



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109073898 A

(43)申请公布日 2018.12.21

(21)申请号 201780026900.5

(22)申请日 2017.02.28

(30)优先权数据

62/302,090 2016.03.01 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.10.31

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/020029 2017.02.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/151670 EN 2017.09.08

(71)申请人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72)发明人 D·廷恰 W·K·琼斯

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 杨晓光 于静

(51)Int.Cl.

G02B 27/01(2006.01)

G02B 27/18(2006.01)

G02B 6/10(2006.01)

G02B 6/24(2006.01)

G02B 6/293(2006.01)

G02B 27/14(2006.01)

F21V 8/00(2006.01)

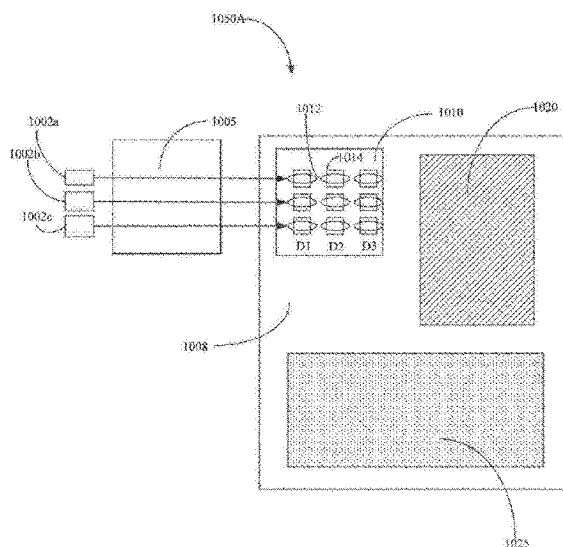
权利要求书2页 说明书17页 附图12页

### (54)发明名称

用于将不同波长的光输入波导的反射开关设备

### (57)摘要

提供了用于选择性地将具有不同波长的光耦入多个波导中的一者中的系统和方法。所提供的用于选择性地将具有不同波长的光耦入多个波导中的一者中的系统和方法包括开关设备,该开关设备包括可切换反射元件,该可切换反射元件可被配置为朝向与多个波导中的一者相关联的耦入元件重定向入射光。



1. 一种可穿戴头戴式显示系统,其被配置为由具有眼睛的穿戴者使用,所述可穿戴头戴式显示系统包括:

光投射器,其被配置为输出光以形成图像;

多个波导,其用于接收所述光以将所述光导入穿戴者的眼睛中;

框架,其被配置为将所述波导设置在所述眼睛的前方;以及

开关设备,其包括多个微机电系统 (MEMS) 反射镜,所述反射镜被设置为选择性地将光耦合到所述多个波导中的不同波导中。

2. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中,所述光投射器选择性地输出不同颜色的光。

3. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,进一步包括多个耦入光学元件,所述多个耦入光学元件被相对于所述MEMS反射镜设置,以接收从所述MEMS反射镜反射的来自所述投射器的光,并将由所述耦入光学元件接收的所述光耦合到与所述耦入光学元件相关联的所述波导中的一者中,使得所述光通过全内反射沿所述波导传播。

4. 根据权利要求3所述的头戴式显示系统,进一步包括与所述多个波导相关联的多个耦出光学元件,所述多个耦出光学元件被配置为将来自所述多个波导的光重定向到所述多个波导之外。

5. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜的数量等于所述多个波导的数量。

6. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜的数量小于所述多个波导的数量。

7. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜被配置为以具有在大约30度与大约60度之间的值的角度 $\theta$ 翻出与所述多个波导的表面平行的表面的平面。

8. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜被配置为滑入和滑出所述输出光的光路。

9. 一种显示设备,包括:

波导;

耦入光学元件,其被配置为将来自光源的第一波长的光束重定向到所述波导中;

微机电系统 (MEMS) 反射镜;以及

控制器,其被配置为致动所述MEMS反射镜,使得所述MEMS反射镜被设置在所述光束的光路中,并且朝向所述耦入光学元件重定向所述光束。

10. 根据权利要求9所述的显示设备,进一步包括:

第二波导;

