



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109073909 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201780015386.5

(22)申请日 2017.01.05

(30)优先权数据

62/275552 2016.01.06 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.09.05

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/012319 2017.01.05

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/120326 EN 2017.07.13

(71)申请人 伊奎蒂公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 R.J.舒尔茨 P.J.特拉弗斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 周学斌 郑冀之

(51)Int.Cl.

G02B 27/42(2006.01)

G02B 6/122(2006.01)

G02B 27/40(2006.01)

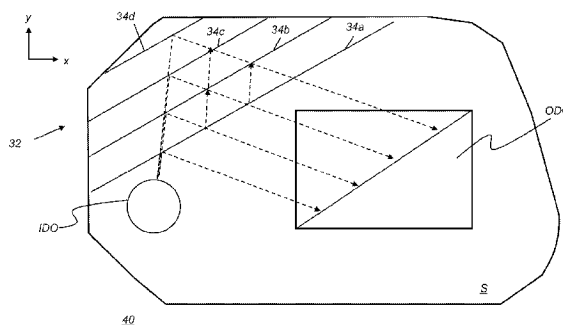
权利要求书2页 说明书10页 附图14页

(54)发明名称

具有反射转向阵列的成像光导

(57)摘要

成像光导具有波导以及形成在波导上并且部署为将承载图像的光束引导至波导中的入耦合衍射光学器件。成阵列的两个或更多至少部分反射表面平行地取向并且部署为在第一维度上扩展来自入耦合衍射光学器件的承载图像的光束,并且朝向出耦合衍射光学器件引导经扩展的承载图像的光束。出耦合衍射光学器件形成在波导上并且部署为在与第一维度正交的第二维度上扩展承载图像的光束,并且朝向观看者眼箱引导承载图像的光束。



1. 一种用于传达虚拟图像的成像光导,包括:
波导;
入耦合衍射光学器件,其具有第一光栅矢量并且部署为将承载图像的光束引导至波导中;
两个或更多至少部分反射表面的反射器阵列,该至少部分反射表面平行地取向并且部署为在第一维度上扩展来自入耦合衍射光学器件的相应承载图像的光束,并且朝向出耦合衍射光学器件引导经扩展的承载图像的光束;以及
出耦合衍射光学器件,其具有与第一光栅矢量平行的第二光栅矢量,并且布置为在与第一维度正交的第二维度上扩展相应承载图像的光束,并且朝向观看者眼箱引导来自波导的承载图像的光束。
2. 权利要求1所述的成像光导,其中反射器阵列的所述两个或更多至少部分反射表面包括第一和第二表面,其中
第一表面是部分反射且部分透射的,并且
第二表面是完全反射的。
3. 权利要求2所述的成像光导,其中第一表面具有长度和沿长度的至少部分变化的反射率值。
4. 权利要求3所述的成像光导,其中第一表面的反射率值沿长度从小于10%反射率到大于50%反射率单调地变化。
5. 权利要求1所述的成像光导,其中入耦合和出耦合衍射光学器件中的至少一个是衍射光栅。
6. 权利要求1所述的成像光导,其中承载图像的光束的第一部分直接透射通过反射器阵列,并且承载图像的光的剩余部分由所述两个或更多至少部分反射表面反射偶数次。
7. 权利要求1所述的成像光导,其中入耦合和出耦合衍射光学器件中的至少一个是体积全息图或者由全息聚合物分散液晶形成。
8. 权利要求1所述的成像光导,其中至少部分反射表面中的一个或多个使用二向色性涂层形成。
9. 权利要求2所述的成像光导,其中反射器阵列的所述两个或更多至少部分反射表面还包括第三表面,其中
第三表面部署在第一和第二表面之间,
第三表面是部分反射且部分透射的,并且
第三表面具有比第一表面的反射率值大的反射率值。
10. 权利要求1所述的成像光导,其中出耦合衍射光学器件和入耦合衍射光学器件具有相同的光栅周期。
11. 权利要求1所述的成像光导,其中反射器阵列相对定位以用于通过倾斜角度在入耦合衍射光学器件和出耦合衍射光学器件之间反射虚拟图像的中心场射线。
12. 一种形成在平坦衬底上以用于传达虚拟图像的成像光导,包括:
 - a) 入耦合衍射光学器件,其形成在衬底上并且具有第一光栅矢量,并且部署为使入射的承载图像的光束衍射以用于沿衬底传播;
 - b) 沿衬底或在衬底内平行地部署的第一和第二至少部分反射表面,以及

c) 出耦合衍射光学器件,其形成在衬底上并且具有与第一光栅矢量平行的第二光栅矢量,并且部署为从衬底向外引导承载图像的光,其中

第一至少部分反射表面是部分反射且部分透射的,

第二至少部分反射表面是更加完全反射的,以及

第一部分反射且部分透射的表面布置为(a)朝向第二更加完全反射的表面向向后反射由第二更加完全反射的表面反射的承载图像的光束的部分以及(b)朝向出耦合衍射光学器件透射由第二更加完全反射的表面反射的承载图像的光束的部分。

13. 权利要求12所述的成像光导,其中第一部分反射且部分透射的表面具有长度和沿长度的至少部分变化的反射率值。

14. 权利要求13所述的成像光导,其中第一部分反射且部分透射的表面的不同反射率值的范围包括从小于10%反射率到大于50%反射率的梯度。

15. 权利要求12所述的成像光导,其中第一和第二至少部分反射表面相对定位以用于通过倾斜角度在入耦合衍射光学器件和出耦合衍射光学器件之间反射虚拟图像的中心场射线。

16. 权利要求12所述的成像光导,其中出耦合衍射光学器件和入耦合衍射光学器件具有相同的光栅周期。

17. 权利要求12所述的成像光导,其中第一和第二至少部分反射表面通过有限的距离间隔开,在所述有限的距离下,相应图像承载射束的第二部分至少大概在途中重叠到出耦合衍射光学器件。

18. 一种制作成像光导的方法,包括:

a) 在平面衬底上形成入耦合衍射光学器件,其中该入耦合衍射光学器件具有第一光栅周期和第一光栅矢量;

b) 在平面衬底上形成出耦合衍射光学器件,其中该出耦合衍射光学器件具有与第一光栅周期相等的第二光栅周期和与第一光栅矢量平行的第二光栅矢量;以及

c) 沿平面衬底或在平面衬底内形成反射器阵列,并且部署为从入耦合衍射光学器件向出耦合衍射光学器件引导衍射光,

其中反射器阵列利用平行地取向的两个或更多至少部分反射表面形成,并且其中所述两个或更多至少部分反射表面中的每一个形成为具有不同的反射率。

19. 权利要求18所述的方法,其中形成入耦合衍射光学器件的步骤包括将入耦合衍射光学器件布置为将入射的承载图像的光束衍射到平面衬底中以用于在衬底内朝向反射器阵列传播,并且形成出耦合衍射光学器件的步骤包括将出耦合衍射光学器件布置为从平面衬底向外衍射从反射器阵列反射的入射的承载图像的光束以用于作为虚拟图像进行观看。

20. 权利要求19所述的方法,其中形成反射器阵列的步骤包括将反射器阵列布置为在第一维度上扩展来自入耦合衍射光学器件的承载图像的光束。

21. 权利要求20所述的方法,其中形成出耦合衍射光学器件的步骤包括将出耦合衍射光学器件布置为在与第一维度正交的第二维度上扩展来自反射器阵列的承载图像的光束。

22. 权利要求21所述的方法,其中形成入耦合衍射光学器件、出耦合衍射光学器件和反射器阵列的步骤包括相对定位反射器阵列以用于通过倾斜角度在入耦合衍射光学器件和出耦合衍射光学器件之间反射虚拟图像的中心场射线。

具有反射转向阵列的成像光导

技术领域

[0001] 本发明大体涉及电子显示器,并且更特别地涉及使用成像光导来向观看者传达承载图像的光的头戴式(近眼)显示器。

背景技术

[0002] 包括以类似于常规眼镜或太阳镜的形式的近眼显示器的头戴式显示器(HMD)正被研发用于各种各样不同的用途,包括军事、商业、工业、消防和娱乐应用。对于这些应用中的许多应用,存在形成虚拟图像方面的特定值,所述虚拟图像可以在视觉上叠覆在位于HMD用户的视场中的真实世界图像之上。并入各种类型波导的光导将承载图像的光中继给窄空间中的观看者,充当用于将虚拟图像再引导到观看者的瞳孔的出瞳扩展器并且使得能够实现其叠加功能。

[0003] 在常规光导中,来自图像源的经准直的角度相关光束通过输入光学耦合件(诸如,入耦合衍射光栅)耦合至光导衬底(一般被称为波导)中,所述输入光学耦合件可以形成在衬底的表面上或者埋在衬底内。其它类型的衍射光学器件可以用作输入耦合件,包括由交替的可变折射率材料形成的衍射结构,诸如,全息聚合物分散液晶(HPDLC)或者体积全息图。衍射光学器件还可以形成为表面释放衍射光栅。经准直的光束可以通过类似的输出光学耦合件而从波导引导出来,该输出光学耦合件也可以采取衍射光学器件的形式。从波导射出的经准直的角度相关射束在距波导的良视距(eye relief distance)处重叠,形成在其内可以观看由图像源生成的虚拟图像的出瞳。在良视距处通过其可以观看虚拟图像的出瞳的区域被称为“眼箱”。

[0004] 输出耦合件还可以布置用于放大出瞳。例如,通过在经准直的射束以其沿输出耦合件传播的方向上使经准直的射束的反射部分部分地偏移,或者通过沿波导从不同位置射出不同角度的经准直的射束,以便在距波导的良视距处更加高效地重叠经准直的射束,可以在一个维度上放大经准直的射束。

[0005] 沿波导位于输入耦合件和输出耦合件之间的所谓的“转向光学器件”可以用于在第二维度上扩展光瞳尺寸。通过使经准直的射束的反射部分偏移以放大射束本身的第二维度,或者通过将经准直的射束引导至输出耦合件的不同区域,使得从不同位置射出不同角度的经准直的射束以便在眼箱内更加高效地重叠,可以实现扩展。转向光学器件还可以采取衍射光学器件的形式,并且特别地,当位于输入耦合件和输出耦合件的衍射光栅之间时,也可以被称为中间光栅。

