



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117940825 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 26

(21) 申请号 202280061496.6

(22) 申请日 2022.09.09

(30) 优先权数据

63/242,740 2021.09.10 US

17/556,888 2021.12.20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/042992 2022.09.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/039124 EN 2023.03.16

(71) 申请人 元平台技术有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 朱塞佩·卡拉菲奥雷 黄宁峰

亚历山大·科舍列夫

(74) 专利代理机构 北京中博世达专利商标代理有限公司 11274

专利代理师 于宁娜 张凯

(51) Int.Cl.

G02B 27/0081 (2006.01)

G02B 27/017 (2006.01)

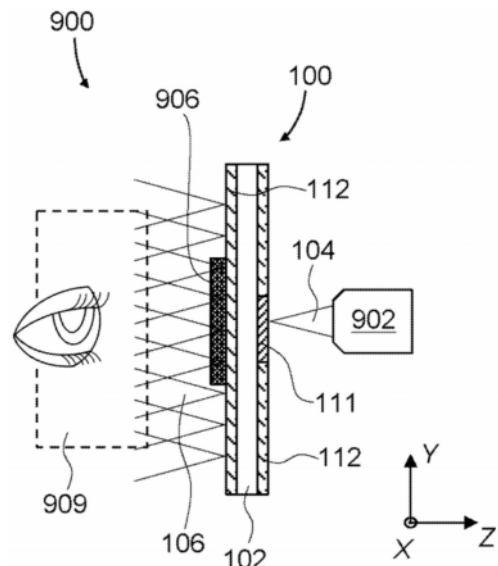
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

具有径向光瞳复制的光导以及基于该光导的视觉显示器

(57) 摘要

一种可在VR显示器中使用的光瞳复制波导可以具有透明材料的平板、由该平板支承在该平板的中心处的输入光栅耦合器、以及由该平板支承并围绕该输入光栅耦合器的输出光栅。该输入光栅耦合器将图像光耦合到该平板中,该图像光通过全内反射在该平板中传播。一个或多个耦出光栅将图像光散布在该输入光栅周围,从而提供宽图像光光束来照亮VR显示器的适眼区。



1. 一种光瞳复制光导,所述光瞳复制光导包括:

透明材料的平板,所述平板用于在其中引导光,所述平板具有平行于平板平面的长度维度和宽度维度、以及垂直于所述平板平面的厚度维度;

第一光栅,所述第一光栅由所述平板支承以用于将所述光耦入到所述平板中;以及

第二光栅,所述第二光栅由所述平板支承,以用于以下中的至少一者:分开所述平板中的所述光;重定向所述平板中的所述光;或从所述平板耦出所述光;

其中,

所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影被设置在所述平板在所述平板平面上的正交投影内;并且

所述第一光栅在所述平板平面上的正交投影被设置在所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影内。

2. 根据权利要求1所述的光瞳复制光导,其中,所述第一光栅在所述平板平面上的正交投影包括所述平板在所述平板平面上的正交投影的中心。

3. 根据权利要求1或2所述的光瞳复制光导,其中,所述第一光栅在所述平板平面上的正交投影包括所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影的中心。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的光瞳复制光导,其中,

所述平板包括沿所述厚度维度的由平板厚度隔开的第一外表面和第二外表面;

所述第一光栅被设置成靠近所述第一表面;并且

所述第二光栅被设置成靠近所述第一表面。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的光瞳复制光导,其中,

所述平板包括沿所述厚度维度的由平板厚度隔开的第一外表面和第二外表面;

所述第一光栅被设置成靠近所述第一表面;并且

所述第二光栅被设置成靠近所述第二表面;

所述光瞳复制光导还包括第三光栅,所述第三光栅由所述平板支承并靠近所述平板的所述第一表面,以用于以下中的至少一者:分开所述平板中的所述光;重定向所述平板中的所述光;或从所述平板耦出所述光。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的光瞳复制光导,其中,所述第二光栅被配置成重定向所述平板中的所述光,所述光瞳复制光导还包括周边光栅,所述周边光栅由所述平板支承并且被设置成靠近所述平板的周边,并且所述周边光栅被配置成将由所述第二光栅重定向的光反射回所述第二光栅。

7. 根据权利要求6所述的光瞳复制光导,其中,所述周边光栅在所述平板平面上的正交投影包围所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的光瞳复制光导,其中,所述第二光栅为2D光栅。

9. 一种近眼显示器(NED),所述NED包括:

光瞳复制光导,所述光瞳复制光导包括:

透明材料的平板,所述平板用于在其中引导图像光,所述平板具有平行于平板平面的长度维度和宽度维度、以及垂直于所述平板平面的厚度维度;

第一光栅,所述第一光栅由所述平板支承,以用于将所述图像光耦入到所述平板中;以及

第二光栅,所述第二光栅由所述平板支承,以用于以下中的至少一者:分开所述平板中的所述图像光;重定向所述平板中的所述图像光;或从所述平板耦出所述图像光;

其中,

所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影被设置在所述平板在所述平板平面上的正交投影内;并且

所述第一光栅在所述平板平面上的正交投影被设置在所述第二光栅在所述平板平面上的正交投影内;

所述NED还包括投射器,所述投射器用于向所述光瞳复制光导的所述第一光栅提供所述图像光,所述图像光携带角域中的图像。

10. 根据权利要求9所述的NED,其中,所述第一光栅在所述平板平面上的正交投影被设置在所述平板在所述平板平面上的正交投影的中心区域内,其中,所述中心区域不大于所述平板在所述平板平面上的正交投影的面积50%;和/或优选地,其中,所述NED为虚拟现实(VR)显示器。

11. 根据权利要求9或10所述的NED,其中,在操作中,所述光瞳复制光导在所述平板平面中扩展所述图像光,并且将在所述平板平面中扩展的图像光耦合到所述NED的适眼区。

12. 根据权利要求9至11中任一项所述的NED,所述NED还包括衰减器,所述衰减器沿着所述平板平面在所述第一光栅下游和所述适眼区上游延伸,以用于使所述图像光穿过所述平板传播到所述适眼区的部分衰减;和/或优选地,其中,所述衰减器被预先配置成减小所述适眼区处的所述图像光的光功率密度的空间变化;和/或优选地,其中,所述衰减器包括液晶阵列。

13. 一种光瞳复制光导,所述光瞳复制光导包括:

透明材料的平板,所述平板具有第一外表面、第二外表面和中心区域,所述第一外表面和第二外表面是平行的;

耦入光栅,所述耦入光栅耦接到所述平板的所述中心区域,以用于将具有参数的角分布的图像光耦入到所述平板的所述中心区域以通过来自所述第一外表面和所述第二外表面的一系列反射在所述平板中传播;以及

至少一个耦出光栅,所述至少一个耦出光栅耦接到所述平板,以用于分开、重定向以及耦出通过所述耦入光栅耦入到所述平板中的所述图像光,其中,所述图像光在所述耦入光栅周围的位置处从所述平板耦出,同时基本上保持耦出的图像光的参数的角分布。

14. 根据权利要求13所述的光瞳复制光导,其中,所述至少一个耦出光栅包括2D光栅;和/或优选地,其中,所述耦入光栅和所述至少一个耦出光栅耦接到所述平板的所述第一外表面或所述第二外表面中的至少一者。

15. 根据权利要求13或14所述的光瞳复制光导,其中,所述平板的中心区域不大于所述平板的总面积的50%;和/或优选地,所述光瞳复制光导还包括周边光栅,所述周边光栅由所述平板支承、被设置成靠近所述平板的周边、并且被配置成将由所述耦出光栅重定向的光反射回所述耦出光栅。

具有径向光瞳复制的光导以及基于该光导的视觉显示器

技术领域

[0001] 本公开涉及视觉显示器以及相关部件和模块。

背景技术

[0002] 视觉显示器用于向一位或多位观看者提供信息,这些信息包括静止图像、视频、数据等。视觉显示器在不同领域具有应用,仅举几例,这些领域包括娱乐、教育、工程、科学、专业培训、广告等。一些视觉显示器(例如,电视机)向数位用户显示图像,而一些视觉显示系统(例如,近眼显示器(near-eye display,NED)旨在供个体用户使用。