第二耦入光学元件,其用于将来自所述光源的第二波长的第二光束重定向到所述第二波导中;以及

第二个微机电系统 (MEMS) 反射镜,

其中,所述控制器被配置为致动所述第二MEMS反射镜,使得所述第二MEMS反射镜被设置在所述第二光束的光路中,并且朝向所述第二耦入光学元件重定向所述第二光束。

11. 根据权利要求10所述的显示设备,进一步包括:

第三波导;

第三耦入光学元件,其用于将来自所述光源的第三波长的第三光束重定向到所述第三波导中;以及

第三微机电系统 (MEMS) 反射镜,

其中,所述控制器被配置为致动所述第三MEMS反射镜,使得所述第三MEMS反射镜被设置在所述第三光束的光路中,并且朝向所述第三耦入光学元件重定向所述第三光束。

12. 根据权利要求11所述的显示设备,其中,所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导与第一深度平面相关联,并且其中,来自所述第一、第二和第三波导的光被配置为产生看起来源自所述第一深度平面的图像。

13. 根据权利要求12所述的显示设备,进一步包括:

第四波导,其与不同于所述第一深度平面的第二深度平面相关联;

第四耦入光学元件,其与所述第四波导相关联,并且被配置为将来自所述光源的所述第一波长、第二波长或第三波长中的一者的光重定向到所述第四波导中;以及

第四微机电系统 (MEMS) 反射镜,其被设置在所述第四耦入光学元件上方,

其中,所述控制器被配置为致动所述第四MEMS反射镜,使得所述第四MEMS反射镜被设置在从所述光源朝向所述第四耦入光学元件的光的光路中。

14. 根据权利要求12所述的显示设备,其中,所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导包括耦出光学元件,所述耦出光学元件被配置为输出来自所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导的光。

15. 一种显示设备,包括:

第一多个波导,其与第一深度平面相关联,所述多个波导被配置为产生看起来源自所述第一深度平面的图像;

第一多个耦入光学元件,其与所述第一多个波导相关联,所述多个耦入光学元件被配置为将来自光源的光重定向到所述多个波导中;

微机电系统 (MEMS) 反射镜;以及

控制器,其被配置为致动所述MEMS反射镜,使得所述MEMS反射镜被设置在来自所述光源的光的光路中,并且朝向所述第一多个耦入光学元件重定向所述光。

16. 根据权利要求15所述的显示设备,进一步包括:

第二多个波导,其与第二深度平面相关联,所述第二多个波导被配置为产生看起来源自所述第二深度平面的图像;

第二多个耦入光学元件,其与所述第二多个波导相关联,所述第二多个耦入光学元件被配置为将来自所述光源的光重定向到所述第二多个波导中;以及

第二微机电系统 (MEMS) 反射镜,

其中,所述控制器被配置为致动所述第二MEMS反射镜,使得所述第二MEMS反射镜被设置在来自所述光源的光的光路中,并且朝向所述第二多个耦入光学元件重定向所述光。

## 用于将不同波长的光输入波导的反射开关设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2016年3月1日提交的,序列号为62/302,090的,标题为“MEMS Switching Device (MEMS开关设备)”的美国临时专利申请的优先权益,该申请的全部内容通过引用并入此文。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及具有用于光学系统的微机电系统 (MEMS) 反射镜的设备。

### 背景技术

[0004] 现代计算和显示技术促进了用于所谓的“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统开发,其中,数字再现图像或其部分以看起来是真实或可以被感知为真实的方式呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及以对其它实际的真实世界视觉输入不透明的方式呈现数字或虚拟图像信息;增强现实或“AR”场景通常涉及将数字或虚拟图像信息呈现为对用户周围真实世界的可视化的增强。例如,参考图1,示出了增强现实场景1,其中,AR技术的用户看到以人、树木、背景中的建筑物和混凝土平台1120为特征的真实世界公园状设置1100。除了这些项目之外,AR技术的用户还感知到他“看到”“虚拟内容”,诸如站在真实世界平台1120上的机器人雕像1110,以及看起来是大黄蜂的化身的正在飞行的卡通式化身角色1130,即使这些元素1130、1110在真实世界中不存在。因为人类视觉感知系统是复杂的,所以开发促进虚拟图像元素在其它虚拟或真实世界图像元素当中舒适、感觉自然、丰富呈现的AR技术极具挑战的。