[0006] 尽管常规成像光导布置已经提供在近眼显示光学器件的体积、重量和总体成本方面的显著降低,但是光栅的总体效率常常受到每一个光栅界面处发生的光学损耗的限制。因为每一个光栅区域可以仅完全优化用于一个特定的视场角和用于一个特定的波长,所以跨虚拟图像的视场或者跨相同虚拟图像的可见光谱的性能可以极大地变化。这对于转向光栅同样如此,所述转向光栅引导从入耦合行进到出耦合衍射光学器件的光。因为相当量的输入光能量在光遇到每一个衍射光学器件时损耗,所以输入图像源必须足够明亮以便补偿

呈现给观看者的虚拟图像中的所损耗的明亮度。

[0007] 因而,可以领会到,存在对图像承载光导的改进的设计的需要,所述图像承载光导仍然提供期望的光瞳扩展,但是在头戴式显示器中提供增强的高效性。

[0008] 在考虑用于成像的光导设计中,应当指出的是,在波导内行进的承载图像的光由输入耦合件有效地编码,而不管耦合机制是使用光栅、全息图、棱镜、反射镜还是某种其它机制。发生在输入处的光的任何反射、折射和/或衍射必须对应地由输出进行解码,以便重新形成呈现给用户的虚拟图像。

[0009] 放置在入耦合和出耦合衍射光学器件之间的中间位置处的转向光栅典型地选择为使得它不会引发关于编码光的任何改变。优选地,转向光栅再引导波导内的任何射线束,但是不会改变虚拟图像的编码角度信息。这样设计的系统中的所得虚拟图像没有旋转。另外,如果这样的系统的确向虚拟图像引入旋转,它将跨光的不同视场角和波长非均匀地这样做,因而引起所得虚拟图像中的不想要的畸变或偏差。

[0010] Amitai的题为“Substrate-Guided Optical Beam Expander”的美国专利号6,829,095公开了以反射镜的形式的输入和输出耦合件,所述反射镜将图像承载光束的集合反射到平面波导中以及从平面波导反射出来。将输出耦合件划分为反射表面的阵列以用于沿一个维度扩展出瞳。在本文中称为转向反射镜的反射表面的中间阵列提供用于在正交维度上扩展出瞳。各种输入、输出和中间反射表面匹配到彼此以便保留图像承载射束的期望角度取向。

[0011] 然而,Amitai描述的类型的一维(1D)光瞳扩展导件已经被证实为是制造起来昂贵且困难的。使用在第二角度集合下取向的反射镜的阵列,将该概念延伸到2D射束扩展,使已经难以对付的制造任务极其复杂,并且引入将极度难以满足的对准要求。

[0012] 因而,转向光栅和转向反射镜二者已经匹配和取向为利用类似类型的输入和输出耦合件(即,光栅与光栅和反射镜与反射镜)进行工作。然而,如果转向光栅用于再引导已经使用反射镜或棱镜输入的光,这将产生结果得到的虚拟图像中的不想要的效应。作为一种考虑,在成像中使用任何类型反射表面的情况下,可以存在入耦合光的不想要的倒转/旋转。

[0013] 从可制造性的角度看,将承载图像的光束输入到波导中以及从波导输出出来的衍射光学器件的使用可以简化一些光学设计问题。然而,仍然存在对允许更好的性能、增加的效率和紧凑的封装布置以用于在平面波导内从输入耦合件向输出耦合件再引导光的光学解决方案的需要。

发明内容

[0014] 本公开的目标是提出紧凑的头戴式(近眼)显示器内的图像呈现技术。有利地,本公开的实施例提供了具有成像光导的可穿戴显示器,所述成像光导提供了放大的光瞳尺寸以用于向观看者呈现高分辨率的宽视场(FOV)内容。

[0015] 在本公开的实施例中,成像装置使用(a)衍射将光引导到平面波导中以及从平面波导引导出来,而同时沿虚拟图像的一个维度提供光瞳扩展,并且使用(b)波导内的反射以用于沿虚拟图像的第二维度的光瞳扩展和光再引导。

[0016] 这种新颖的布置提供了在增大的光学效率和明亮度方面的优点,并且允许更加紧

凑的HMD和相关显示器设计选项,因为在和完全衍射解决方案进行比较时,该布置提供了图像旋转和倒转两者。

[0017] 本发明的这些和其它方面、目标、特征和优点将从随附权利要求和优选实施例的以下详细描述概览以及通过参照附图而更加清楚地理解和领会。

[0018] 根据本公开的一方面,提供了一种成像光导,其包括波导、入耦合衍射光学器件、彼此平行取向的两个或更多的至少部分反射的表面的阵列以及出耦合衍射光学器件。入耦合衍射光学器件将多个光束引导到波导中,每一个光束表示虚拟图像的像素。两个或更多的至少部分反射的表面的阵列在第一维度上扩展来自入耦合衍射光学器件的承载图像的光束,并且朝向出耦合衍射光学器件引导经扩展的承载图像的光束。出耦合衍射光学器件在第二维度上扩展承载图像的光束并且朝向观看者眼箱引导来自波导的承载图像的光束。

附图说明

[0019] 图1是示出了布置为衍射射束扩展器的单目类型成像光导的一种可能配置的简化横截面视图的示意图。

[0020] 图2是示出了布置为具有转向光栅的衍射射束扩展器的成像光导的透视图。

[0021] 图3是示出了根据本公开的实施例的布置为用于单个方向上的扩展的混合射束扩展器的成像光导的透视图,该成像光导使用入耦合和出耦合衍射光学器件和用于使射束转向的反射器。

[0022] 图4是示出了根据本公开的实施例的布置为混合2D射束扩展器的成像光导的透视图,该成像光导使用入耦合和出耦合衍射光学器件以及用于使射束转向的反射器的阵列。

[0023] 图5A是示出了使用反射器阵列提供射束扩展器的成像光导的平面视图。

[0024] 图5B是示出了使用反射器阵列提供射束扩展器的成像光导以及还示出了入射图像的场点的经扩展的部分的平面视图。

[0025] 图6A是示出了采用梯度反射器阵列的成像光导的平面视图。

[0026] 图6B是示出了梯度反射器阵列如何操作的示意图。

[0027] 图6C是示出了梯度反射器的示例性区的平面视图。

[0028] 图6D是示出了布置为具有梯度反射器阵列的射束扩展器的成像光导的透视图。

[0029] 图7是示出了使用本公开的成像光导的用于增强现实观看的显示系统的透视图。

[0030] 图8是示出了使用梯度反射器阵列的本公开的可替换实施例的示意图。

具体实施方式

[0031] 当前的描述特别地针对形成依照本公开的装置的部分或者与依照本公开的装置更加直接地协作的元件。要理解,没有特别地示出或描述的元件可以采取本领域技术人员所公知的各种形式。

[0032] 在本文中使用的情况下,术语“第一”、“第二”等等未必表示任何次序、顺序或优先级关系,而是仅仅用来更加清楚地区分一个元件与另一个元件或者元件集合与另一元件集合,除非以其它方式指定。

[0033] 在本公开的上下文中,术语“观看者”、“操作者”、“观察者”和“用户”被视为等同的并且是指穿戴HMD观看设备的人员。

[0034] 如本文中所使用,术语“可赋能”涉及在接收到电力时以及可选地在接收到启用信号时执行所指示的功能的组件的集合或者设备。

[0035] 如本文中所使用,术语“集合”是指非空集合,如集合的成员或者元素的集群的概念在初等数学中被广泛理解到的那样。除非以其它方式明确地陈述,否则术语“子集”在本文中用来指具有一个或多个成员的非空真子集(也就是说,较大集合的子集)。对于集合S,子集可以包括完整的集合S。然而,集合S的“真子集”严格地包含在集合S中并且排除集合S的至少一个成员。

[0036] 在本公开的上下文中,术语“倾斜”意味着是处于并非90度的整数倍的角度。如果它们以至少大约5度或更远离平行的角度或者以至少大约5度或更远离正交的角度从彼此发散或朝向彼此汇聚,两条线、线性结构或平面例如被视为关于彼此倾斜的。

[0037] 在本公开的上下文中,“反射率”被表达为基于在所考虑的频谱之上从表面反射的光与入射在表面上的光的强度的比例的百分比。

[0038] 在本公开的上下文中,术语“耦合”旨在指示两个或更多组件之间的物理关联、连接、关系或链接,使得一个组件的部署影响将其耦合到它的组件的空间部署。对于机械耦合,两个组件不需要直接接触,但是可以通过一个或更多中间组件链接。用于光学耦合的组件允许将光能量输入光学装置或者从光学装置输出。术语“射束扩展器”和“光瞳扩展器”被视为同义的,在本文中可互换地使用。

[0039] 作为对真实图像投影的可替换形式,光学系统可以产生虚拟图像显示。相比于用于形成真实图像的方法,虚拟图像没有形成在显示表面上。也就是说,如果显示表面定位在虚拟图像的所感知的位置处,没有图像将形成在该表面上。虚拟图像显示器具有用于增强现实显示的数个固有优点。例如,虚拟图像的表现尺寸不受显示表面的尺寸或位置的限制。附加地,用于虚拟图像的源物体可以是小的;作为简单示例,放大镜提供了其物体的虚拟图像。与投影真实图像的系统相比,通过形成看起来相距某一距离的虚拟图像,可以提供更加真实的观看体验。提供虚拟图像还消除了补偿屏幕伪影的任何需要,如在投影真实图像时可能必要的那样。

[0040] 与使用衍射以用于引导成像光导(其向观看者提供虚拟图像显示)内部的光的之前的波导实现方案不同,本公开的成像光导实施例使用反射而不是衍射,以用于在波导内再引导经衍射的光并且用于在一个方向上扩展光瞳。这种布置可以导致改进的效率和明亮度以及关于用于成像光导的图像源的取向的放松的约束。