[0003] 人工现实系统通常包括被配置成向用户呈现内容的NED(例如,头戴式设备(headset)或一副眼镜)。近眼显示器可以显示虚拟对象或将真实对象的图像与虚拟对象的图像进行组合,如在虚拟现实(virtual reality,VR)应用、增强现实(augmented reality,AR)应用或混合现实(mixed reality,MR)应用中那样。例如,在AR系统中,用户可以通过透视“组合器”部件来观看与周围环境叠加的虚拟对象的图像(例如,计算机生成的图像(computer-generated image,CGI))。可穿戴显示器的组合器通常对外部光是透明的,但包括一些光路由器件以将显示光引导到用户的视场中。

[0004] 因为HMD或NED的显示器通常佩戴在用户的头部上,所以具有沉重电池的大型、体积庞大且笨重、不平衡和/或沉重的显示设备对于用户穿戴来说将是麻烦的且是不舒适的。因此,头戴式显示设备可以受益于紧凑且高效的显示结构,该显示结构包括紧凑且高效的图像投射器、光导、成像光学器件、目镜等。

发明内容

[0005] 根据本公开的第一方面,提供了一种光瞳复制光导,该光瞳复制光导包括:透明材料的平板、第一光栅和第二光栅,该平板用于在其中引导光,该平板具有平行于平板平面的长度维度和宽度维度、以及垂直于该平板平面的厚度维度;该第一光栅由该平板支承,以用于将光耦入到该平板中;该第二光栅由该平板支承,以用于以下中的至少一者:分开该平板中的光;重定向该平板中的光;或从该平板耦出光;其中:该第二光栅在该平板平面上的正交投影被设置在该平板在该平板平面上的正交投影内;并且该第一光栅在该平板平面上的正交投影被设置在该第二光栅在该平板平面上的正交投影内。

[0006] 在一些实施例中,该第一光栅在该平板平面上的正交投影包括该平板在该平板平面上的正交投影的中心。

[0007] 在一些实施例中,该第一光栅在该平板平面上的正交投影包括该第二光栅在该平板平面上的正交投影的中心。

[0008] 在一些实施例中,该平板包括沿该厚度维度的由平板厚度隔开的第一外表面和第二外表面;该第一光栅被设置成靠近该第一表面;并且该第二光栅被设置成靠近该第一表面。

[0009] 在一些实施例中,该平板包括沿该厚度维度的由平板厚度隔开的第一外表面和第

二外表面;该第一光栅被设置成靠近该第一表面;并且该第二光栅被设置成靠近该第二表面;该光瞳复制光导还包括第三光栅,该第三光栅由该平板支承并靠近该平板的第一表面,以用于以下中的至少一者:分开该平板中的光;重定向该平板中的光;或从该平板耦出光。

[0010] 在一些实施例中,该第二光栅被配置成重定向该平板中的光,该光瞳复制光导还包括周边光栅,该周边光栅由该平板支承并且被设置成靠近该平板的周边,并且该周边光栅被配置成将由该第二光栅重定向的光反射回该第二光栅。

[0011] 在一些实施例中,该周边光栅在该平板平面上的正交投影包围该第二光栅在该平板平面上的正交投影。

[0012] 在一些实施例中,该第二光栅为2D光栅。

[0013] 根据本公开的第二方面,提供了一种近眼显示器(NED),该NED包括:光瞳复制光导,该光瞳复制光导包括:透明材料的平板、第一光栅和第二光栅,该平板用于在其中引导图像光,该平板具有平行于平板平面的长度维度和宽度维度、以及垂直于该平板平面的厚度维度;该第一光栅由该平板支承,以用于将该图像光耦入到该平板中;该第二光栅由该平板支承,以用于以下中的至少一者:分开该平板中的图像光;重定向该平板中的图像光;或从该平板耦出图像光;其中:该第二光栅在该平板平面上的正交投影被设置在该平板在该平板平面上的正交投影内;并且该第一光栅在该平板平面上的正交投影被设置在该第二光栅在该平板平面上的正交投影内;该NED还包括投射器,该投射器用于向该光瞳复制光导的该第一光栅提供该图像光,该图像光携带角域中的图像。

[0014] 在一些实施例中,该第一光栅在该平板平面上的正交投影被设置在该平板在该平板平面上的正交投影的中心区域内,其中,该中心区域不大于该平板在该平板平面上的正交投影的面积50%。

[0015] 在一些实施例中,该NED为虚拟现实(VR)显示器。

[0016] 在一些实施例中,在操作中,该光瞳复制光导在该平板平面中扩展该图像光,并且将在该平板平面中扩展的图像光耦合到该NED的适眼区。

[0017] 在一些实施例中,该NED还包括衰减器,该衰减器沿着该平板平面在该第一光栅下游和该适眼区上游延伸,以用于使该图像光的穿过该平板传播到该适眼区的部分衰减。

[0018] 在一些实施例中,该衰减器被预先配置成减小该适眼区处的该图像光的光功率密度的空间变化。

[0019] 在一些实施例中,该衰减器包括液晶阵列。

[0020] 根据本公开的第三方面,提供了一种光瞳复制光导,该光瞳复制光导包括:透明材料的平板、耦入光栅和至少一个耦出光栅。该平板具有第一外表面、第二外表面和中心区域,该第一外表面和该第二外表面是平行的;该耦入光栅耦接到该平板的该中心区域,以用于将具有参数的角分布的图像光耦入到该平板的该中心区域以通过来自该第一外表面和该第二外表面的一系列反射在该平板中传播;该至少一个耦出光栅耦接到该平板,以用于分开、重定向以及耦出通过该耦入光栅耦入到该平板的图像光,其中,该图像光在该耦入光栅周围的位置处从该平板耦出,同时基本上保持耦出的图像光的参数的角分布。

[0021] 在一些实施例中,该至少一个耦出光栅包括2D光栅。

[0022] 在一些实施例中,该耦入光栅和该至少一个耦出光栅耦接到该平板的该第一外表面或该第二外表面中的至少一者。

- [0023] 在一些实施例中,该平板的该中心区域不大于该平板的总面积的50%。
- [0024] 在一些实施例中,该光瞳复制光导还包括周边光栅,该周边光栅由该平板支承、被设置成靠近该平板的周边、并且被配置成将由该耦出光栅重定向的光反射回该耦出光栅。

附图说明

- [0025] 现在将结合附图描述示例性实施例,在附图中:
- [0026] 图1A是本公开的光瞳复制光导的平面图;
- [0027] 图1B是图1A的光瞳复制光导的侧视图;
- [0028] 图2是耦入光栅和耦出光栅在图1A和图1B的光瞳复制光导的平面上的正交投影的示意平面图;
- [0029] 图3是本公开的六边形光瞳复制光导的平面图,示出了耦入的光束的追迹光线;
- [0030] 图4A是k向量图,示出了在由图1A和图1B的光瞳复制光导传送的图像中可能形成的“盲区”的出现;
- [0031] 图4B是示出了通过使用背反射光栅来缓解“盲区”问题的示意图;
- [0032] 图5是包括六边形的背反射光栅的图1A和图1B的光瞳复制光导的实施例的平面示意图;
- [0033] 图6A是k向量图,示出了图5的光瞳复制光导的输入光栅和输出/重定向光栅的操作;
- [0034] 图6B是向量图,示出了图5的光瞳复制光导的反射光栅的操作;
- [0035] 图7是可用作图1A和图1B的光瞳复制光导的耦入光栅/耦出光栅的2D光栅的平面图;
- [0036] 图8是具有二元2D耦入光栅和耦出光栅的光瞳复制光导的侧截面图;
- [0037] 图9是使用图1A和图1B的波导的VR显示器的侧截面图;
- [0038] 图10为具有一副眼镜的形状要素的本公开的增强现实 (AR) 显示器的视图;以及
- [0039] 图11为本公开的头戴式显示器 (head-mounted display, HMD) 的三维视图。

具体实施方式

[0040] 虽然结合各种实施例和示例来描述本教导,但是本教导并不旨在限于这些实施例。相反,正如本领域技术人员将理解的,本教导涵盖各种替代方案和等同物。本文中引用本公开的各原理、各方面和各实施例以及其具体示例的所有陈述旨在涵盖其结构等同物和功能等同物。此外,意在使这种等同物既包括目前已知的等同物,也包括未来开发的等同物,即所开发的执行相同功能的任何元件,而不管结构如何。

