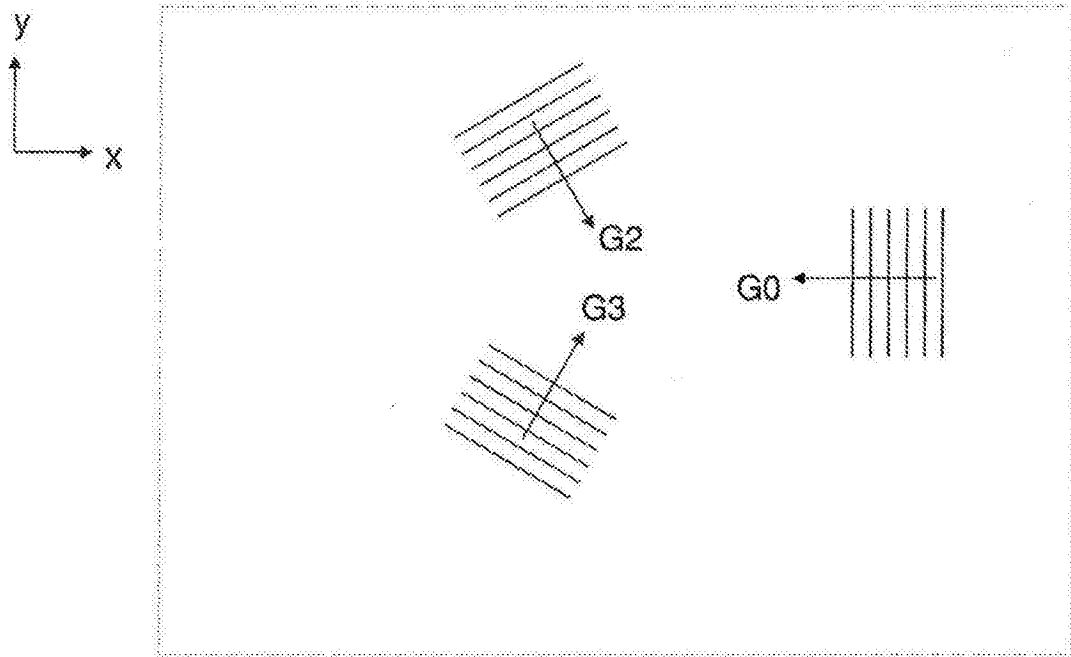


图7

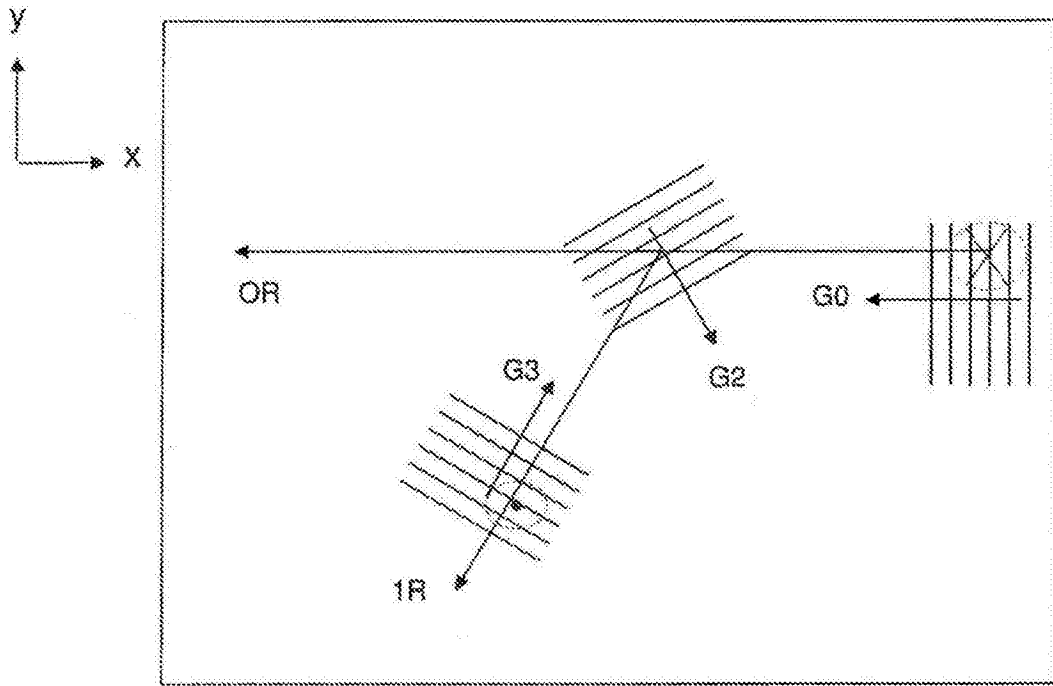


图8