[0041] 图1是示出了布置为衍射射束扩展器或者出瞳扩展器的常规单目类型成像光导10的一种可能配置的简化横截面视图的示图,该衍射射束扩展器或者出瞳扩展器利用布置在透明且平坦的波导衬底S上、并入输入耦合件(诸如,入耦合衍射光学器件IDO)和输出耦合件(诸如,出耦合衍射光学器件ODO)的波导22形成。在该示例中,入耦合衍射光学器件IDO被示出为布置在波导衬底S的上表面上的反射类型的衍射光学器件。然而,入耦合衍射光学器件IDO可以可替换地是布置在波导衬底S的下表面12上的透射性衍射光学器件,其中传入光束WI首先与波导衬底S交互。衍射光学器件可以形成在波导22上、波导22中、附接到波导22、邻近波导22形成或者以其它方式光学耦合到波导22,并且可以形成为衍射光栅、体积全息图或者其它全息的图案化元件,或者具有将传入的承载图像的光衍射到波导22中或者从波导22衍射出来的划线或其它周期性阵列的其它类型的光学组件。体积全息图可以由交替的

可变折射率材料形成,诸如,全息聚合物分散液晶(HPDLC)。

[0042] 当用作虚拟显示系统的部分时,入耦合衍射光学器件110经由适当的前端光学器件(未示出)向波导22的衬底S中耦合来自成像器的多个角度相关的传入的承载图像的光束WI中的每一个。输入光束WI被入耦合衍射光学器件110衍射。例如,第一阶衍射光作为射束的角度相关集合WG沿衬底S传播,朝向图1系统中的右方、朝向出耦合衍射光学器件120移动。在光栅或其它类型的衍射光学器件之间,通过全内反射(TIR)沿波导22通道传输或引导光。出耦合衍射光学器件120经由沿其长度(即,沿图1的视图中的x轴线)与传播光束WG的多个衍射相遇而促成射束扩展,并且从每一个相遇向外朝向观察者的眼睛的意图位置引导衍射光。

[0043] 图2的透视图示出了布置为已知的射束扩展器的成像光导20,所述射束扩展器使用中间转向光栅TG提供沿x和y轴线的射束扩展以便将光输出(第一衍射模式)从入耦合衍射光学器件110再引导至出耦合衍射光学器件120。在图2设备中,包含具有周期d的周期性划线的入耦合衍射光学器件110将角度相关的传入的输入光束WI作为角度相关射束WG的集合而衍射到波导22中,通过全内反射在初始方向上朝向中间转向光栅TG传播。中间光栅TG由于其在光学路径上的功能而被称为“转向光栅”,根据其光栅矢量在朝向出耦合衍射光学器件120的方向上再引导来自波导22内的射束WG,由此计及入耦合衍射光学器件110和出耦合衍射光学器件120的光栅矢量之间的角度中的差异。具有衍射元件的角度取向和由间隔周期d确定的间隔几何形状的中间光栅TG不仅再引导经内部反射的射束WG,而且还经由沿初始传播方向(即,沿图2的视图中的y轴线)与光束WG的多个衍射相遇而促成射束扩展。出耦合衍射光学器件120经由沿再引导的传播方向(即,沿图2的视图中的x轴线)与光束WG的多个衍射相遇而促成正交射束扩展。

[0044] 一般指定为 k 并且利用下标(其中它们特定于颜色通道内的光)示出的光栅矢量与波导表面的平面平行地延伸,并且分别是在入耦合和出耦合衍射光学器件110和120的周期性方向上。

[0045] 在考虑用于成像的光导设计时,应当指出的是,在波导内行进的承载图像的光由入耦合光学器件有效地编码,而不管入耦合机制是使用光栅、全息图、棱镜、反射镜还是某种其它机制。发生在输入处的光的任何反射、折射和/或衍射必须相应地由输出解码,以便再形成要呈现给观看者的虚拟图像。

[0046] 放置在输入和输出耦合件(诸如,入耦合和出耦合衍射光学器件110和120)之间的中间位置处的转向光栅TG典型地选择为最小化编码光上的任何改变。照此,转向光栅的间距优选地与入耦合和出耦合衍射光学器件110和120的间距匹配。此外,通过以使得编码射线束由转向光栅TG的第一反射阶中的一个转向120度的这种方式使转向光栅取向在相对入耦合和出耦合衍射光学器件110和120的大概60度处,可以保留虚拟图像。转向光栅TG的衍射效应在与转向光栅的光栅矢量平行的传入射线的矢量分量上最显著。如此布置的转向光栅再引导波导衬底内的射线束,同时最小化对虚拟图像的编码角度信息的任何改变。这样设计的系统中的结果得到的虚拟图像没有旋转。如果这样的系统的确对虚拟图像引入任何旋转,旋转效应可以是跨光的不同视场角和波长非均匀分布的,因而引起结果得到的虚拟图像中的不想要的畸变或色差。

[0047] 如设想用于本文描述的某些实施例的转向光栅TG的使用保留对光导20的设计的

固有几何精度,使得输入射束和输出射束关于彼此对称取向。利用恰当的光栅TG间隔和取向,光栅矢量 k 将光从入耦合衍射光学器件110引导到出耦合衍射光学器件120。应当指出,形成用于成像光导观看者的图像是虚拟图像,其聚焦在无穷远处或者至少适当地在光导20的前方,但是具有输出图像内容对所保留的输入图像内容的相对取向。围绕 z 轴线的旋转或者传入光束WI关于 x - y 平面的角度取向中的改变可以引起来自出耦合衍射光学器件(ODO)120的传出光的旋转或角度取向中的对应对称改变。从图像旋转的角度看,转向光栅TG旨在充当一种类型的光学中继器,提供沿图像的一个轴线的扩展,所述图像通过入耦合衍射光学器件(IDO)110被输入并且再引导至出耦合衍射光学器件(ODO)120。转向光栅TG典型地是斜向或方形光栅,或者可替换地,可以是闪耀光栅。反射表面可以可替换地用于使光朝向出耦合衍射光学器件120转向。

[0048] 当使用图2的布置时,提供两个不同维度上的射束扩展。转向光栅TG在 y 方向上扩展来自入耦合衍射光学器件110的衍射射束,如所示。出耦合衍射光学器件120在 x 方向(如所示与 y 方向正交)上进一步扩展衍射射束。

[0049] 在图2中示出的已知成像光导20已经使用在一些现有的头戴式设备(HMD)设计中以用于向观看者提供图像内容。这种类型的射束扩展器特别好地适于增强现实应用,其中图像内容可以叠覆在真实世界视图上,如通过透明成像光导所看到的那样。

[0050] 转向光栅的角度性能可能是有限的。当正确设计时,转向光栅可以最好是用于单个视场角以及在单个波长下的理想解决方案。用于实际再引导光的反射折射次序的效率曲线具有与用于入耦合和出耦合衍射光学器件的那些类似的特性。设计波长的且传播通过系统的中心视场角的射线在一个维度上高效地入耦合(衍射光学器件IDO)、高效地转向和扩展(光栅TG),并且在正交维度上高效地出耦合和扩展(衍射光学器件ODO)。相同波长但是来自极端场点的类似射线将相反地不太高效地耦合进来、不太高效地转向以及不太高效地耦合出来。这导致在跨整个角度场均衡性能、颜色平衡和明亮度方面的困难。

[0051] 常规手持式投影设备(诸如例如微型投影仪)典型地提供具有9:16高宽比的图像内容。常规成像光导设计的角度范围限制进而约束投影仪设备的所允许的取向,典型地阻止了例如HMD中的微型投影仪设备的紧凑封装。作为进一步的约束,总体光效率受限制,如之前所指出的那样。

[0052] 本公开的实施例提供了用于利用放大的观看光瞳或眼箱形成虚拟图像的光学系统。光学系统包括以单个平面波导组件的形式的成像光导,其具有(i)入耦合元件,诸如入耦合衍射光学器件IDO,以用于接受入射的承载图像的光束并且使用TIR沿平面组件至少引导来自入射光束的第一阶衍射光;(ii)出耦合元件,诸如出耦合衍射光学器件ODO,以用于在横向于射束传播方向的第一方向上扩展相应承载图像的光束并且向外引导承载图像的光束以便形成虚拟图像;以及(iii)至少具有在反射率方面彼此不同的第一和第二平行反射表面的反射器阵列,其在横向于射束传播方向且与第一方向正交的第二方向上扩展相应承载图像的光束,并且部署在从入耦合衍射光学器件朝向出耦合衍射光学器件引导衍射光的角度下以用于形成虚拟图像。在使用衍射光学器件的情况下,入耦合和出耦合衍射光学器件IDO和ODO分别优选地具有相同的衍射周期。

[0053] 为了帮助提高布置为射束扩展器的成像光导的总体效率,本公开的实施例使用包封在波导衬底内、附到波导衬底或者以其它方式形成为波导衬底的部分的一个或多个反射

表面,以便执行关于y轴线的转向和射束扩展功能。作为第一示例性实施例,图3示出了布置为波导衬底S上的射束扩展器的光导30,其使用反射器36以用于使输出射束转向。反射器36在波导衬底S的外边缘内或者沿波导衬底S的外边缘形成,布置在分别在入耦合和出耦合衍射光学器件IDO和ODO的周期性的方向上用于光栅矢量的适当角度下。根据本公开的实施例,反射器36反射与入耦合衍射光学器件IDO的光栅矢量平行的光,使得反射光进而与出耦合衍射光学器件ODO的光栅矢量平行。虚线示出了用于成像光导内的衍射第一阶光的光路。如虚线所指示,反射器36改变虚拟图像的取向,有效地倒转虚拟图像内容并且在反射器处以中心场主射线的入射角度的两倍旋转图像,如由该图中的字母“R”所示。如所指出,仅在图3布置中使用出耦合衍射光学器件ODO在一个方向上实现光瞳扩展。

[0054] 图4是示出了根据本公开的实施例的布置为射束扩展器的成像光导30的透视图。光导30分别具有入耦合和出耦合衍射光学器件IDO和ODO,如参照图2和3所描述,并且使用反射器阵列32以用于二维(2D)射束扩展。这种类型的布置在x和y方向上扩展光束输出。反射器阵列32具有三个镜面反射表面,在图4实施例中示出为反射器34a、34b和34c。阵列中的一些镜面反射表面是部分反射的,使得入射在反射器34a上的一些光透射通过至反射器34b;类似地,入射在反射器34b上的一些光透射通过至反射器34c。对于阵列中的接连的反射器,随着反射器距入耦合或出耦合衍射光学器件IDO、ODO进一步分离,反射率增加。序列中最后的或者最后面的反射器,在图4中的示例中的反射器34c,一般具有标称反射比100%。

[0055] 为了提供扩展光瞳中的光的均匀分布,反射器阵列32的接连的反射器34a、34b和34c可以具有不同量的反射率,或者相反地,不同量的透射率。在没有吸收的情况下,用于5反射器实施例的示例性值在以下表格中给出。