[0041] 如本文所使用的,除非明确说明,否则术语“第一”和“第二”等并不旨在暗示顺序排序,而是要将一个元素与另一个元素区分开来。类似地,除非明确说明,否则这些方法步骤的顺序次序并不暗示它们执行的顺序次序。

[0042] 虚拟现实 (VR) 显示器通常使用由一对目镜观看的一对微型显示面板,每只眼睛一个显示面板-透镜组合。这种显示器构造虽然提供了宽视场,但往往比基于将角域中的图像直接投射到眼睛中的微型投射器的显示器构造体积更大且更重。然而,基于微型投射器的显示器构造具有相对较小的出射光瞳,需要投射器相对于眼睛的固定位置才能观察VR图

像,这可能不方便或不切实际。

[0043] 根据本公开,可以使用光瞳复制光导来提供投射器的出射光瞳的多个偏移复制品,从而放宽对眼睛位置相对于显示模块的要求。在VR应用中,显示器用户至少不直接查看外部环境。因此,可以将耦入器(例如,耦入光栅)和图像投射器放置在用户眼睛的前面,优选地放置在光瞳复制光导的中心处或靠近光瞳复制光导的中心。可以将光导的一个或多个耦出光栅/一个或多个重定向光栅/一个或多个分束光栅放置在耦入光栅周围。在一些实施例中,一个或多个耦出光栅/一个或多个重定向光栅/一个或多个分束光栅可以在所有侧完全包围耦入光栅。涉及由耦出区域包围的耦入器的构造简化了光导结构并提高了光导的通量。

[0044] 根据本公开,提供了一种光瞳复制光导,该光瞳复制光导包括透明材料的平板,该平板用于在该平板中引导光。平板具有平行于平板平面的长度维度和宽度维度、以及垂直于平板平面的厚度维度。第一光栅由平板支承,以用于将光耦入到平板中。第二光栅由平板支承,以用于以下中的至少一者:分开平板中的光、重定向平板中的光、或从平板耦出光。第二光栅在平板平面上的正交投影被设置在平板在平板平面上的正交投影内。第一光栅在平板平面上的正交投影被设置在第二光栅在平板平面上的正交投影内。第一光栅在平板平面上的正交投影可以包括平板在平板平面上的正交投影的中心和/或第二光栅在平板平面上的正交投影的中心。

[0045] 平板的特性可以在于沿着厚度维度的由平板厚度隔开的第一外表面和第二外表面。第一光栅可以被设置成靠近平板的第一表面,第二光栅被设置成靠近平板的第一表面或靠近平板的第二表面。在第二光栅被设置成靠近第二表面的实施例中,光瞳复制光导还可以包括第三光栅,该第三光栅由平板支承并靠近第一表面,以用于以下中的至少一者:分开平板中的光、重定向平板中的光、或从平板耦出光。

[0046] 在第二光栅被配置成重定向平板中的光的实施例中,光瞳复制光导还可以包括周边光栅,该周边光栅由平板支承并且被设置成靠近平板的周边,并且该周边光栅被配置成将由第二光栅重定向的光反射回第二光栅。周边光栅在平板平面上的正交投影可以围绕第二光栅在平板平面上的正交投影。第二光栅可以是2D光栅。

[0047] 根据本公开,例如提供了一种近眼显示器(NED),诸如虚拟现实(VR)显示器。该NED包括本公开的光瞳复制光导和用于将图像光提供给光瞳复制光导的第一光栅的投射器,该图像光携带角域中的图像。第一光栅在平板平面上的正交投影可以被设置在平板在平板平面上的正交投影的中心区域内。在一些实施例中,该中心区域不大于平板在平板平面上的正交投影的面积50%。

[0048] 在操作中,光瞳复制光导在平板平面中扩展图像光,并将在平板平面中扩展的图像光耦合到NED的适眼区(eyebow)。该NED还可以包括衰减器,该衰减器沿着平板平面在第一光栅的下游和适眼区的上游延伸,以用于使图像光的穿过平板传播到适眼区的部分衰减。衰减器(例如,液晶阵列)可以被预先配置成减小适眼区处的图像光的光功率密度的空间变化。

[0049] 根据本公开,还提供了一种光瞳复制光导,该光瞳复制光导包括透明材料的平板,该平板具有第一外表面、第二外表面和中心区域,该第一外表面和该第二外表面是平行的;耦入光栅,该耦入光栅耦接到平板的中心区域,以用于将具有参数的角分布的图像光耦入

到平板的中心区域以通过来自第一外表面和第二外表面的一系列反射在平板中传播;以及至少一个耦出光栅(例如,2D光栅),该至少一个耦出光栅耦接到平板以用于分开、重定向和耦出通过耦入光栅耦入到平板中的图像光。图像光在耦入光栅周围的位置处从平板耦出,同时基本上保持耦出的图像光的参数的角分布。耦入光栅和至少一个耦出光栅可以耦接到平板的第一外表面或第二外表面中的至少一者。

[0050] 在一些实施例中,平板的中心区域不大于平板的总面积的50%。光瞳复制光导还可以包括周边光栅,该周边光栅由平板支承、被设置成靠近平板的周边、并且被配置成将由耦出光栅重定向的光反射回耦出光栅。

[0051] 现参考图1A和图1B,光瞳复制光导100包括透明材料的平板102,例如透明材料的平面平行板,所述透明材料例如为玻璃、塑料、蓝宝石、钛氧化物等。平板102具有平行于平板平面(即,图1A的XY平面)的长度维度和宽度维度、以及垂直于平板平面(即,沿图1B的Z轴)的厚度维度。

[0052] 第一耦入光栅111被设置成靠近平板102的中心或在平板102的中心区域108内,以用于将图像光104耦入到平板102中。图像光104可以由投射器(为简洁起见,图1A和图1B中未示出)提供。重定向/耦出光栅112设置在耦入光栅111周围,以用于分开和/或重定向图像光104和/或耦出光104的来自平板102的部分106。本文中,术语“设置在……周围”指的是在图1A的平面图(表示光瞳复制波导100在XY平面上的正交投影)中,重定向/耦出光栅112在所有侧包围耦入光栅111。

[0053] 可以提供多于一个的重定向/耦出光栅112。例如,在图1B中,示出了两个这样的光栅,第二光栅112A位于平板102的一侧,而第三光栅112B位于另一外侧,该外侧与耦入(第一)光栅111位于同一侧。第二光栅112A和第三光栅112B被配置用于对图像光104进行分开和/或重定向和/或耦出。图像光104可以携带角域中的图像,即光束,其中该光束的各个光线的不同光线角对应于要显示的图像的不同像素,光线强度和/或颜色分布对应于像素强度和/或颜色分布。

[0054] 平板102可以包括第一外表面121和第二外表面122,第一外表面121和第二外表面122是平行的。如图1A所示,平板102的中心区域108可以包括平板102在XY平面上的投影的几何中心,并且可以占据XY平面上的整个平板面积的50%、25%或10%。耦入(第一)光栅111可以在第一表面121处耦接到中心区域108。耦入(第一)光栅111和/或一个或多个重定向/耦出光栅112可以设置在第一外表面121或第二外表面122中的任何一者或两者处,或者可以位于平板102内。

[0055] 光瞳复制光导100可以被配置成携带和扩展具有诸如亮度、颜色等参数的角分布的图像光104。为此,第一光栅111可以将图像光104耦入到平板102的中心区域108中,以通过来自平板102的第一外表面121和第二外表面122的一系列反射(例如,全内反射)在平板102中传播。一个或多个第二光栅112可以被配置用于以下中的至少一者:将通过耦入(第一)光栅111耦入到平板102的图像光104分开、重定向或耦出,以横向扩展(即,在XY平面上扩展)围绕平板102的中心区域108的图像光104,并且在耦入(第一)光栅111周围的多个位置处从平板102耦出图像光104的部分106,同时基本上保持图像光104的参数的角分布。第二光栅112可以是包括衍射光的微结构的2D阵列的一维(1D)光栅和/或二维(2D)光栅。下面将进一步提供第一光栅111的实施例的细节和通过一个或多个第二光栅112进行耦出的实