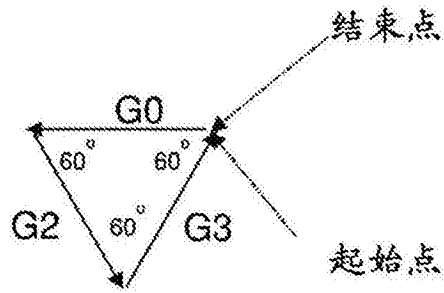


图9

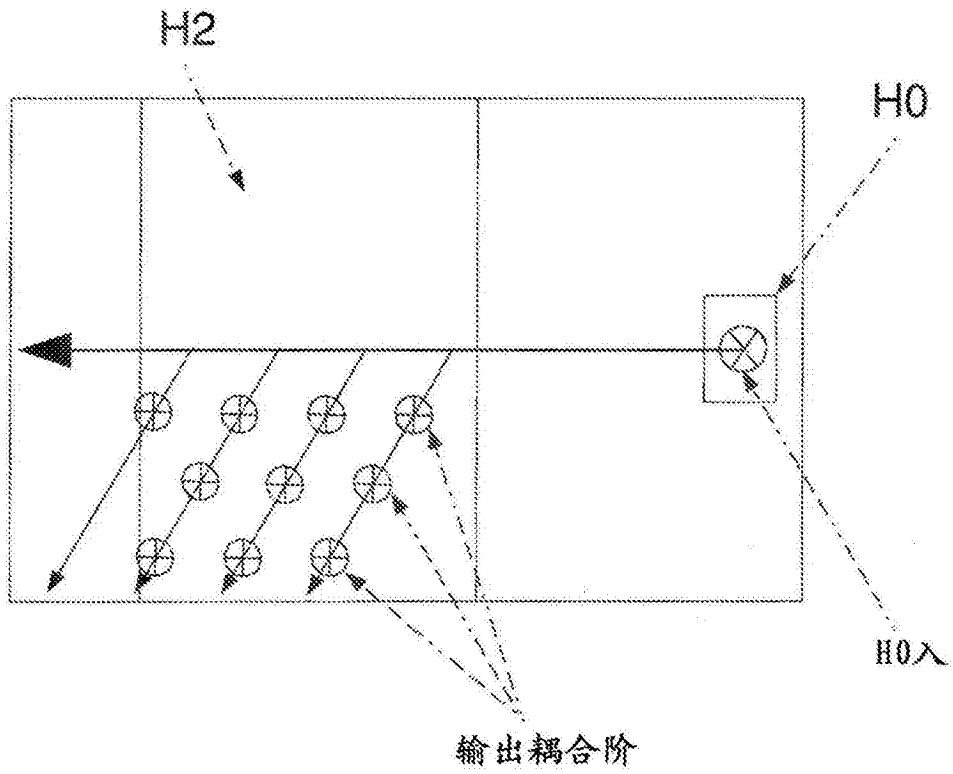


图10