[0056] 表格用于5反射器阵列的示例性反射率

反射器	反射率	透射率
1	12%	88%
2	16%	84%
3	23%	77%
4	38%	62%
5	100%	---

[0057] 图5A是布置为射束扩展器的成像光导40的平面视图,其在使用反射器阵列32时追踪从入耦合衍射光学器件IDO到出耦合衍射光学器件ODO的中心场点的轴线光路。在图5A的示例中,反射器阵列32具有四个反射表面,示出为反射器34a、34b、34c和34d。

[0058] 关于图5A的实施例,射束扩展不仅由于透射至反射器34a、34b、34c和34d的光的反射而发生,而且还因为反射光的部分由反射器34a、34b、34c和34d进一步反射而发生。因而,相同的光可以在透射或反射的条件之下多次遇到相同的各个反射器34a、34b、34c和34d。示出了这种多次反射中的一些。如在图5A中所显示的,反射器34a、34b和34c在两侧上都是反射性的,使得光的减弱部分在平行反射表面的每一个组合之间传播。指定用于相应表面中的每一个的反射率计及这些附加反射。还可以指出的是,将存在由于吸收以及由于超出反射器本身或目标输出光栅区域的光传播的一些不可避免的损耗。

[0059] 反射器34a、34b、34c和34d的反射表面之间的间隔是用于维持遍及每一个扩展射束的期望强度轮廓的另一考虑。例如,人们将不想要将单独(像素)射束划分为偏转超出与

相邻小射束的附近重叠的区的小射束,以便避免在眼箱中可观看到的图像中的间隙或明亮度变化。反射表面之间的恰当反射率和间隔还可以产生跨由多个小射束构成的扩展单独(像素)射束的能量的期望分布。一般地,反射器表面之间的距离不应当超出导件衬底S的厚度的大约2.5倍。

[0060] 图5B是布置为射束扩展器的成像光导40的平面视图,所述射束扩展器经修改以示出从中心场点间隔开的场点的再引导,其中光正入射。光的相同角度入射适用于反射器34a、34b、34c和34d中的每一个。

[0061] 图6A示出了布置为使用成像光导22的射束扩展器的成像光导50的可替换实施例,所述成像光导22提供仅使用由梯度反射器阵列42提供的箱体布置中的两个反射器44a和44b来提供反射比的可变量。反射器44b是具有针对可见光的标称反射比100%的标准反射镜。反射器44a具有沿其长度的变化反射比的梯度涂层,分发反射器阵列42内部的反射光以便提供射束扩展。短语“梯度反射率”指示反射率值逐渐地改变,优选地,以连续增加或减小的方式,但是也可以包括反射率中的更多的增量改变,如出于制造或光学性能的目的而可以优选的那样。根据本公开的实施例,在反射器44a的长度部分之上的梯度反射率在从小于10%反射率到大于50%反射率的范围之上单调地连续改变。还可以提供其它范围。

[0062] 图6B是出于清楚起见而选择性地省略图6A的一些成像光导22细节的示意图,其示出了梯度反射器阵列42如何操作,重复地反射来自入耦合衍射光学器件IDO的光,其中可透射区接连地布置。来自入耦合衍射光学器件IDO的衍射光输出初始地穿过反射器44a的完全透射区46a并且被反射器44b反射,反射器44b朝向反射器44a向后引导光。反射器44a的部分透射区46b涂敷为提供反射梯度,作为示例,沿反射器44a的长度范围从75%反射到小于50%反射。透射通过反射器44a的光被向外引导朝向出耦合衍射光学器件ODO。反射器44b在不太反射(诸如,在该示例中66%反射)的反射器44a的片段之上反射已经从区46b返回朝向部分透射区46b反射的入射光。在66%反射的反射器44a的部分之上,大约1/3入射光然后透射至出耦合衍射光学器件ODO的另一部分。减弱量的光重复地在反射器44a和44b之间来回反射,直至来自入耦合衍射光学器件IDO的承载图像的光的最终剩余部分通过梯度反射器44a透射至衍射光学器件ODO。

[0063] 梯度反射器44a的区46a和46b的一种可能的总体布置在图6C中的侧视图中示出。虚线指示沿梯度反射器44a的反射率的局部值。图6D以透视图示出了布置为射束扩展器的成像光导60。反射器44b在所示出的示例中沿成像光导22的边缘形成。可以容易地领会到,本文中针对图6A-6D示例给出的反射率值图示了用于使梯度反射器44a的反射率变化的一般原理,但是不视为约束性的。在任何实施例中实际使用的反射率值可以取决于各种因素,包括光损耗量、涂层公差和其它性能变量。可以可替换地提供具有均匀反射率值的子区,该反射率值沿反射器44a的长度改变。

[0064] 反射器阵列42的梯度反射率可以提供对倾斜角度敏感的附加自由度。尽管简单地扩展各个(像素)射束帮助扩展眼箱,但是典型眼箱仍远小于单个扩展射束的尺寸,因为扩展射束没有在眼箱处完全相交。为了在眼箱处更加完全地相交,在不同方向上传播的各个射束必须从输出光栅内的不同位置出射。为了改进一个维度上相交(即,重叠)的几率,相比另一侧而言,可以将某些角度的射束更多地引导朝向输出光栅的一侧。为了引起这一点,相比其它入射角度,可以使梯度反射表面对于某些入射角度的光选择性地更多反射,使得将

不同角度引导朝向输出光栅的不同侧。使用这种方法由于各个(像素)射束在两个维度上角度编码而复杂化。因而,反射灵敏性应当限于维度中的仅一个。

[0065] 为了得到最佳性能,射束扩展器光学器件将为每一个单独(像素)射束提供其自身的横向能量分布,使得大多数能量到达眼箱并且射束的非重叠部分包含较少能量。阵列32和42的反射表面将输出的各个(像素)射束构造为相对偏移的小射束的各个集群,其中每一个小射束可以在强度和位置二者上变化。本公开的实施例允许反射中间射束扩展器通过跨至少90度的角度范围将光引导朝向出耦合衍射光学器件ODO。光可以沿图像的正交轴线或者之间的某一地方(诸如,以如图5A中示出的倾斜角度)接近出耦合衍射光学器件ODO。用于倾斜角度下的方向的能力可能对于组件定位和封装是有利的。此外,反射器阵列32、42可以提供用于以倾斜角度互连入耦合和出耦合衍射光学器件IDO、ODO之间的中心场射线,同时维持(特别是在出耦合衍射光学器件处)与图像的正交轴线x、y中的一个的对准。

[0066] 图7的透视图示出了使用本公开的成像光导的用于三维(3D)增强现实观看的显示系统60。将显示系统60示出为具有左眼光学系统54l和对应的右眼光学系统54r的HMD,该左眼光学系统54l具有布置为用于左眼的射束扩展器的成像波导50l,该右眼光学系统54r具有布置为用于右眼的射束扩展器的成像光导50r。可以提供图像源52,诸如,微型投影仪或类似设备,其可赋能以便生成用于每一个眼睛的分离图像,形成为具有针对笔直图像显示的所需图像取向的虚拟图像,如之前所述。所生成的图像可以是用于3D观看的立体图像对。由光学系统形成的虚拟图像可以看起来叠覆或叠置到由观看者看到的真实世界场景内容上。还可以提供增强现实可视化领域中的技术人员熟悉的附加组件,诸如,安装在HMD的框架上以用于观看场景内容或观看者凝视追踪的一个或多个相机。

[0067] 图8的平面视图示出了使用梯度反射器阵列42的成像光导22的可替换实施例。利用这种布置,入耦合衍射光学器件IDO相比其它实施例中的情况而言更加紧密地朝向100%反射的反射器44b定位,并且与梯度反射的反射器44a对齐;与梯度反射的反射器44a重合的线L1与入耦合衍射光学器件IDO相交。反射器44a和44b与在周期性的方向上延伸的用于入耦合衍射光学器件IDO的k矢量或光栅矢量成45度。

[0068] 本文描述的实施例使用衍射光学器件以用于入耦合和出耦合功能,并且用于常规波导。必须指出的是,输入和输出耦合可以使用除衍射之外的机制,诸如例如反射,以用于向成像波导中以及从成像波导向外引导角度编码的射束,并且提供期望的射束扩展。

[0069] 射束扩展器制造

形成反射器阵列32或梯度反射器阵列42的反射器可以使用二向色性涂层、金属化涂层或者二向色性和金属化涂层的组合来形成。在光瞳扩展器设备中,用于形成反射器阵列32的方法可以包括玻璃或其它透明衬底的有涂层的单独片段,然后将这些部分拼凑在一起以便形成分段的射束扩展器。

[0070] 成像光导优选地大量制造。平行表面(与成像光导的外表面垂直)可以首先被切割和抛光。块可以是多个成像光导的厚度,其然后可以被涂敷和组装(理想地使用折射率匹配的粘合剂)。这种组装过程可以在自动准直器之下或者利用改型反射斑来执行以便维持恰当的对准。角度对准精度可以是一个虚拟图像像素的角展度的约1/4。实现甚至更精细的分辨率可以要求更加准确的制造实践。

[0071] 对准表面的块可以在垂直于这些表面的方向上切分以便限定成像光导的外表面。

每一个玻璃块然后可以在双行星抛光器之下抛光为高质量平坦的以便形成坯件。经抛光的坯件优选地具有比一弧分更好的平行度。

[0072] 成像光导的最终外部形状可以以适当的方式从坯件切割。

[0073] 在玻璃成像光导坯件的恰当表面准备之后,可以使用例如纳米压印方法形成在成像光导的一个或两个外表面上形成衍射光学器件。

[0074] 本文描述的相同方法适应于使用如例如在图4中示出的多个部分反射表面系统和图6A中示出的梯度反射器系统的实施例,其中指定涂层和表面数目中的差异要求对准。