施例的细节。

[0056] 图2示出了在光瞳复制光导100中可能的耦入(第一)光栅111和一个或多个耦出光栅(第二光栅112A和/或第三光栅112B)设置。在图2中,光栅111、112A和112B正交地投影到XY平面(即,图2的平面和平板102的平面)上。在一些实施例中,第二光栅112在平板平面(即,XY平面)上的正交投影212可以被设置在平板102在平板平面上的正交投影202内。耦入光栅111在平板平面上的正交投影211可以被设置在一个或多个重定向/耦出光栅112(即,第二光栅112A和/或第三光栅112B)到平板平面上的正交投影212内。第一光栅111在平板平面上的正交投影211可以包括平板102在平板平面上的正交投影202的中心220,即平板102的占用面积。此外,在一些实施例中,第一光栅111在平板平面上的正交投影211可以包括一个或多个第二光栅112在平板平面上的正交投影212的中心230。

[0057] 图3示出了六边形光瞳复制光导300中的光线传播的模拟结果,该六边形光瞳复制光导类似于图1A和图1B的光瞳复制光导100。图3的六边形光瞳复制光导300包括由六边形耦出光栅312包围的耦入光栅311。在暗背景上显示为白线的光线310在耦入光栅311周围传播和分布,其中一些光线310(在310A处示出)在侧面离开六边形光瞳复制光导300。六边形光瞳复制光导300利用包括XY平面中的点或其它形状的2D阵列的2D光栅,不过也可以使用包括光栅线或条纹的阵列的1D光栅的组合。

[0058] 图4A示出了使用多个1D重定向光栅的本公开的光瞳复制光导的实施例的k向量图。一束光被注入到光瞳复制光导中。如耦入k向量401、402所示,该光束被耦入1D光栅衍射以在光瞳复制光导内传播。如图4A所示,衍射的光束沿对应于不同衍射级的方向传播,即向左和向右传播。如图4A中对角指向的重定向向量411、412所示,重定向/耦出1D光栅将光束衍射成两个子光束组。重定向向量401、402可以对应于不同定向的1D重定向/耦出衍射光栅。在该构造中,盲区400可能出现在视场中。用户的眼睛将看不到对应于盲区400的视场部分处的任何图像。

[0059] 图4B中描绘了图4A的盲区问题的一种解决方案,其中反射镜410被设置成反转耦入k向量401和重定向向量411、412以有效填充盲区400,如图所示的那样。反射镜410可以实现为由透明平板支承的衍射光栅。为了反射回光线,反射衍射光栅的k向量可以是耦入1D光栅k向量401、402的两倍长。为了实现这一点,反射光栅的间距可以是耦入1D光栅k向量401、402的间距的二分之一。

[0060] 现参考图5,光瞳复制光导500是图1A和图1B的光瞳复制光导100的示例性实施方式。图5的光瞳复制光导500包括耦入1D光栅511和一对分开/重定向/耦出光栅512。所有的光栅511和512都由透明材料的平板502支承,图像光在该平板502中传播。在图5的平面图中(即,在XY平面正交投影中),分开/重定向/耦出光栅512围绕第一光栅511。在该实施例中,第一光栅、第二光栅和第三光栅的凹槽或条纹形成相对于彼此的60度角度。

[0061] 为了从视场中消除死区,光瞳复制光导500包括六个反射光栅510。反射光栅510可以形成对称的六边形周边光栅520。如其名称所示,周边光栅520由平板502支承在平板502的周边附近。周边光栅520在平板平面(即,图5中的XY平面)上的正交投影围绕重定向/耦出光栅512在平板502平面上的正交投影。换言之,反射光栅510被设置成靠近平板502的周边503,并且被配置成将由第二光栅512重定向的光反射回第二光栅512。上面已经参考图4解释了反射光栅的操作。

[0062] 图5A的光瞳复制光导500的效率E可以被估计为

$$[0063] \quad E = C * R * D * A \quad (1),$$

[0064] 其中,C是耦入光栅511的耦合系数,R是重定向/耦出光栅512的反射系数,D是光栅的方向性,A是瞄准系数,即到达适眼区的耦出光的百分比。最坏情况的瞄准系数A可以被估计为

$$[0065] \quad A = \frac{\text{适眼区区域}}{\text{光栅区域}} = \frac{W^2}{(W+2L \tan (FOV/2))^2} \quad (2),$$

[0066] 其中,FOV是视场,L是出瞳距离,W是适眼区宽度。例如,当FOV=50度,L=18mm,W=15mm时,A=22%。再加上估计的耦合系数C=40%,反射系数R=90%,方向性D=50%,最坏情况下的效率E接近4%。

[0067] 图6A的k向量图示出了光瞳复制光导500的耦入光栅511和耦出/重定向光栅512的操作。耦入光栅511衍射由耦入k向量611表示的入射图像光束。如重定向k向量612A和耦出k向量612B所示,重定向/耦出光栅512衍射耦入的图像光光线。光束的横向偏移部分以由图像光的光束入射到耦入光栅511上的角度确定的方向从平板502耦出。耦入光栅511和重定向/耦出光栅512的这种构造保留了入射图像光的角分布,同时将图像光延伸到显示设备的适眼区之上。

[0068] 反射光栅510的功能进一步用图6B的k向量图来示出,图6B示出了对应于六个反射光栅510的六个反射k向量610。反射k向量610表示图像光束反射回来,使得耦入k向量611变成反射的k向量611'。为此,反射光栅510的间距可以等于耦入光栅511和重定向/耦出光栅512的间距的一半。由反射的k向量611'表示的反射光线再次在重定向/耦出光栅512上衍射,如图6A底部中的反射重定向k向量612A'和反射耦出k向量612B'所表示的那样。

[0069] 图7示出了用于本公开的光瞳复制光导的耦入光栅和/或耦出光栅的可能实施方式。图7中的光栅700为2D光栅;换言之,光栅700包括衍射入射光的特征701的2D阵列。2D光栅的一个优点是它们通常不会引起上面参考图4A所讨论的盲区。2D光栅可以实现为在两个相反方向上具有相等衍射效率的非闪耀二元光栅。入射光束的衍射方向如图7中的箭头702所示。

[0070] 图8示出了基于二元2D光栅的光瞳复制光导800的示例性实施方式。光瞳复制光导800包括由透明材料的平板802支承的2D二元耦入光栅811和重定向/耦出光栅812,所述透明材料例如是玻璃、塑料、高折射率晶体材料等。2D二元耦入光栅811和重定向/耦出光栅812类似于图7的二元2D光栅700。可以提供可选的反射镜840以提高光瞳复制光导800的光通量。

[0071] 在操作中,图像光的光束804入射到顶部耦入光栅811上,并且被顶部耦入光栅811衍射以通过全内反射在平板802中传播。重定向/耦出光栅812将光束804的横向偏移部806从平板802耦出。光束804的部分804'直接穿过平板802传播。光瞳复制光导800将图像光的光束804扩展到适眼区809之上,同时保留表示传送到适眼区809的角域中的图像的光束804的光功率/颜色组成的角分布。

[0072] 现在转到图9,近眼显示器(NED)900(例如,虚拟现实(VR)显示器)包括图1A和图1B的光瞳复制光导100,或本文公开的任何其它光瞳复制光导,例如图3的光瞳复制光导300、图5的光瞳复制光导500、和/或图8的光瞳复制光导800。NED 900包括投射器902,该投射器

902用于向光瞳复制光导100的第一光栅111提供图像光104,该图像光104携带角域中的图像。投射器902可以包括例如扫描投射器或基于微显示器的投射器。

[0073] 在操作中,光瞳复制光导100提供照亮NED 900的适眼区909的图像光104的多个偏移部分106。投射器902可以设置成照亮第一光栅111所在的光瞳复制光导100的中心。由于图像光104的很大一部分可以在不耦合到光瞳复制光导100的情况下通过光瞳复制光导100传播,所以靠近光瞳复制光导100的中心的图像光部分106的光功率密度可以远大于光瞳复制光导100的外围的图像光的光功率密度。

[0074] 为了使这种不均匀的光功率密度分布均匀,NED 900还可以包括位于第一光栅111后面的衰减器906,该衰减器906用于使图像光104穿过第一光栅111传播的部分衰减。衰减器可以在空间上不均匀和/或可以在衰减上可调。例如,可以使用液晶(LC)阵列作为这样的衰减器。LC阵列可以在工厂被预校准或预配置以减小图像光114的光功率密度的空间变化,从而用图像光部分106为适眼区909提供均匀照明。