[0005] 本文公开的系统和方法解决了与AR技术相关的各种挑战。

### 发明内容

[0006] 本公开的系统、方法和设备分别具有若干创新方面,这些方面中没有单独对本文公开的期望属性负责。下面提供了各种示例系统和方法。

[0007] 实施例1:一种可穿戴头戴式显示系统,其被配置为由具有眼睛的穿戴者使用,所述可穿戴头戴式显示系统包括:

[0008] 光投射器,其被配置为输出光以形成图像;

[0009] 多个波导,其用于接收所述光以将所述光导入穿戴者的眼睛中;

[0010] 框架,其被配置为将所述波导设置在所述眼睛的前方;以及

[0011] 开关设备,其包括多个微机电系统 (MEMS) 反射镜,所述反射镜被设置为选择性地光耦合到所述多个波导中的不同波导中。

[0012] 实施例2:根据实施例1所述的头戴式显示系统,其中,所述光投射器选择性地输出不同颜色的光。

[0013] 实施例3:根据实施例1至2中任一项所述的头戴式显示系统,进一步包括多个耦入光学元件,所述多个耦入光学元件被相对于所述MEMS反射镜设置,以接收从所述MEMS反射

镜反射的来自所述投射器的光,并将由所述耦合入光学元件接收的所述光耦合到与所述耦合入光学元件相关联的所述波导中的一者中,使得所述光通过全内反射沿所述波导传播。

[0014] 实施例4:根据实施例3所述的头戴式显示系统,进一步包括与所述多个波导相关联的多个耦合出光学元件,所述多个耦合出光学元件被配置为将来自所述多个波导的光重定向到所述多个波导之外。

[0015] 实施例5:根据实施例1至4中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜的数量等于所述多个波导的数量。

[0016] 实施例6:根据实施例1至5中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜的数量小于所述多个波导的数量。

[0017] 实施例7:根据实施例1至6中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜被配置为以具有在大约30度与大约60度之间的值的角度 $\theta$ 翻出与所述多个波导的表面平行的表面的平面。

[0018] 实施例8:根据实施例1至6中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个MEMS反射镜被配置为滑入和滑出所述输出光的光路。

[0019] 实施例9:一种显示设备,包括:

[0020] 波导;

[0021] 耦合入光学元件,其被配置为将来自光源的第一波长的光束重定向到所述波导中;

[0022] 微机电系统(MEMS)反射镜;以及

[0023] 控制器,其被配置为致动所述MEMS反射镜,使得所述MEMS反射镜被设置在所述光束的光路中,并且朝向所述耦合入光学元件重定向所述光束。

[0024] 实施例10:根据实施例9所述的显示设备,进一步包括:

[0025] 第二波导;

[0026] 第二耦合入光学元件,其用于将来自所述光源的第二波长的第二光束重定向到所述第二波导中;以及

[0027] 第二个微机电系统(MEMS)反射镜,

[0028] 其中,所述控制器被配置为致动所述第二MEMS反射镜,使得所述第二MEMS反射镜被设置在所述第二光束的光路中,并且朝向所述第二耦合入光学元件重定向所述第二光束。

[0029] 实施例11:根据实施例9至10中任一项所述的显示设备,进一步包括:

[0030] 第三波导;

[0031] 第三耦合入光学元件,其用于将来自所述光源的第三波长的第三光束重定向到所述第三波导中;以及

[0032] 第三微机电系统(MEMS)反射镜,

[0033] 其中,所述控制器被配置为致动所述第三MEMS反射镜,使得所述第三MEMS反射镜被设置在所述第三光束的光路中,并且朝向所述第三耦合入光学元件重定向所述第三光束。

[0034] 实施例12:根据实施例9至11中任一项所述的显示设备,其中,所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导与第一深度平面相关联,并且其中,来自所述第一、第二和第三波导的光被配置为产生看起来源自所述第一深度平面的图像。

[0035] 实施例13:根据实施例9至12中任一项所述的显示设备,进一步包括:

[0036] 第四波导,其与不同于所述第一深度平面的第二深度平面相关联;

[0037] 第四耦入光学元件,其与所述第四波导相关联,并且被配置为将来自所述光源的所述第一、第二或第三波长中的一者的光重定向到所述第四波导中;以及

[0038] 第四微机电系统 (MEMS) 反射镜,其被设置在所述第四耦入光学元件上方,

[0039] 其中,所述控制器被配置为致动所述第四MEMS反射镜,使得所述第四MEMS反射镜被设置在从所述光源朝向所述第四耦入光学元件的光的光路中。

[0040] 实施例14:根据实施例9至13中任一项所述的显示设备,其中,所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导包括耦出光学元件,所述耦出光学元件被配置为输出来自所述第一波导、所述第二波导和所述第三波导的光。

[0041] 实施例15:一种显示设备,包括:

[0042] 第一多个波导,其与第一深度平面相关联,所述多个波导被配置为产生看起来源自所述第一深度平面的图像;

[0043] 第一多个耦入光学元件,其与所述第一多个波导相关联,所述多个耦入光学元件被配置为将来自光源的光重定向到所述多个波导中;

[0044] 微机电系统 (MEMS) 反射镜;以及

[0045] 控制器,其被配置为致动所述MEMS反射镜,使得所述MEMS反射镜被设置在来自所述光源的光的光路中,并且朝向所述第一多个耦入光学元件重定向所述光。

[0046] 实施例16:根据实施例15所述的显示设备,进一步包括:

[0047] 第二多个波导,其与第二深度平面相关联,所述第二多个波导被配置为产生看起来源自所述第二深度平面的图像;

[0048] 第二多个耦入光学元件,其与所述第二多个波导相关联,所述第二多个耦入光学元件被配置为将来自所述光源的光重定向到所述第二多个波导中;以及

[0049] 第二微机电系统 (MEMS) 反射镜,

[0050] 其中,所述控制器被配置为致动所述第二MEMS反射镜,使得所述第二MEMS反射镜被设置在来自所述光源的光的光路中,并且朝向所述第二多个耦入光学元件重定向所述光。

[0051] 实施例17:一种可穿戴头戴式显示系统,其被配置为由具有眼睛的穿戴者使用,所述可穿戴头戴式显示系统包括:

[0052] 光投射器,其被配置为输出光以形成图像;

[0053] 多个波导,其用于接收所述光以将所述光导入穿戴者的眼睛中;

[0054] 框架,其被配置为将所述波导设置在所述眼睛的前方;以及

[0055] 开关设备,其包括多个可切换反射元件,所述多个可切换元件被设置为选择性地光耦合到所述多个波导中的不同波导中,所述多个可切换元件被配置为在不反射输出光的第一状态与朝着所述多个波导反射输出光的第二状态之间切换。

[0056] 实施例18:根据实施例17所述的头戴式显示系统,其中,所述光投射器选择性地输出不同颜色的光。

[0057] 实施例19:根据实施例17至18中任一项所述的头戴式显示系统,进一步包括多个耦入光学元件,所述多个耦入光学元件相对于所述多个可切换反射元件被设置,以接收从所述多个可切换反射元件反射的来自所述投射器的光,并将由所述耦入光学元件接收的所述光耦合到与所述耦入光学元件相关联的所述波导中的一者中,使得所述光通过全内反射

沿所述波导传播。

[0058] 实施例20:根据实施例19所述的头戴式显示系统,进一步包括与所述多个波导相关联的多个耦出光学元件,所述多个耦出光学元件被配置为将来自所述多个波导的光重定向到所述多个波导之外。

[0059] 实施例21:根据实施例17至20中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个可切换反射元件的数量等于所述多个波导的数量。

[0060] 实施例22:根据实施例17至21中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个可切换反射元件的数量小于所述多个波导的数量。

[0061] 实施例23:根据实施例17至22中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个可切换反射元件被配置为以具有大约30度到大约60度之间的值的角度 $\theta$ 翻出与所述多个波导的表面平行的表面的平面。