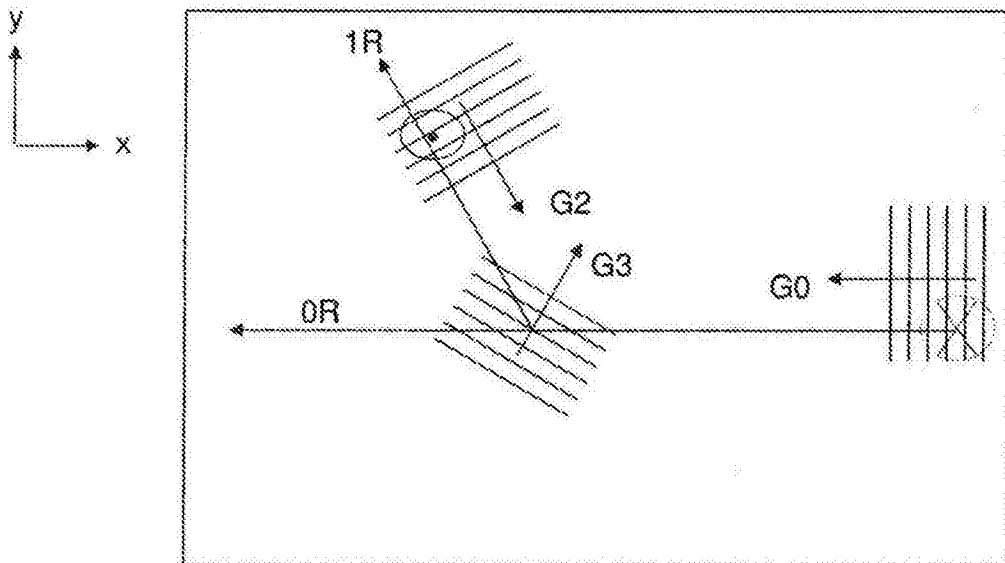


图11

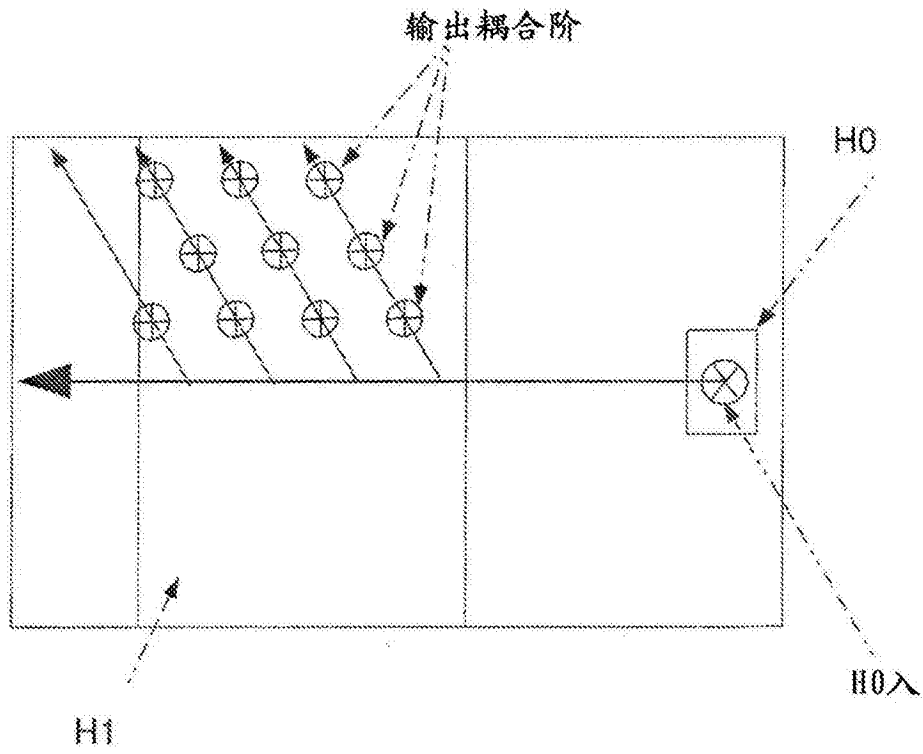


图12

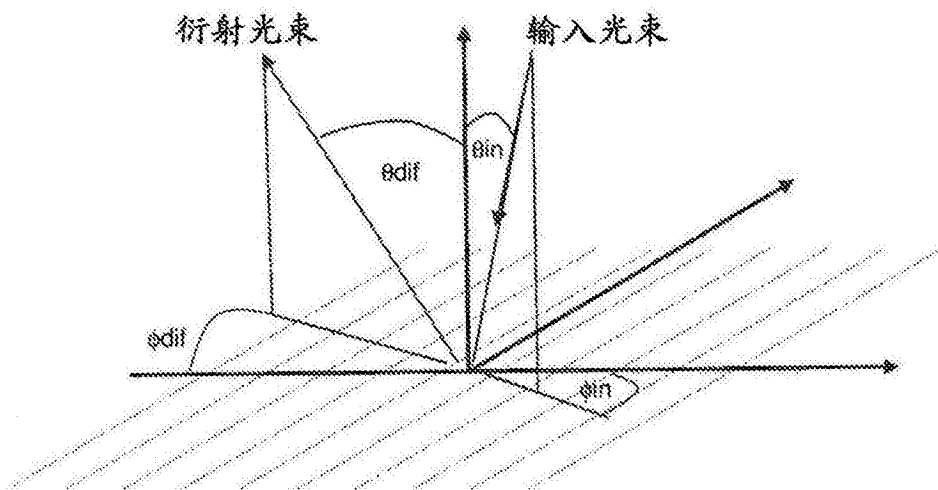