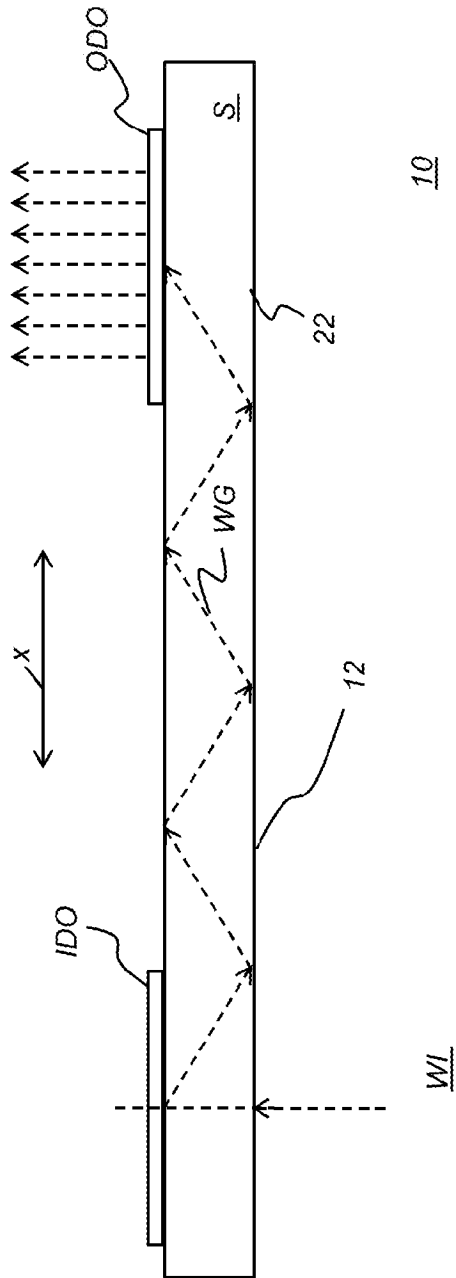
[0075] 可以利用平坦衬底(诸如光学玻璃)形成成像光导,如参照本公开的实施例所描述的。例如,本公开的实施例提供了形成在平坦波导中并且具有形成在衬底上的入耦合衍射光学器件的成像光导,其部署为形成来自表示虚拟图像的像素的每一个入射光束的第一阶衍射光,并且成阵列的两个或更多反射表面沿衬底或在衬底内平行部署,并且其中所述两个或更多反射表面中的至少一个位于由入耦合衍射光学器件形成的第一阶衍射光的路径中。所述两个或更多反射表面部署在将由入耦合衍射光学器件形成的第一阶衍射光朝向出耦合衍射光学器件引导的角度下,所述出耦合衍射光学器件部署为从成像光导向外引导光。出耦合衍射光学器件和入耦合衍射光学器件优选地具有相同的光栅周期,并且所述两个或更多反射表面中的每一个具有不同的反射率。

[0076] 可以有利的以射束扩展器的形式制造光导,其提供具有与输入图像相同的取向的输出图像,在传入的光束WI中提供所述输入图像。此外,可以存在对于具有减小的高度的射束扩展器的优点。图9的透视图和图10A的平面示意图示出了布置为射束扩展器的光导70,其使用梯度反射镜阵列42以便提供这些优点。来自入耦合衍射光学器件IDO的承载图像的光束一般地沿其光栅矢量 k 的方向被引导至梯度反射镜阵列42。梯度反射镜阵列42在所示出的坐标系统中的 y 方向上扩展光束,并且将经扩展的光束引导至出耦合衍射光学器件ODO。出耦合衍射光学器件ODO具有与入耦合衍射光学器件IDO相同的光栅方向(即,光栅方向平行)。因而,用于入耦合和出耦合衍射光学器件的光栅矢量 k 和 k_1 分别同样地平行。

[0077] 如在图10A到10C中最佳地示出的,通过梯度反射镜阵列42的光路引导光,使得每一个承载图像的光束的第一部分直接透射通过反射器阵列,并且每一个射束的承载图像的光的剩余部分通过反射镜阵列42的所述两个或更多至少部分反射表面44a、44b、44c而反射偶数次(2次反射、4次反射、6次反射等)。

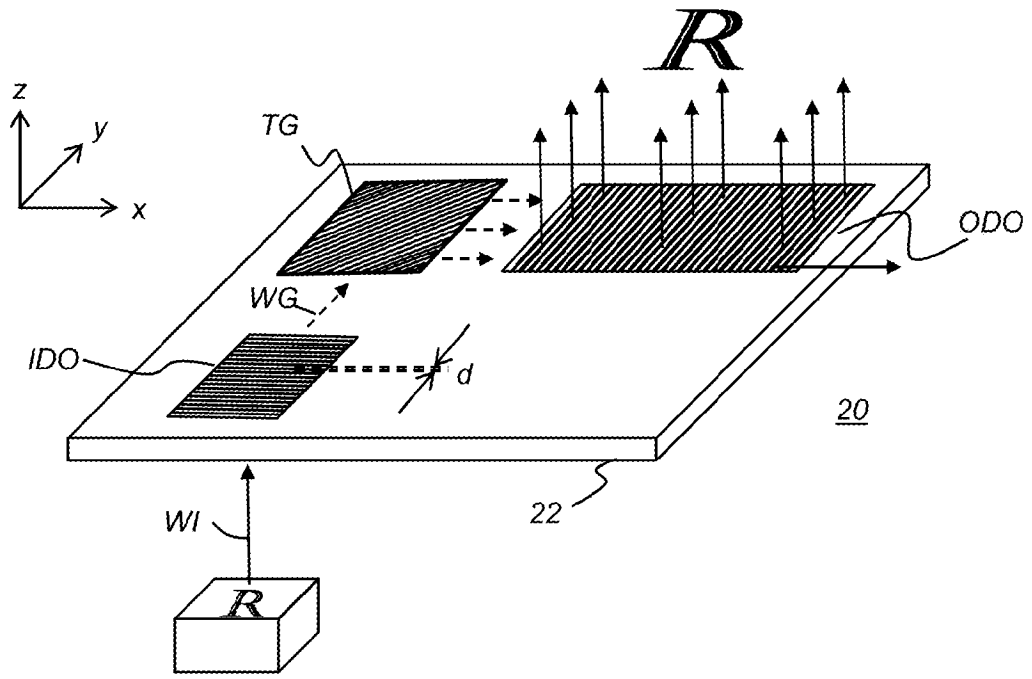
[0078] 图10A和10B示出了基于入耦合衍射光学器件IDO的相对位置而相对于出耦合衍射光学器件ODO部署在不同倾斜角度下的梯度反射镜阵列42。图10C示出了具有多于两个反射表面44a、44b、44c以用于在 y 轴线维度上扩展承载图像的光束的反射镜阵列42。出耦合衍射光学器件ODO然后关于 x 轴线维度扩展承载图像的光。

[0079] 已经特别地参照当前优选的实施例详细地描述了本发明,但是将理解到,可以在本发明的精神和范围内实现变化和修改。当前公开的实施例因此在所有方面中视为说明性而非约束性的。本发明的范围由随附权利要求书指示,并且在其等同方案的含义和范围内的所有改变都意图涵盖在其中。



(现有技术)

图 1



(现有技术)