[0062] 实施例24:根据实施例17至22中任一项所述的头戴式显示系统,其中,所述多个可切换反射元件被配置为滑入和滑出所述输出光的光路。

## 附图说明

[0063] 图1示出了用户通过AR设备的对增强现实 (AR) 的视图。

[0064] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。

[0065] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。

[0066] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。

[0067] 图5A至图5C示出了曲率半径和焦半径之间的关系。

[0068] 图6示出了用于将图像信息输出给用户的波导堆叠的示例。

[0069] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0070] 图8示出了一组堆叠波导的示例的横截面侧视图,每个堆叠波导包括耦入光学元件。

[0071] 图9A是包括光学耦合到包括MEMS反射镜的深度开关设备的一组堆叠波导的示例的横截面侧视图的示意图。

[0072] 图9B示意性地示出了深度开关设备的示例的俯视图,其中MEMS反射镜光学被耦合到投射器光源。

[0073] 图9C示意性地示出了包括反射镜的开关设备的实施方式,所述反射镜被配置为翻进和翻出与开关设备的表面平行的平面。

[0074] 图9D-1和图9D-2示意性地示出了包括反射镜的开关设备的实现,所述反射镜被配置为滑入和滑出光束的光路。

[0075] 图10A和图10B示出了包括MEMS反射镜的显示设备的各种实施例的俯视平面图。

[0076] 提供附图是为了说明示例实施例,而不是为了限制本公开的范围。

## 具体实施方式

[0077] 示例显示系统

[0078] VR和AR体验可以由具有显示器的显示系统提供,在所述显示器中,向观看者提供与多个深度平面对应的图像。对于每个深度平面,图像可以是不同的(例如,提供略微不同

的场景或对象呈现),并且可以由观看者的眼睛分别聚焦,从而有助于基于使位于不同深度平面上的不同场景图像特征聚焦所需的眼睛适应性和/或基于观察到位于不同深度平面上的不同图像特征失焦而为用户提供深度线索。如本文所讨论的,这样的深度线索提供了可靠的深度感知。

[0079] 呈现逼真的增强现实体验的一个重要方面是提供彩色图像的显示。在一些配置中,可以通过叠加分别具有特定分量颜色的分量图像来形成各种深度平面的全色图像。例如,可以分别输出红色、绿色和蓝色图像以形成每个全色图像。因此,每个深度平面可以具有多个与其相关联的分量颜色图像。如本文所公开的,可以使用波导输出分量颜色图像,这些波导耦入包含图像信息的光,跨波导分布耦入的光,然后向观看者耦出光。

[0080] 在一些可穿戴显示系统中,这可以通过使用被组合成单个输出的红色/绿色/蓝色(RGB)发光二极管(LED)来实现。作为示例,对于可见波长,一种类型是RGB组合器。这些波长可被用于生成用于显示技术的整个调色板。然而,由于每个RGB LED与其自己的特定波长相关联,因此将三个(或更多个)分立的LED组合成一个会面临众多挑战。另外,组合器以及任何相关联的光学器件的尺寸和重量都是考虑因素,尤其是在头戴式增强现实显示系统的上下文下。尺寸可以影响设备是否对消费者保持美学上的吸引力。类似地,重量也是一个重要的考虑因素,考虑到头戴式AR显示器被配置为直接穿戴在用户的头上,从而直接影响头戴式AR设备的用户舒适度和吸引力。

[0081] 利用MEMS反射镜进行深度平面切换,本文所述的各种系统和方法可以减小投射器(例如,包括RGB LED)的尺寸,该投射器提供不同颜色的照明并且被用于提供多个用来观看的深度平面的显示器。有利地,这样的系统和方法可以减轻重量,减小尺寸或改善可穿戴显示系统的人体工程学。

[0082] 图2示出了可穿戴显示系统80的示例。显示系统80包括显示器62,以及支持该显示器62的功能的各种机械和电子模块及系统。显示器62可以被耦接到框架64,该框架可由显示系统用户或观看者60穿戴,并且被配置为将显示器62定位在用户60的眼前。在一些实施例中,显示器62可以被视作眼镜。在一些实施例中,扬声器66被耦接到框架64并且定位在用户60的耳道附近(在一些实施例中,另一扬声器(未示出)定位在用户的另一耳道附近以提供立体声/可塑形的声音控制)。在一些实施例中,显示系统还可以包括一个或多个麦克风67或其它检测声音的设备。在一些实施例中,麦克风被配置为允许用户向系统80提供输入或命令(例如,语音菜单命令的选择、自然语言问题等)和/或可以允许与其他人(例如,与类似显示系统的其他用户)进行音频通信。