[0075] 转到图10,虚拟现实(VR)近眼显示器1000包括框架1001,该框架针对每只眼睛支承:投射器1002;光瞳复制光导1006,该光瞳复制光导可操作地耦接到投射器1002并且包括本文公开的这些光瞳复制光导中的任何光瞳复制光导;以及可选的多个适眼区照明器1062,这些适眼区照明器被示为黑点,放置在光瞳复制光导1006的面向适眼区1026的一侧上。可以为每个适眼区1026提供眼睛追踪摄像头1042。

[0076] 眼睛追踪摄像头1042的目的是确定用户的两只眼睛的位置和/或取向。适眼区照明器1062照亮对应的适眼区1026处的眼睛,以使眼睛追踪摄像头1042能够获得眼睛的图像,以及提供参考反射(即,闪烁)。闪烁可以用作所采集的眼睛图像中的参考点,从而通过确定眼睛瞳孔图像相对于闪烁图像的位置来促进确定眼睛注视方向。为了避免适眼区照明器1062的光分散用户的注意力,可以使适眼区照明器1062发射对用户不可见的光。例如,红外光可以用于照亮适眼区1026。

[0077] 现参考图11,HMD 1000为AR/VR可穿戴显示系统的示例,该可穿戴显示系统包围用户的面部,以便使其更大程度地沉浸在AR/VR环境中。HMD 1000可以生成完全虚拟的3D影像。HMD 1100可以包括前部本体1102和带1104,该带可以固定在用户头部周围。前部本体1102被配置用于以可靠且舒适的方式放置在用户的眼前。显示系统1180可以设置在前部本体1102中,用于向用户呈现AR/VR影像。显示系统1180可以包括本文公开的这些显示设备中的任何显示设备。前部本体1102的侧部1106可以是不透明的或透明的。

[0078] 在一些实施例中,前部本体1102包括定位器1108和用于追踪HMD 1100的加速度的惯性测量单元(inertial measurement unit,IMU)1110,以及用于追踪HMD 1100的位置的位置传感器1112。IMU 1110是这样的电子设备:该电子设备基于接收自一个或多个位置传感器1112的测量信号来产生指示HMD 1100的位置的数据,该一个或多个位置传感器响应于HMD 1100的运动而产生一个或多个测量信号。位置传感器1112的示例包括:一个或多个加速度计、一个或多个陀螺仪、一个或多个磁力计、检测运动的其它合适类型的传感器、用于IMU 1110的误差校正的一类传感器、或它们的某种组合。位置传感器1112可以位于IMU 1110的外部、IMU 1110的内部、或它们的某种组合。

[0079] 定位器1108由虚拟现实系统的外部成像设备跟踪,使得虚拟现实系统可以追踪整个HMD 1100的位置和取向。可以将由IMU 1110和位置传感器1112生成的信息与通过追踪定

位器1108获得的位置和取向进行比较,以提高HMD 1100的位置和取向的追踪精度。当用户在3D空间中移动和转动时,准确的位置和取向对于向该用户呈现合适的虚拟场景非常重要。

[0080] HMD 1100还可以包括深度摄像头组件(depth camera assembly,DCA)1111,该深度摄像头组件采集描述一些或所有HMD 1100周围的局部区域的深度信息的数据。可以将深度信息与来自IMU 1110的信息进行比较,以便更准确地确定HMD 1100在3D空间中的位置和取向。

[0081] HMD 1100还可以包括用于实时确定用户眼睛的取向和位置的眼睛追踪系统1114。所获得的眼睛的位置和取向还允许HMD 1100确定用户的注视方向,并相应地调整由显示系统1180生成的图像。可以使用所确定的注视方向和辐辏角度来调整显示系统1180减少辐辏调节冲突。如本文公开的,方向和辐辏还可以用于显示器的出射光瞳转向。此外,所确定的辐辏角度和注视角度可以用于与用户交互、突出显示对象、将对象带到前景、创建附加对象或指针等。还可以提供音频系统,该音频系统包括例如内置于前部本体1102中的一组小型扬声器。

[0082] 本公开的实施例可以包括人工现实系统、或者结合人工现实系统来实施。人工现实系统在向用户呈现之前以某种方式调整通过感官获得的关于外部世界的感官信息(例如,视觉信息、音频、触摸(体感)信息、加速度、平衡等)。作为非限制性示例,人工现实可以包括虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、混合现实(mixed reality,MR)、混合现实(hybrid reality)、或其某种组合和/或派生物。人工现实内容可以包括完全生成的内容、或与采集的(例如,真实世界的)内容相结合的生成的内容。人工现实内容可以包括视频、音频、躯体或触觉反馈、或它们的某种组合。这些内容中的任何内容可以在单个通道或多个通道中(例如,在向观看者产生三维效果的立体视频中)呈现。此外,在一些实施例中,人工现实还可以与应用程序、产品、附件、服务或其某些组合相关联,这些应用程序、产品、附件、服务或其某些组合用于例如在人工现实中创建内容和/或以其它方式用于人工现实(例如,在人工现实中执行活动)。提供人工现实内容的人工现实系统可以在各种平台上实现,这些平台包括可穿戴显示器(例如,连接至主计算机系统的HMD)、独立式HMD、具有眼镜的形状要素的近眼显示器、移动设备或计算系统、或者能够向一个或多个观看者提供人工现实内容的任何其它硬件平台。

[0083] 本公开的范围不受本文描述的特定实施例的限制。实际上,除了本文描述的这些实施例和修改之外,其它各种实施例和修改根据上述描述和附图对本领域普通技术人员来说将是显而易见的。因此,这样的其它实施例和修改旨在落入本公开的范围。此外,尽管本文中已出于特定目的在特定环境中的特定实施方式的上下文中描述了本公开,但是本领域的普通技术人员将认识到,其实用性不限于此,并且本公开可以出于任何数量的目的在任何数量的环境中有利地实施。因此,以下阐述的权利要求应当鉴于如本文所述的本公开的全部范围来解释。