图 2

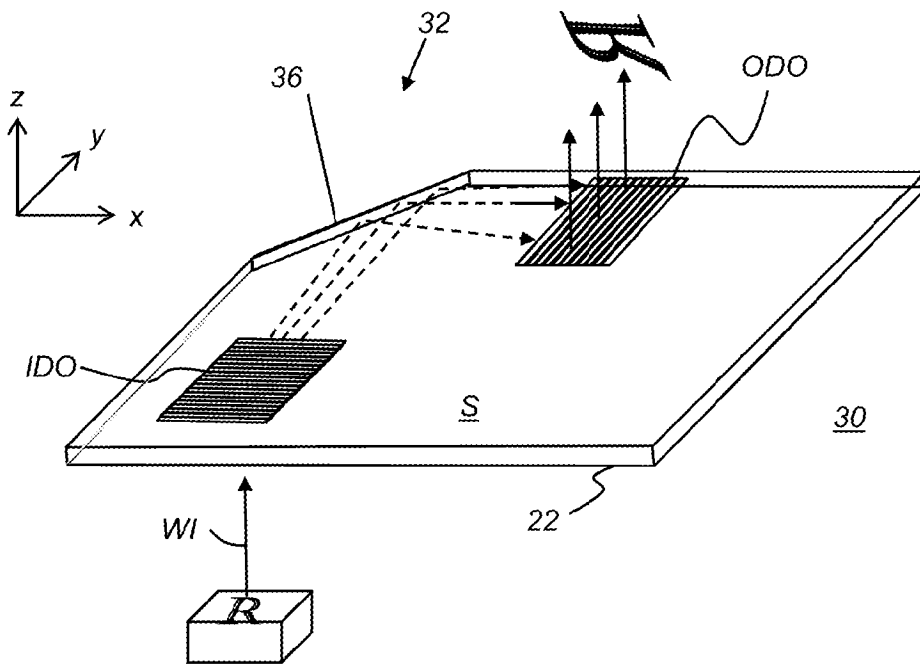


图 3

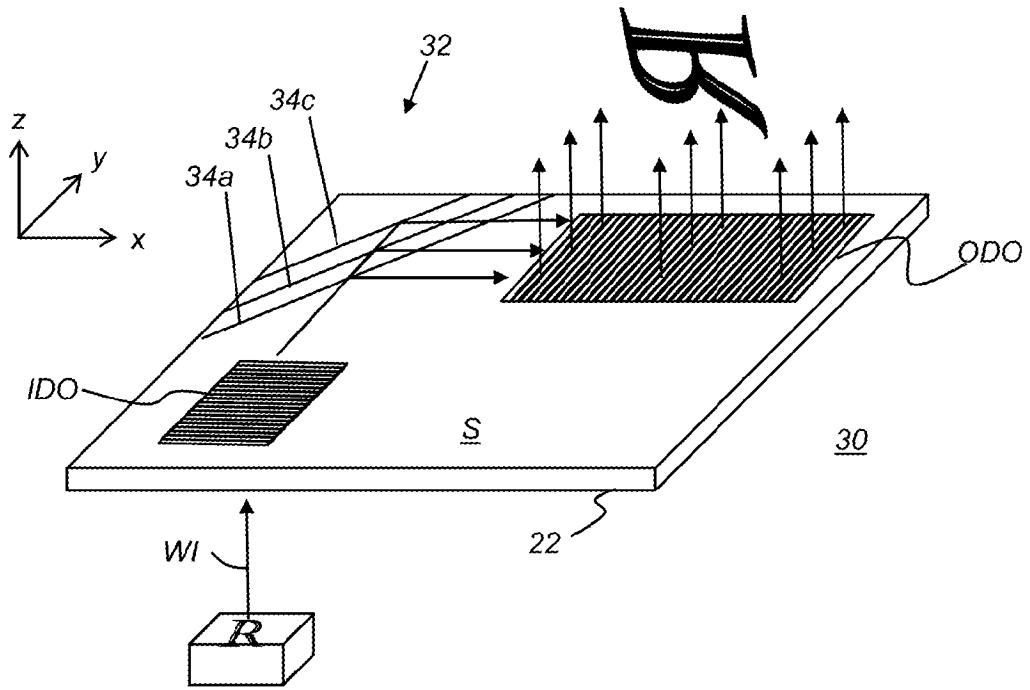


图 4

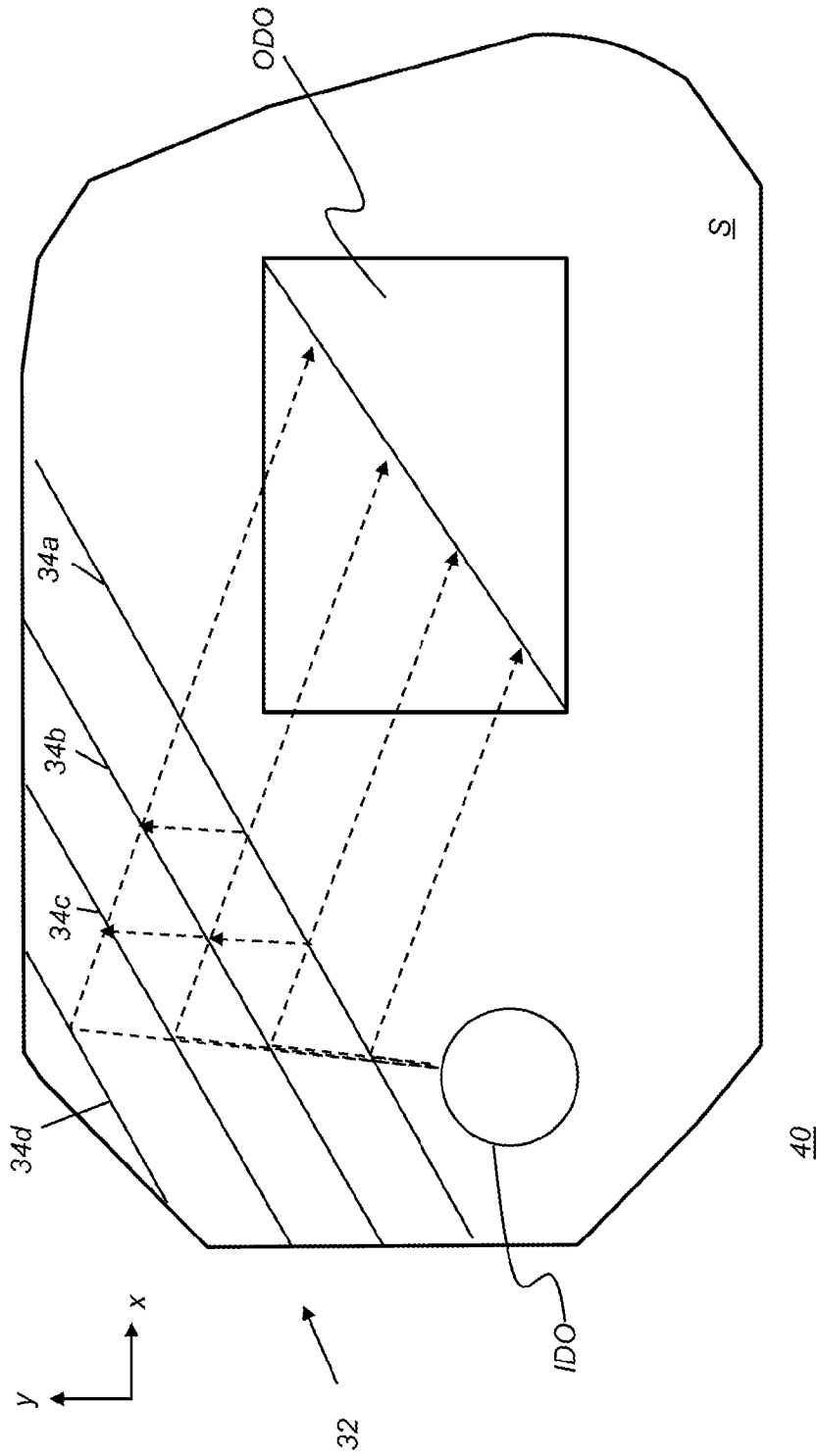


图 5A

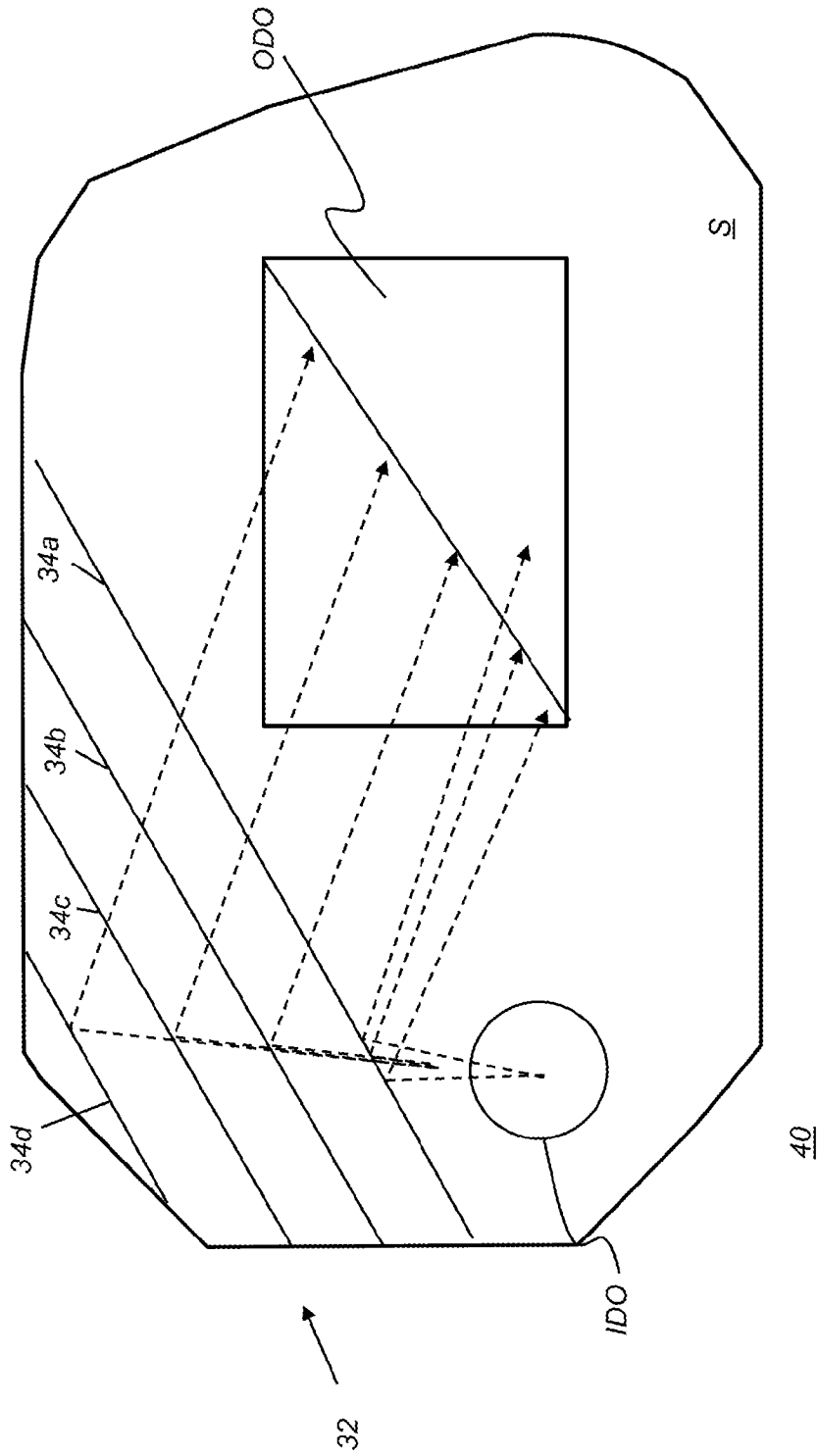


图 5B

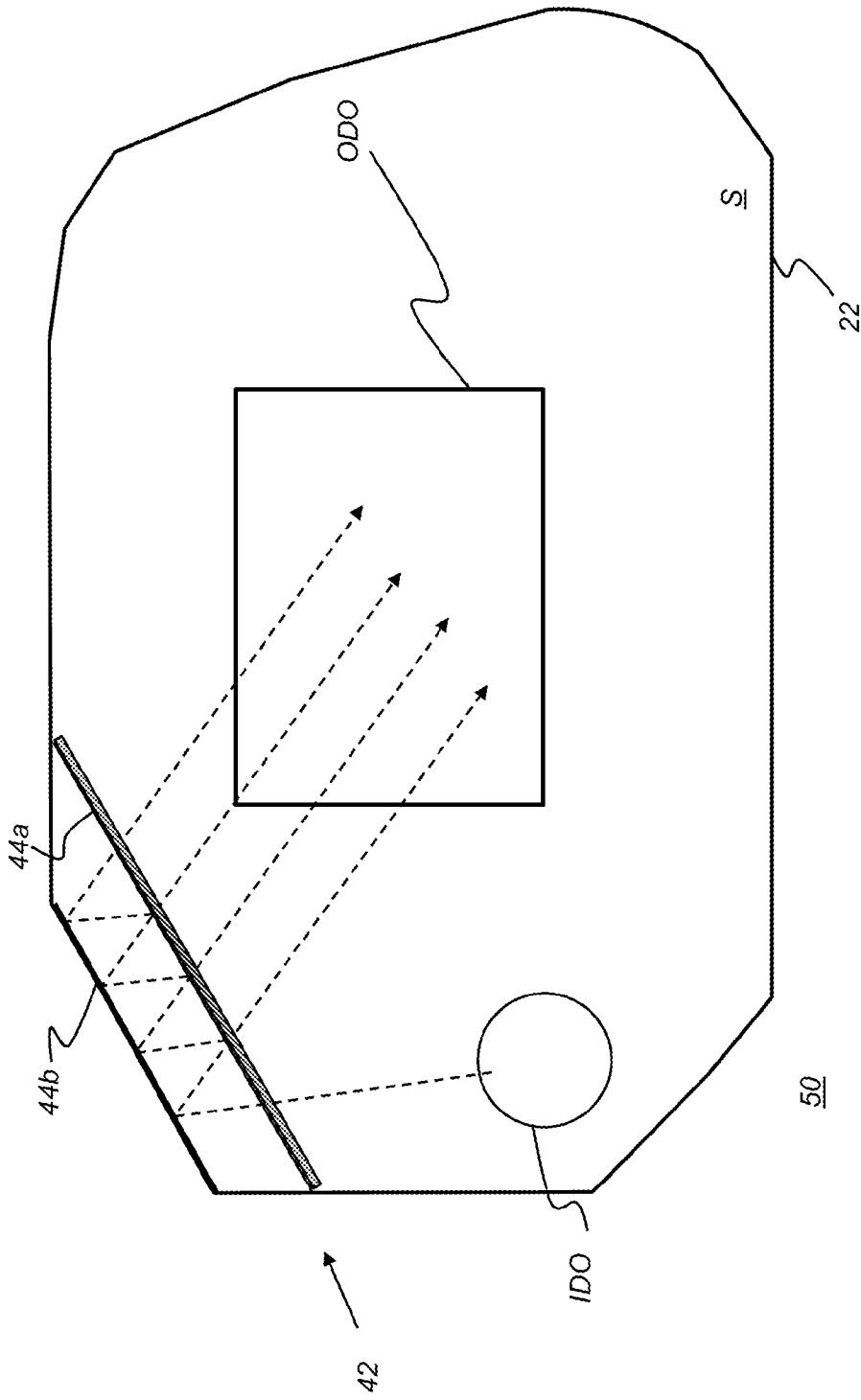


图 6A