[0083] 继续参考图2,显示器62诸如通过有线引线或无线连接可操作地耦接68到本地数据处理模块70,本地数据处理模块70可以以各种配置安装,例如固定地附接到框架64,固定地附接到用户戴的头盔或帽子,嵌入耳机中,或以其它方式(例如,以背包式配置,腰带耦接式配置)可移除地附接到用户60。本地处理和数据模块70可以包括硬件处理器以及数字存储器,诸如非易失性存储器(例如,闪存或硬盘驱动器),这两者都被可用于辅助数据的处理、缓存和存储。这些数据包括a)从传感器(其例如可以可操作地耦接到框架64或以其它方式附接到用户60)捕获的数据,传感器诸如图像捕获设备(诸如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪;和/或b)使用远程处理模块72和/或远程数据存储库74获取和/或处理的数据,这些数据可以在被执行完这样的处理或检索

之后传送到显示器62。本地处理和数据模块70可以通过通信链路76、78诸如经由有线或无线通信链路可操作地耦接到远程处理模块72和远程数据存储库74,使得这些远程模块72、74可操作地彼此耦接,并且作为资源可用于本地处理和数据模块70。在一些实施例中,本地处理和数据模块70可以包括图像捕获设备、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪中的一者或多者。在一些其它实施例中,这些传感器中的一者或多者可以被附接到框架64,或者可以是通过有线或无线通信路径与本地处理和数据模块70通信的独立结构。

[0084] 继续参考图2,在一些实施例中,远程处理模块72可以包括被配置为分析和处理数据和/或图像信息的一个或多个处理器。在一些实施例中,远程数据存储库74可以包括数字数据存储设施,该设施可以通过因特网或“云”资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中,远程数据存储库74可以包括一个或多个远程服务器,这些服务器向本地处理和数据模块70和/或远程处理模块72提供信息,例如用于生成增强现实内容的信息。在一些实施例中,在本地处理和数据模块中存储所有数据,并执行所有计算,允许来自远程模块的完全自主地使用。

[0085] 可以通过向观看者的每只眼睛提供略微不同的图像呈现来实现将图像感知为“三维”或“3D”。图3示出了用于模拟用户的三维图像的常规显示系统。向用户输出两个不同图像5、7,其中每个图像针对一只眼睛4、6。图像5、7沿着与观看者视线平行的光轴或z轴与眼睛4、6相隔距离230。图像5、7是平坦的,眼睛4、6可以通过假设单个调节状态而聚焦在图像上。这样的系统依赖于人类视觉系统来组合图像5、7以提供组合图像的深度感。

[0086] 然而,应当理解,人类视觉系统更复杂,并且提供真实的深度感更具挑战性。例如,常规的“3-D”显示系统的许多观看者发现这样的系统不舒适或者根本无法感知到深度感。不受理论的限制,可以认为对象的观看者可能由于辐辏和调节的组合而将对象感知为“三维的”。两只眼睛相对彼此的辐辏动作(即,瞳孔彼此靠近或远离以使眼睛的视线会聚固定在对象上的转动动作)与眼睛的晶状体和瞳孔的聚焦(或“调节”)密切相关。在正常情况下,根据被称为“调节-辐辏反射”的关系,改变眼睛晶状体的焦点或调节眼睛以将焦点从一个对象改变到不同距离处的另一对象将自动导致到同一距离的辐辏匹配变化。同样,在正常条件下,辐辏的变化将引发晶状体形状和瞳孔大小的调节发生匹配变化。如本文所述,许多立体或“3-D”显示系统向每只眼睛使用略微不同的呈现(因此使用略微不同的图像)来显示场景,使得人类视觉系统感知到三维透视。然而,这样的系统对于许多观看者来说是不舒适的,由于它们尤其是仅提供不同的场景呈现,但是眼睛在单个调节状态下观看所有图像信息,并且违反“调节-辐辏反射”起作用。在调节与辐辏之间提供更好匹配的显示系统可以形成更逼真和舒适的三维图像模拟。