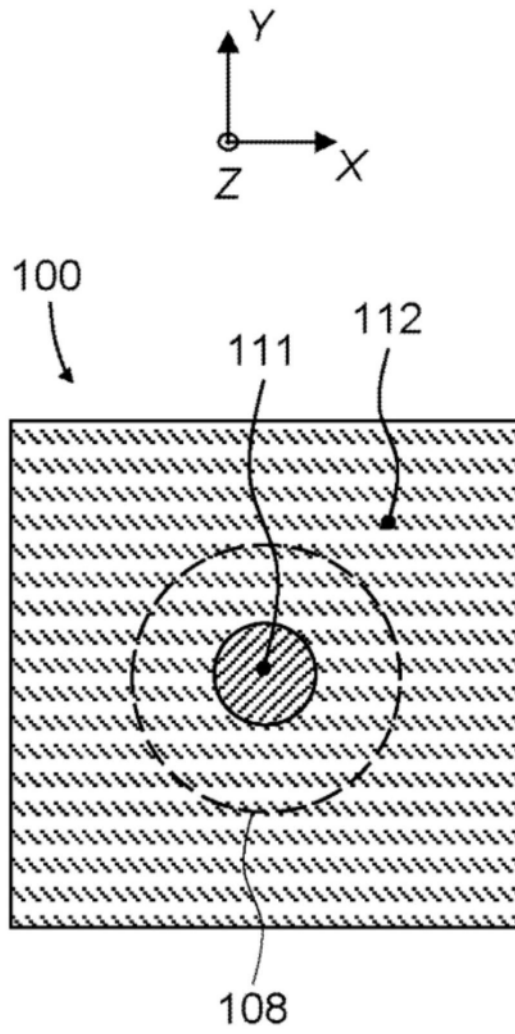


图1A

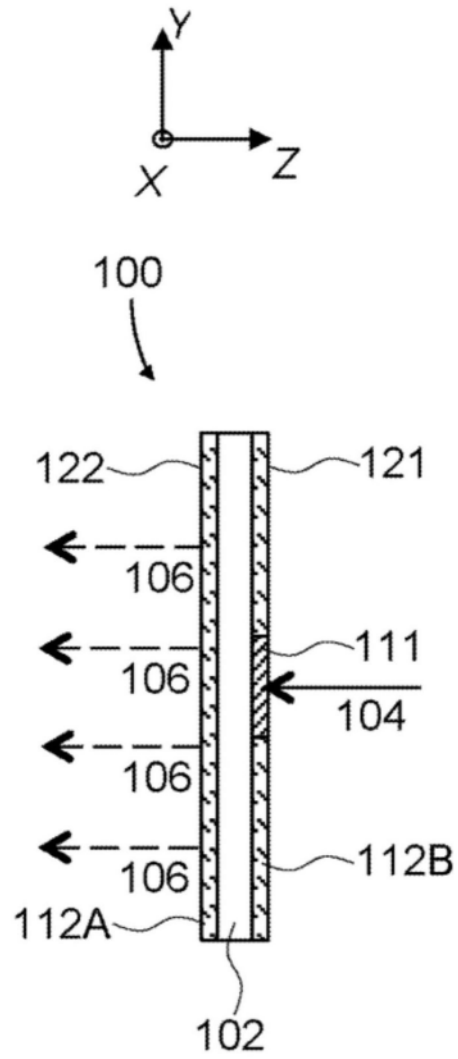


图1B

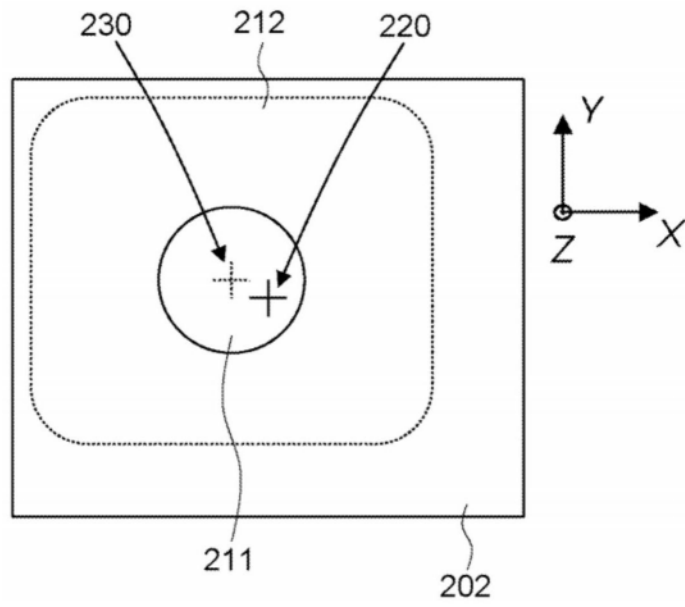


图2

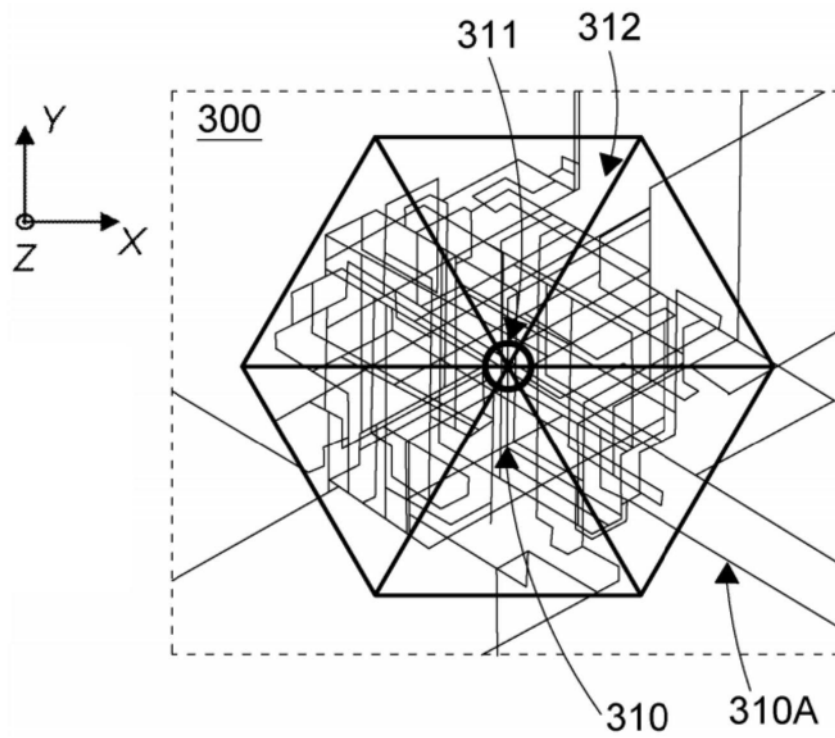


图3

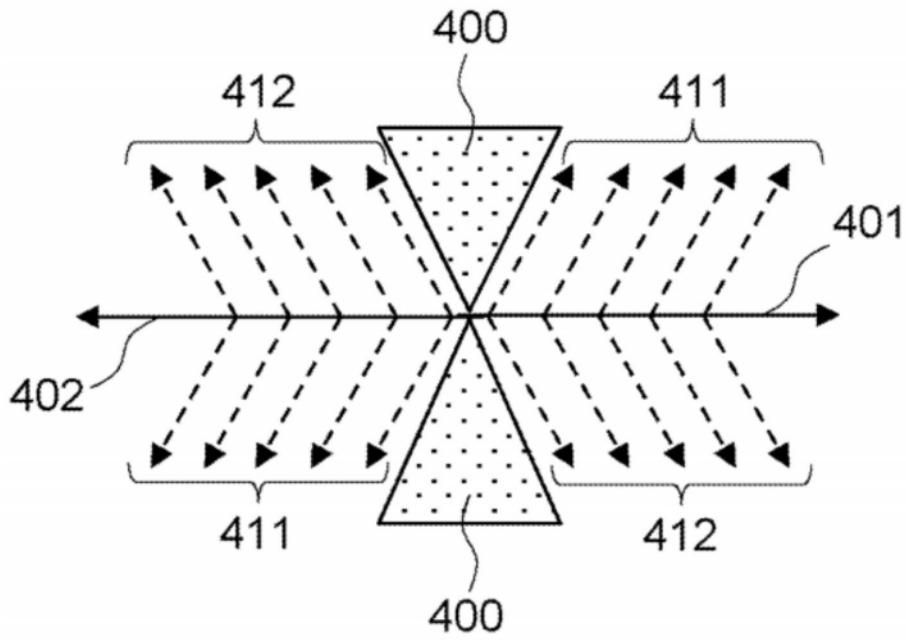