图13

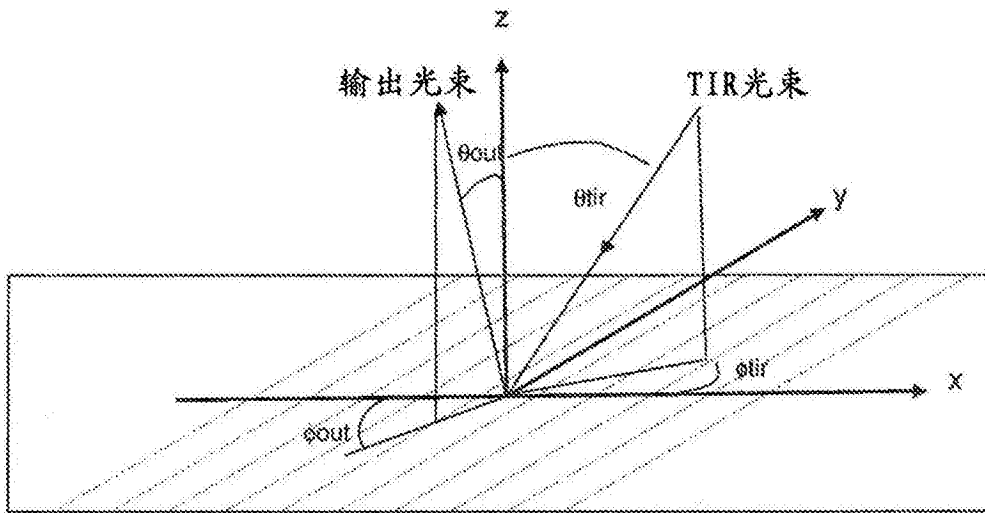


图14

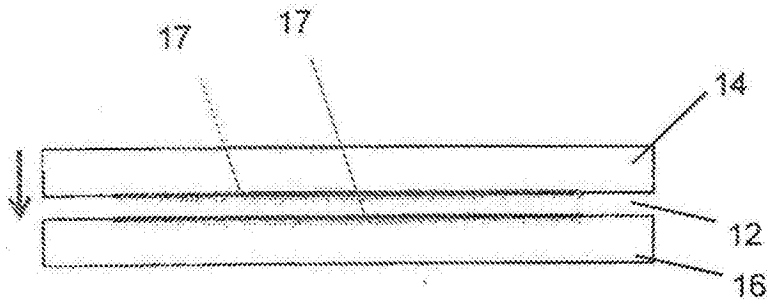