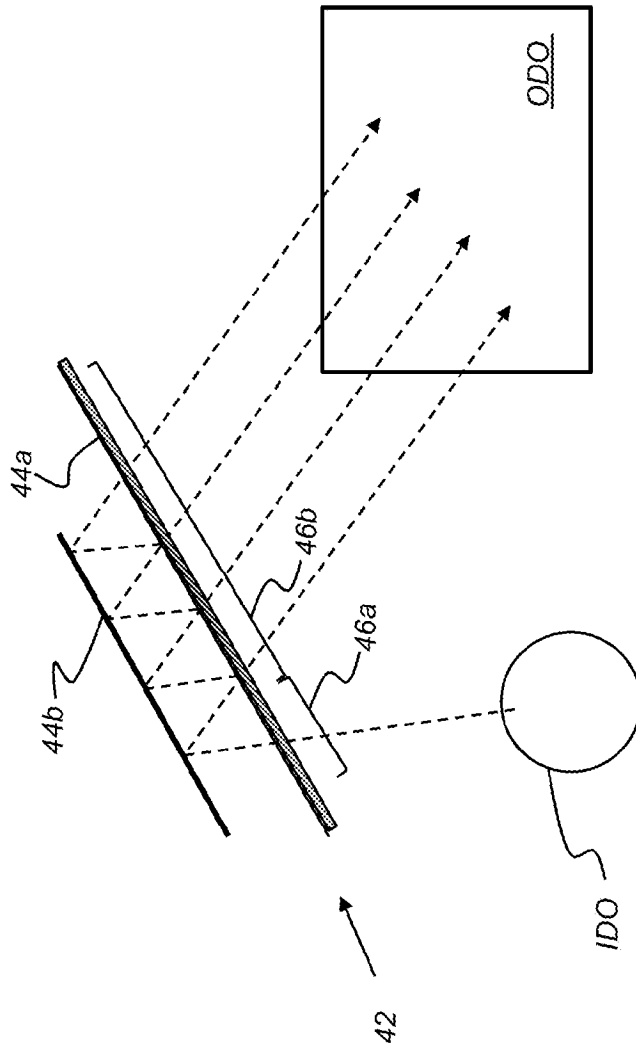


图 6B

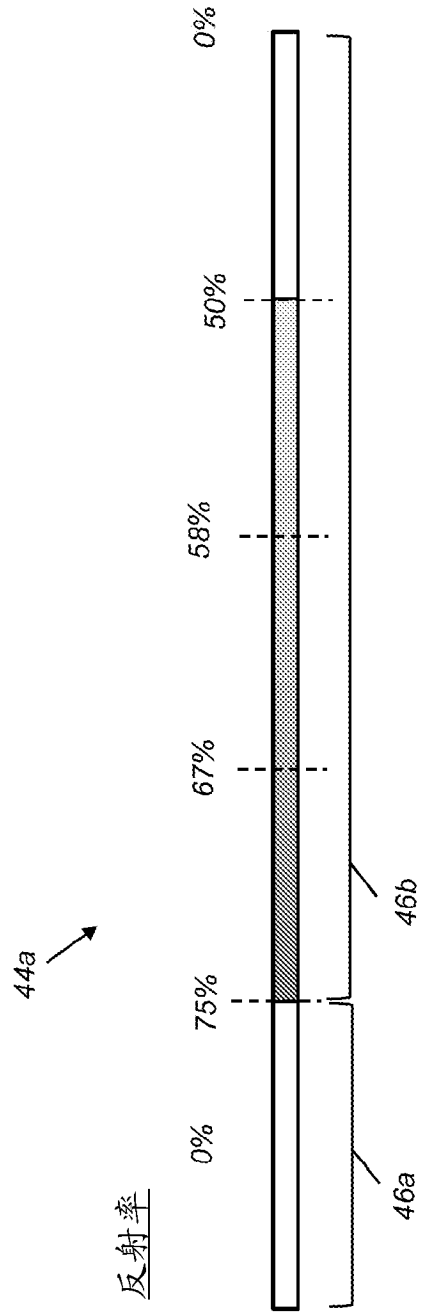


图 6C

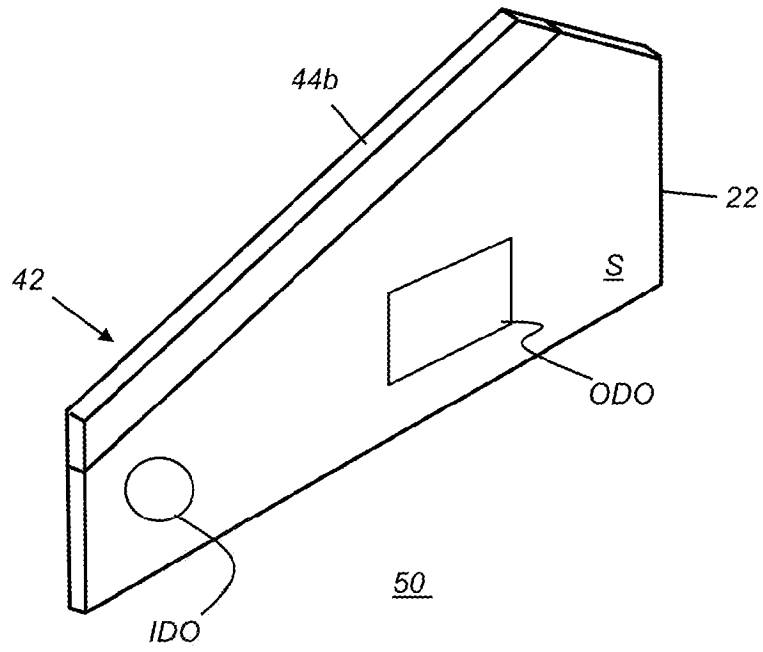


图 6D

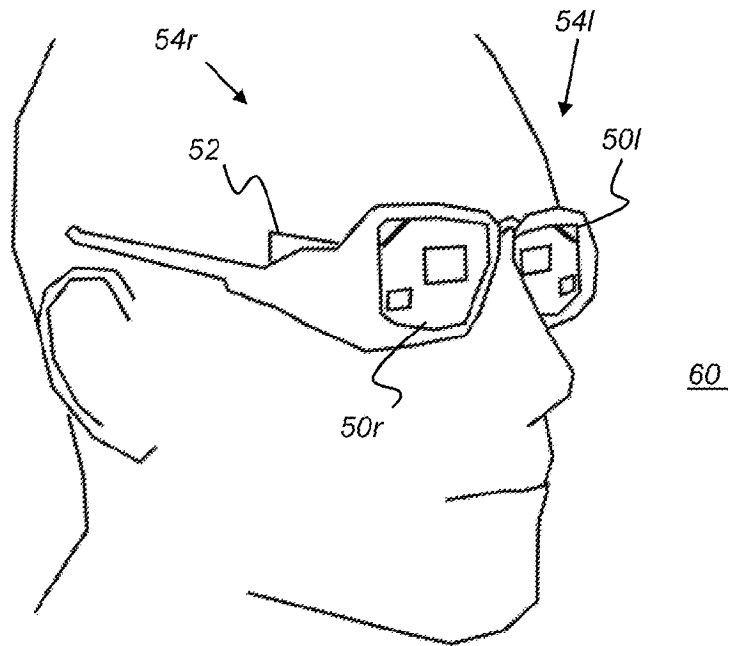


图 7

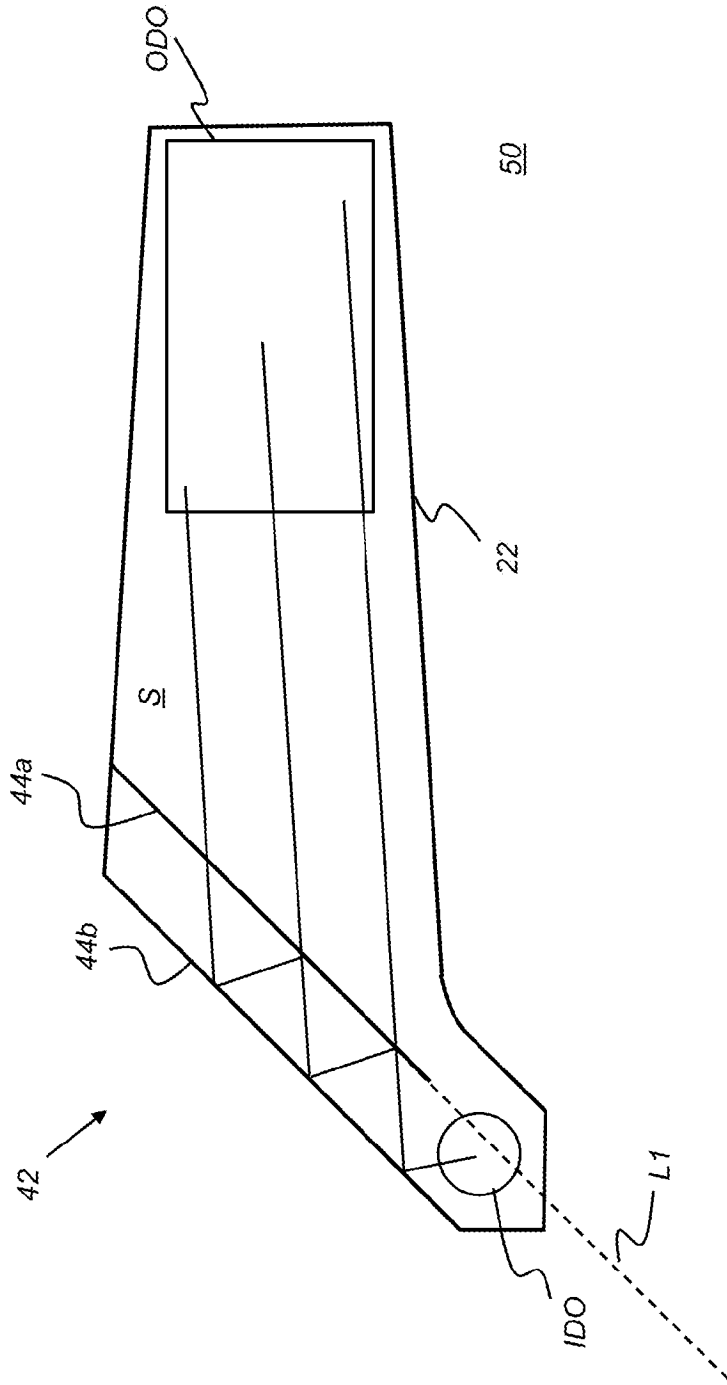


图 8

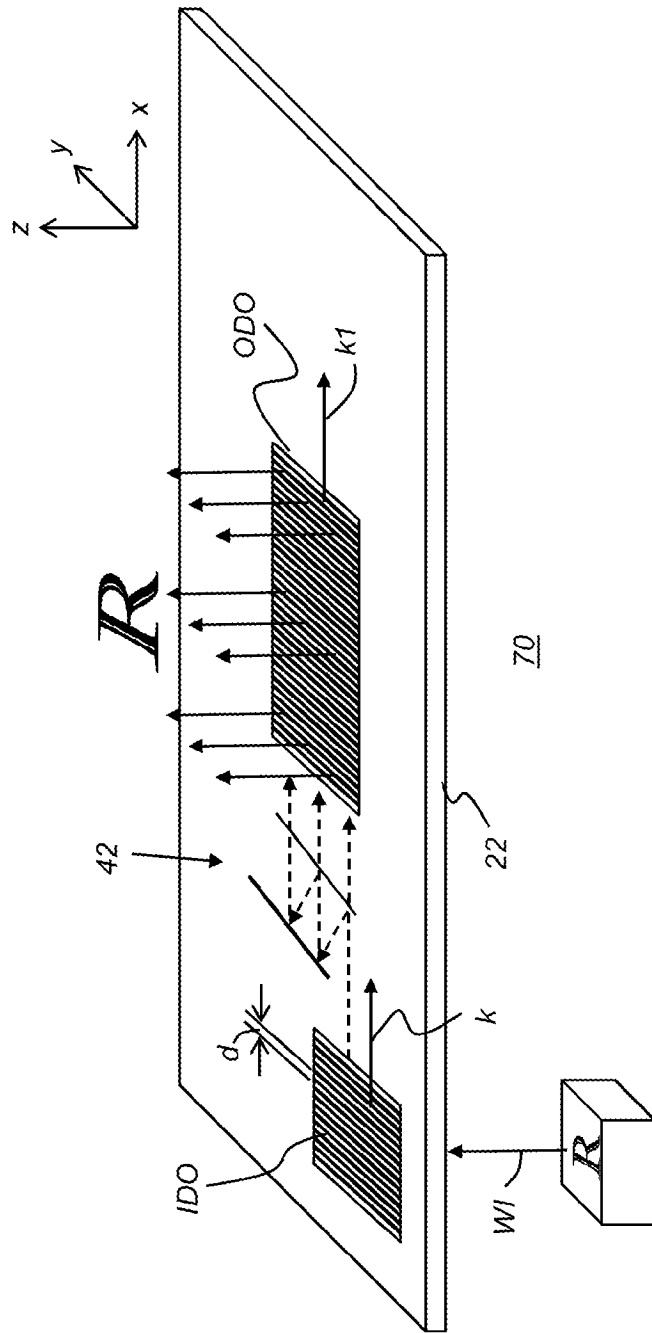