[0087] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。参考图4,z轴上相对于眼睛4、6位于不同距离处的对象由眼睛4、6调节,以使这些对象对焦。眼睛(4和6)假定特定的调节状态,以对沿z轴不同距离处的对象聚焦。因此,可以认为特定的调节状态与深度平面14中的特定一者相关联,该深度平面具有相关联的焦距,使得当眼睛针对特定深度平面处于调节状态时,该特定深度平面中的对象或对象的部分对焦。在一些实施例中,可以通过为每只眼睛4、6提供图像的不同呈现,并且还通过提供与每个深度平面的图像的不同呈现来模拟三维图像。尽管为了清楚地说明而示出为是分开的,但是应当理解,眼睛4、6的视

野可以重叠,例如在沿z轴的距离增加时。此外,尽管为了便于说明而示出为平坦的,但是应当理解,深度平面的轮廓可以在物理空间中是弯曲的,使得深度平面中的所有特征在眼睛处于特定调节状态时对焦。

[0088] 对象与眼睛4或6之间的距离也可以改变来自该眼睛所观看到的对象的光的发散量。图5A至图5C示出了距离和光线发散之间的关系。对象与眼睛4之间的距离按照递减的次序由距离R1、R2和R3表示。如图5A至图5C所示,随着到对象的距离减小,光线变得更加发散。随着距离的增加,光线变得更加准直。换句话说,可以认为由点(对象或对象的部分)产生的光场具有球面波前曲率,该球面波前曲率是该点相对于用户眼睛的距离的函数。随着对象与眼睛4之间的距离减小,曲率增加。因此,在不同的深度平面上,光线的发散程度也不同,发散度随着深度平面与观看者眼睛4之间的距离的减小而增加。尽管为了在图5A至图5C和本文中的其它图中为了清楚地说明而仅示出单只眼睛4,但是应当理解,有关眼睛4的讨论可以应用于观看者的双眼4和6。

[0089] 不受理论的限制,可以认为人眼通常可以解释有限数量的深度平面以提供深度感。因此,可以通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一者对应的图像的不同呈现来实现高度可信的感知深度模拟。不同的呈现可以由观看者的眼睛单独聚焦,从而有助于基于使不同深度平面上的场景的不同图像特征对焦所需的眼睛调节和/或基于观察不在焦点上的不同深度平面的不同的图像特征,为用户提供深度线索。

[0090] 图6示出了用于将图像信息输出给用户的波导堆叠的示例。显示系统1000包括波导的堆叠或堆叠波导组件178,该波导的堆叠或堆叠波导组件178可被用于使用多个波导182、184、186、188、190向眼睛/大脑提供三维感知。在一些实施例中,显示系统1000是图2的系统80,图6更详细地示意性地示出了该系统80的一些部分。例如,波导组件178可以是图2的显示器62的部分。

[0091] 继续参考图6,波导组件178还可以包括在波导之间的多个特征198、196、194、192。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以是透镜。波导182、184、186、188、190和/或多个透镜198、196、194、192可以被配置为以各种级别的波前曲率或光线发散度向眼睛发送图像信息。每个波导级别可以与特定深度平面相关联,并且可以被配置为输出对应于该深度平面的图像信息。图像注入装置200、202、204、206、208可以用作波导的光源,并且可被用于将图像信息注入波导182、184、186、188、190中,如本文所述,每个波导可以被配置为将入射光分布在每个相应的波导上以便朝着眼睛4输出。光从图像注入装置200、202、204、206、208的输出表面300、302、304、306、308射出,并且注入波导182、184、186、188、190的对应输入表面382、384、386、388、390。在一些实施例中,输入表面382、384、386、388、390中的每一者可以是对应波导的边缘,或者可以是对应波导的主表面的部分(即,直接面向世界144或观看者眼睛4的波导表面中的一者)。图8示出这样的配置,其中光被注入波导的主侧(而非边缘)。在一些实施例中,可以将单个光束(例如准直光束)注入每个波导以输出整个克隆的准直光束场,这些准直光束以对应于与特定波导相关联的深度平面的特定角度(和发散量)导向眼睛4。在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208的一者可以与波导182、184、186、188、190中的多个(三个)相关联,并将光注入其中。