图15A

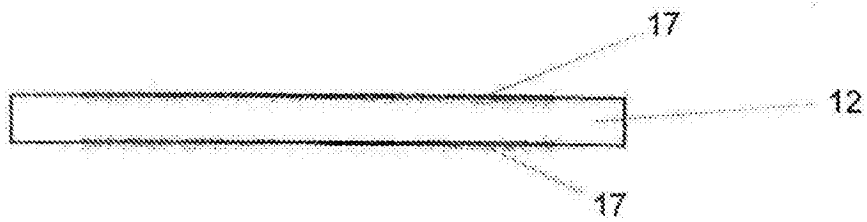


图15B

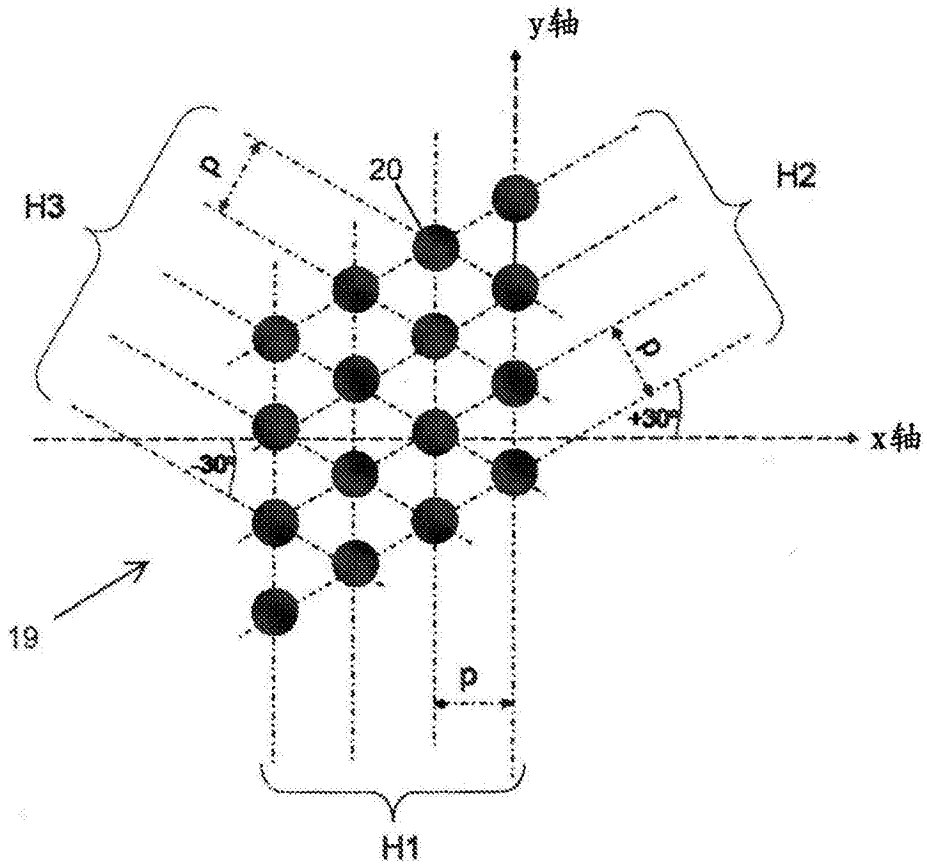