图4A

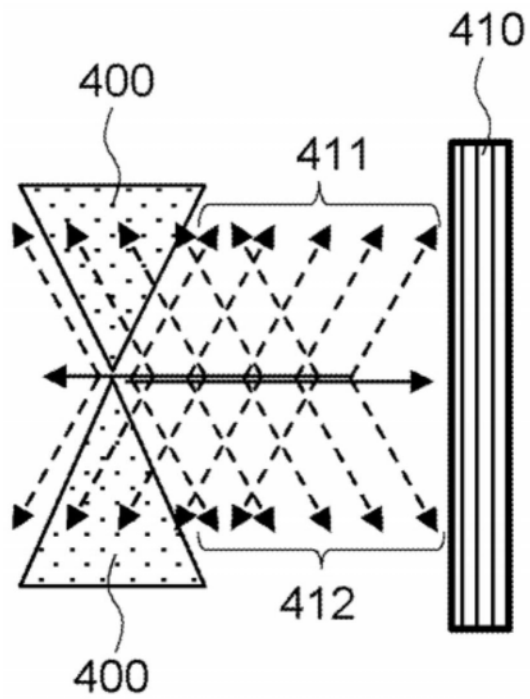


图4B

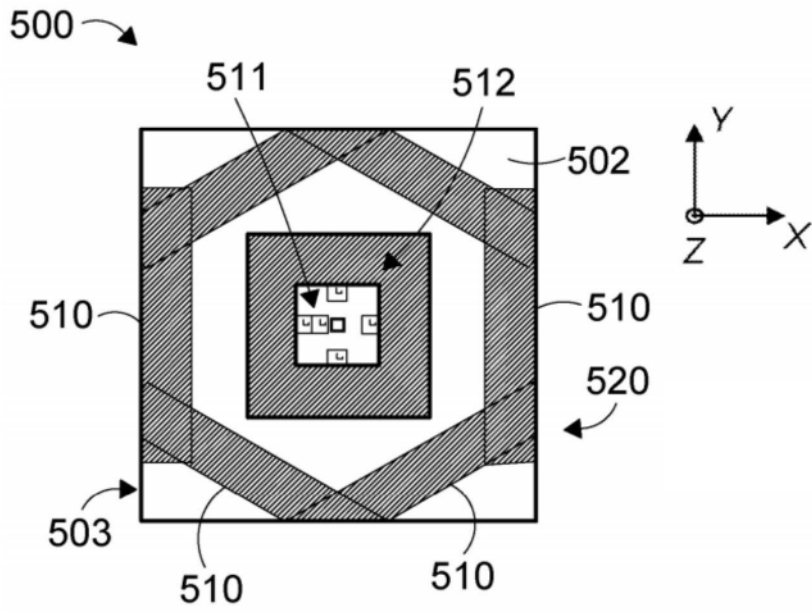


图5

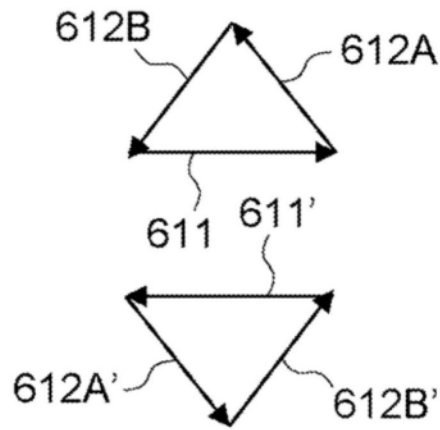


图6A

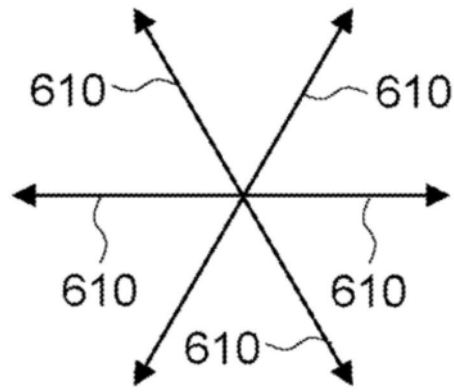


图6B