图 9

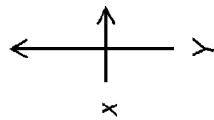
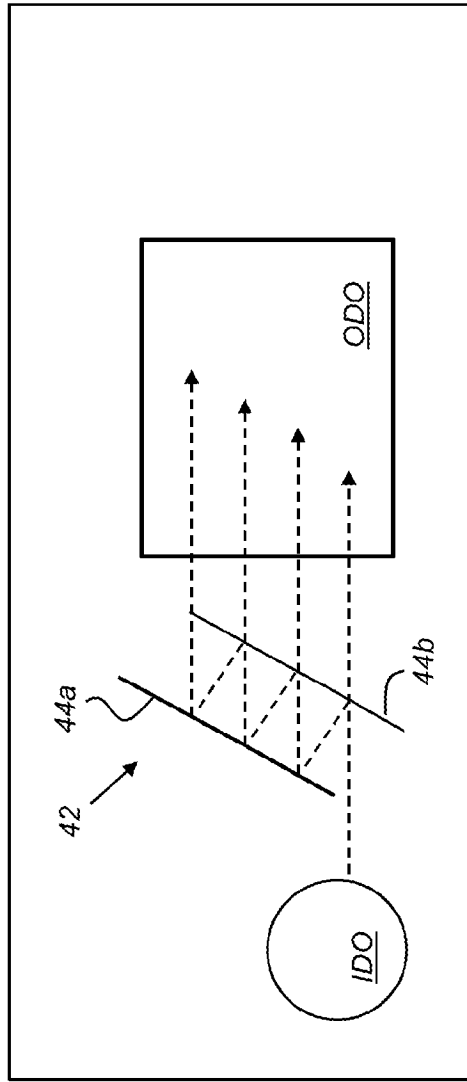
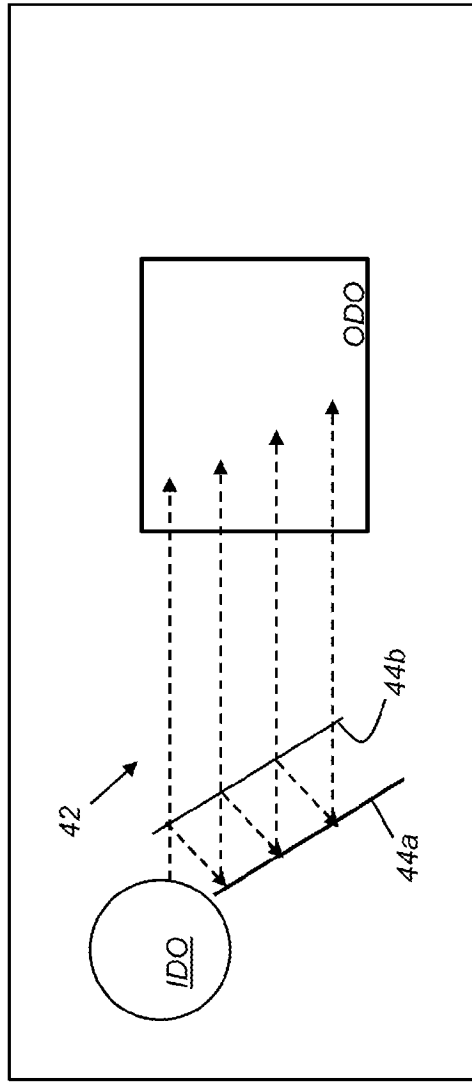
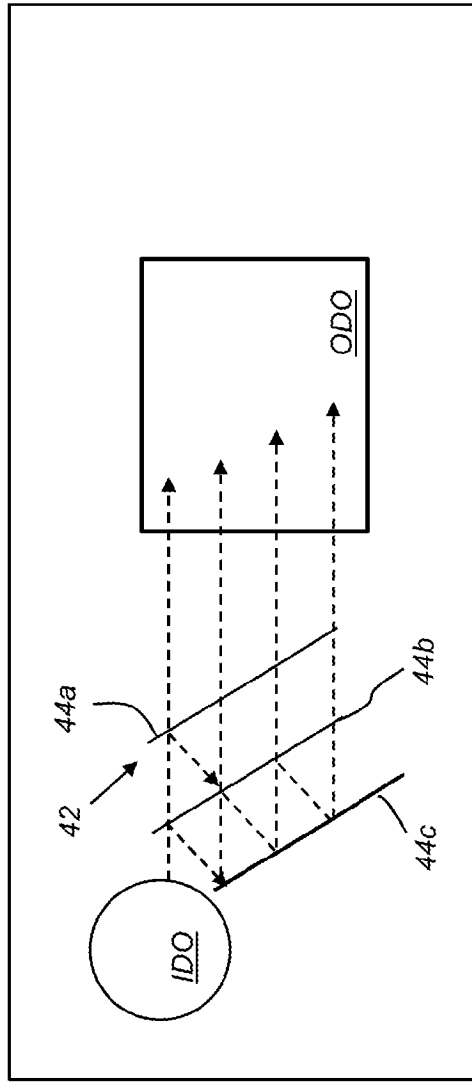


图 10A



70

图 10B



70

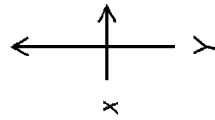


图 10C