图16

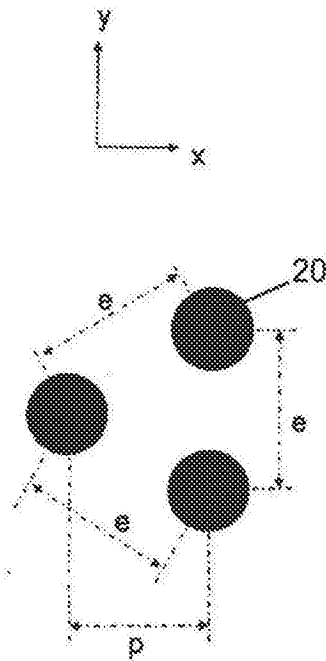


图17

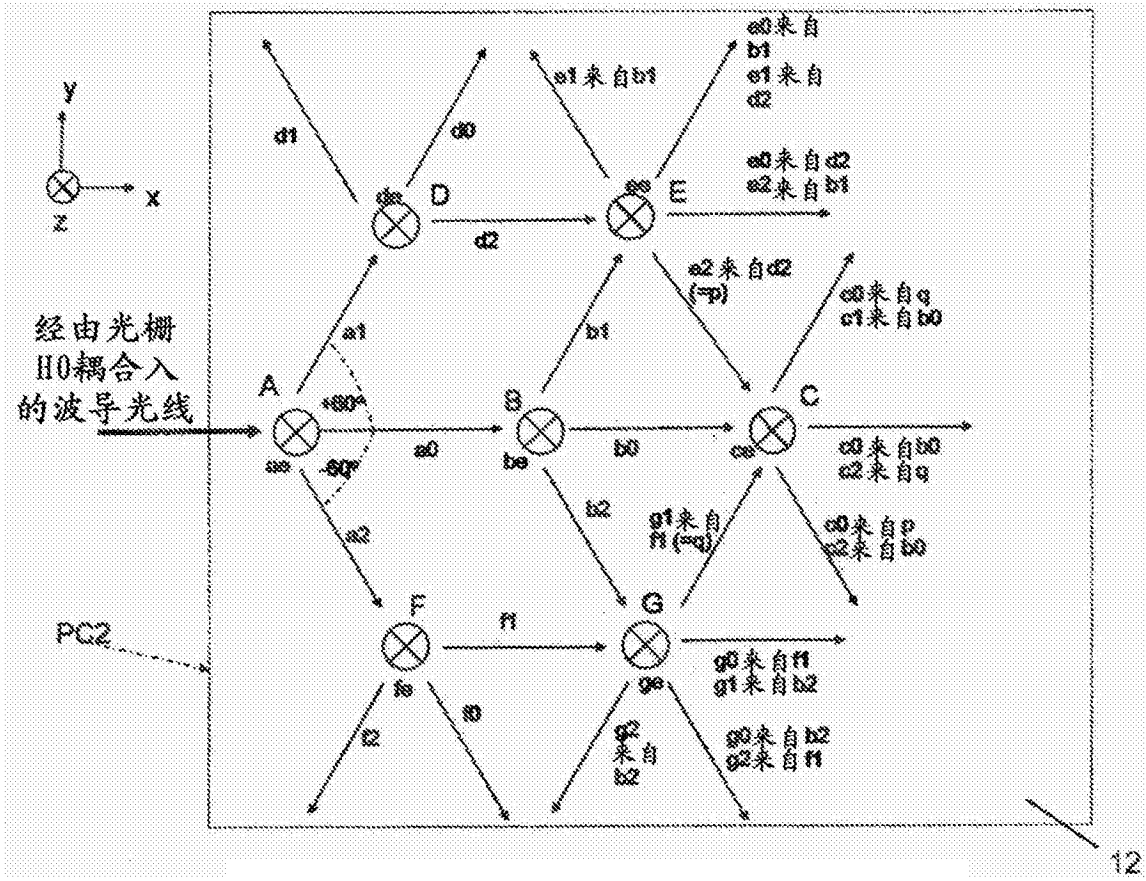