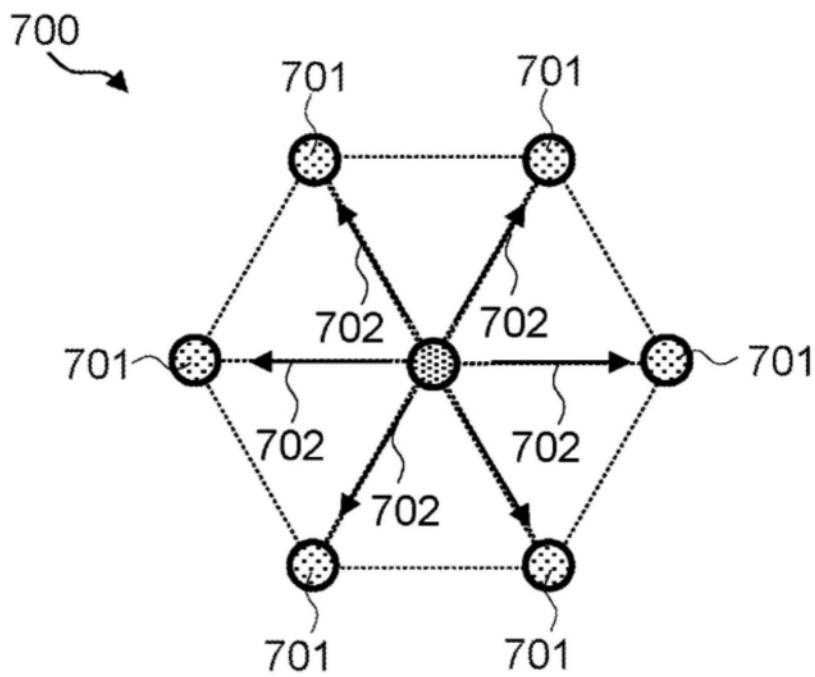


图7

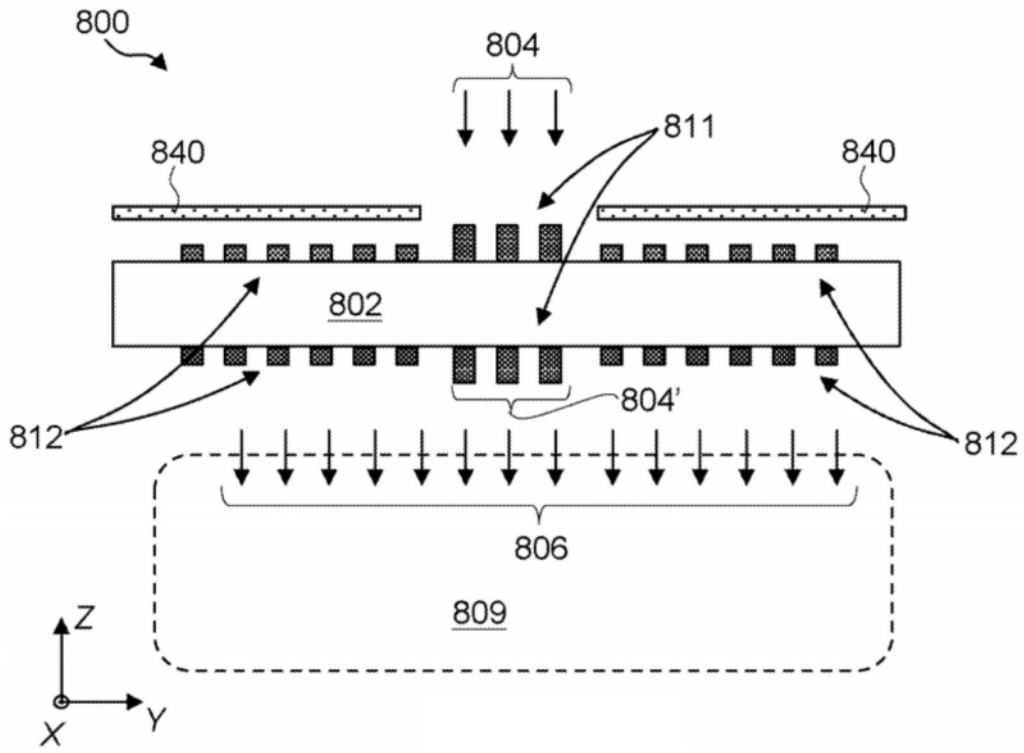


图8

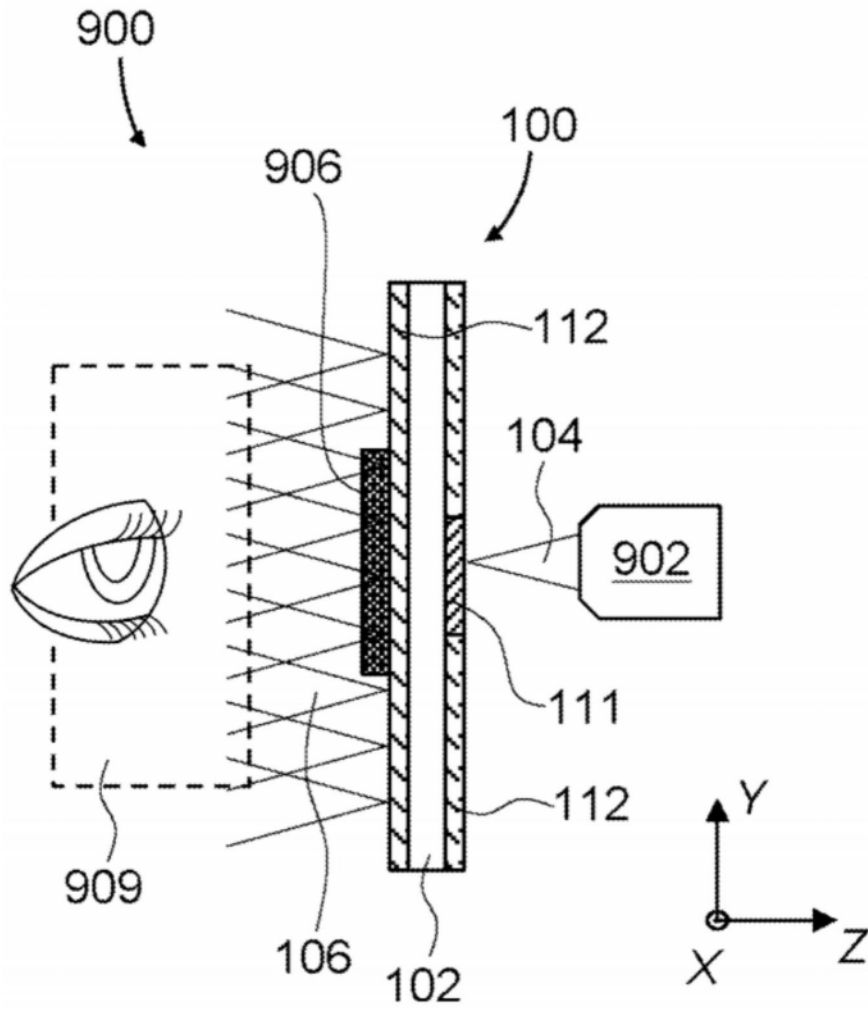


图9

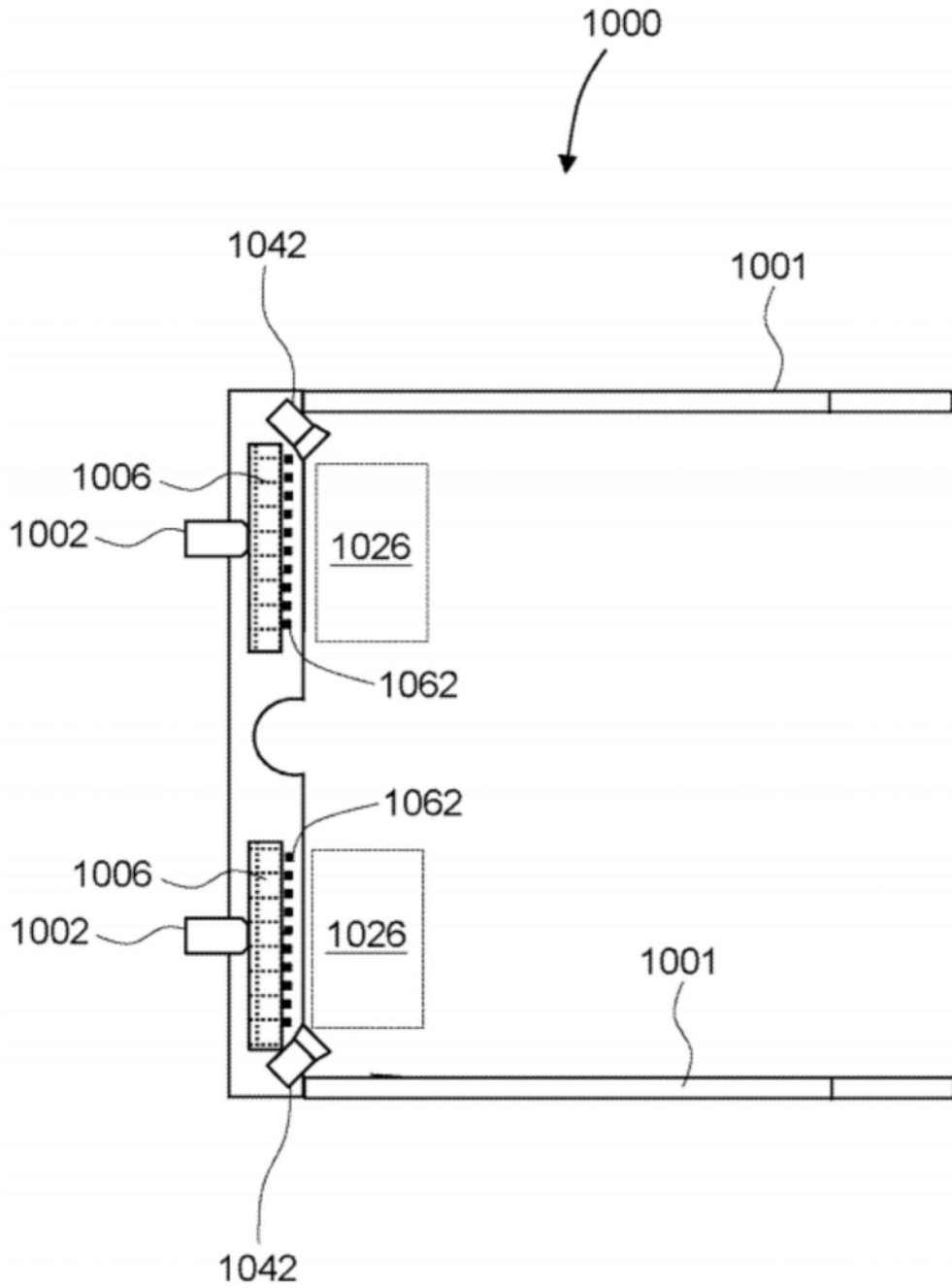


图10

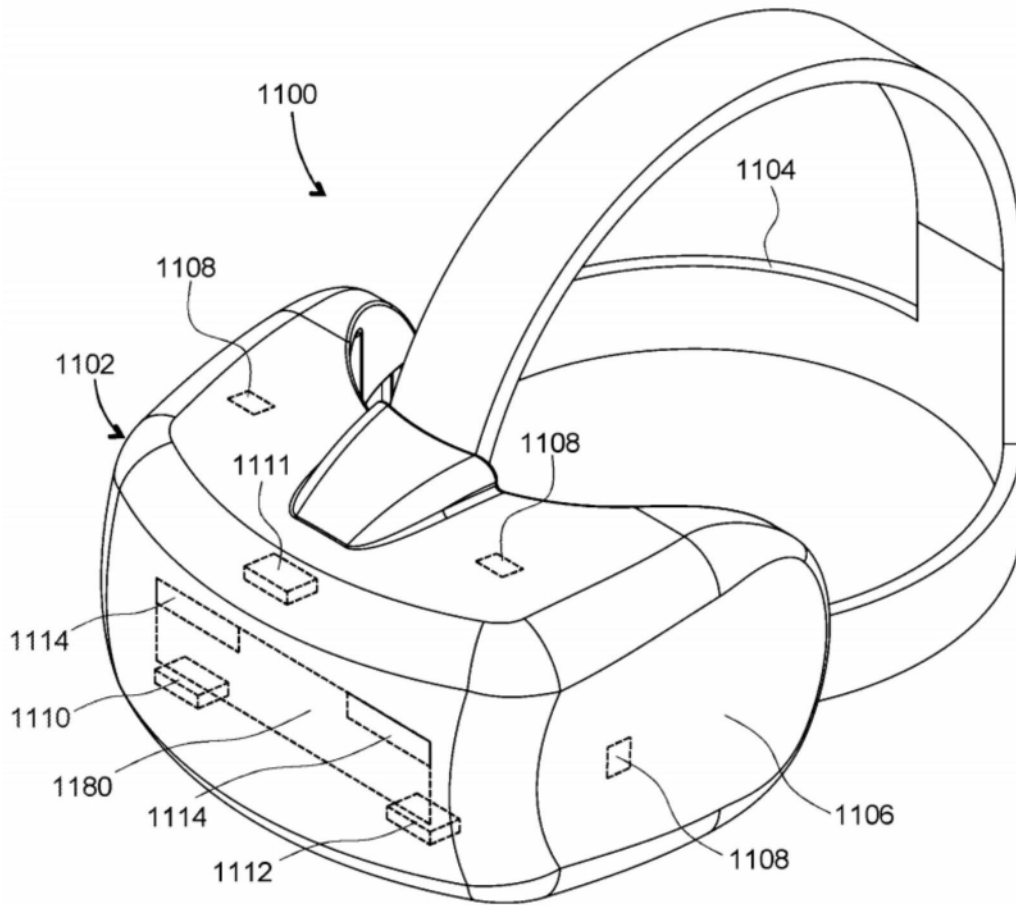


图11