图18

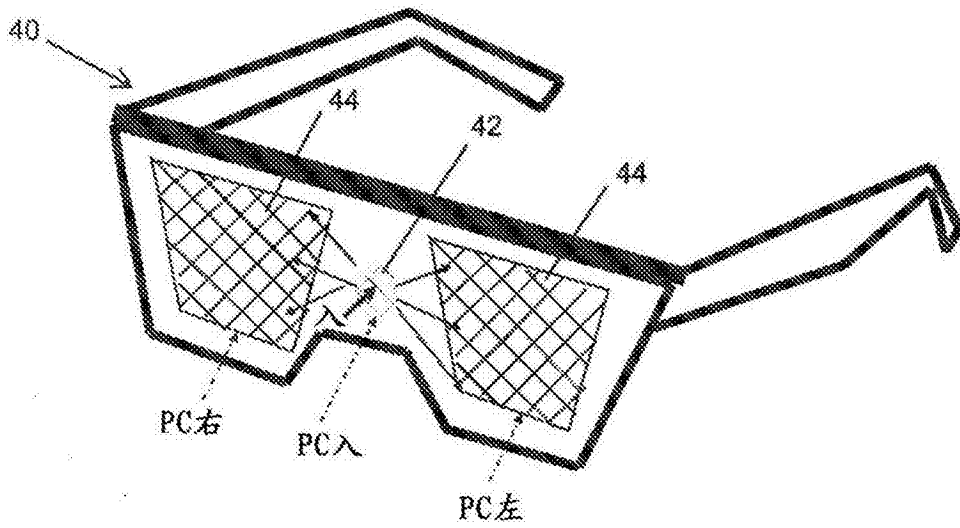


图19

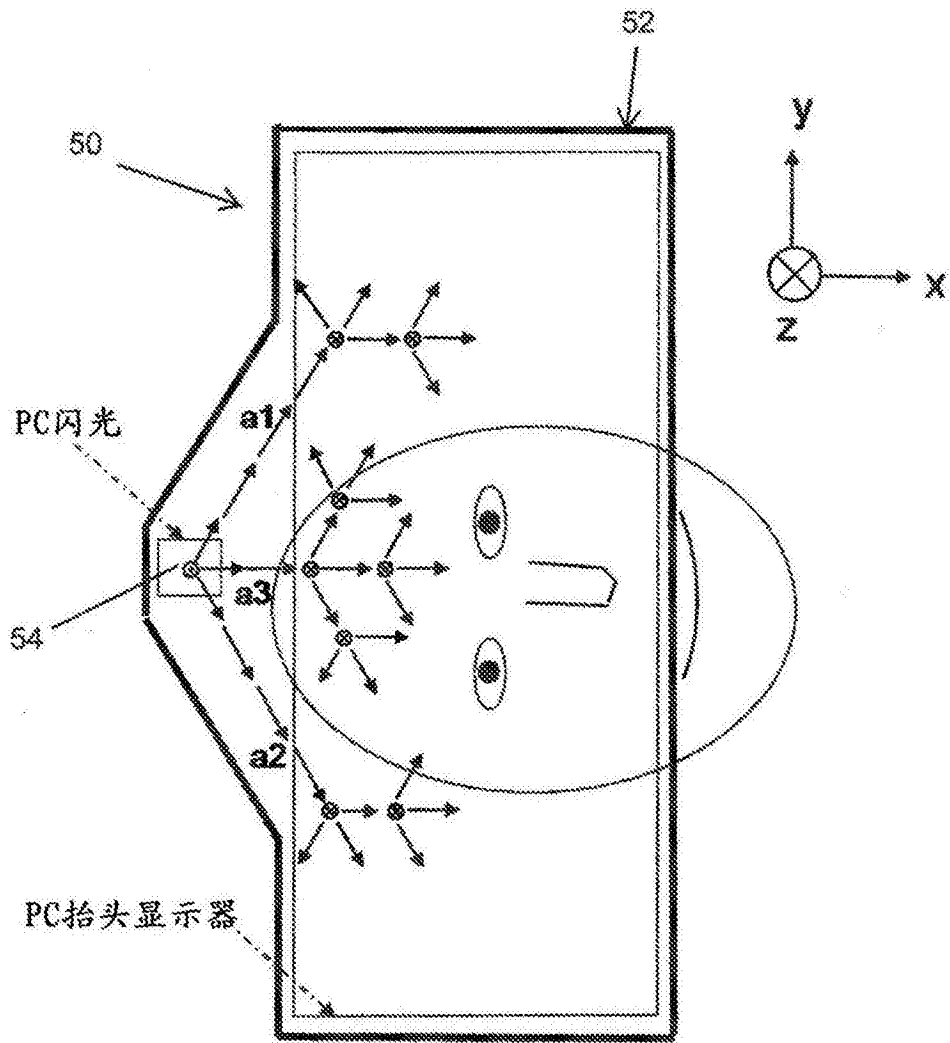


图20