[0092] 在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208是分立的显示器,每个显示器产生用于分别注入对应波导182、184、186、188、190的图像信息。在一些其它实施例中,图

像注入装置200、202、204、206、208是单个多路复用显示器的输出端,这些显示器例如可以经由一个或多个光学导管(例如光纤光缆)将图像信息管道传输到图像注入装置200、202、204、206、208中的每一者。应当理解,由图像注入装置200、202、204、206、208提供的图像信息可以包括不同波长或颜色(例如,如本文所讨论的不同的分量颜色)的光。

[0093] 在一些实施例中,注入波导182、184、186、188、190的光由投射器组件209提供,光投射器组件209包括光输出模块209c,该光输出模块209c可包括诸如发光二极管(LED)或荧光灯之类的光源。来自光输出模块209c的光可以经由光束分离器或光束组合器(例如,偏振光束分离器或RGB光束分离器/光束组合器)209b被光调制器209a(例如,空间光调制器)引导和修改。光调制器209a可以被配置为改变注入波导182、184、186、188、190中的光的感知强度。空间光调制器的示例包括液晶显示器(LCD),该液晶显示器包括硅基液晶(LCOS)显示器。

[0094] 控制器210控制堆叠波导组件178中的一者或多者的操作,包括图像注入装置200、202、204、206、208、光源209c和光调制器209a的操作。在一些实施例中,控制器210是本地数据处理模块70的部分。控制器210包括编程(例如,非暂时性介质中的指令),该编程例如根据诸如本文公开的各种方案中的任何方案,调整定时和向波导182、184、186、188、190提供图像信息。在一些实施例中,控制器可以是单个集成设备,或者是通过有线或无线通信信道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器210可以是处理模块70或72(图1)的部分。

[0095] 继续参考图6,波导182、184、186、188、190可以被配置为通过全内反射(TIR)在每个相应的波导内传播光。波导182、184、186、188、190可以各自是平面的或具有另一形状(例如,弯曲的),具有顶部主表面和底部主表面以及在这些顶部主表面和底部主表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导182、184、186、188、190可各自包括耦出光学元件282、284、286、288、290,耦出光学元件282、284、286、288、290被配置为通过重定向来从波导中提取光,在各自对应的波导内部传播,从波导出射已将图像信息输出到眼睛4。所提取的光也可以被称为耦出光,并且耦出光学元件也可以被称为光提取光学元件。在波导内传播的光照射光提取光学元件的位置处,可以由波导输出所提取的光束。耦出光学元件282、284、286、288、290例如可以是光栅,光栅包括本文进一步所讨论的衍射光学特征。尽管为了便于描述和描绘清楚而示出了设置在波导182、184、186、188、190的底部主表面处,但是在一些实施例中,如本文进一步所讨论的,耦出光学元件282、284、286、288、290可以被设置在顶部和/或底部主表面处,和/或可以被直接设置在波导182、184、186、188、190的体中。在一些实施例中,耦出光学元件282、284、286、288、290可以在连接到透明基地的材料层中形成,从而形成波导182、184、186、188、190。在一些其它实施例中,波导182、184、186、188、190可以是单片材料,并且耦出光学元件282、284、286、288、290可以形成在该片材料的表面上和/或内部中。

[0096] 继续参考图6,如本文所讨论的,每个波导182、184、186、188、190被配置为输出光以形成对应于特定深度平面的图像。例如,最靠近眼睛的波导182可以被配置为将准直光(当准直光注入这种波导182时)传递到眼睛4。该准直光可以代表光学无限远焦平面。下一上行波导184可以被配置为发出准直光,该准直光可到达眼睛4之前通过第一透镜192(例如,负透镜)的准直光;这样的第一透镜192可以被配置为产生微凸的波前曲率,使得眼睛/大脑将来自下一上行波导184的光解释为来自从光学无限远向内更靠近眼睛4的第一焦平

面。类似地,第三上行波导186使其输出光在到达眼睛4之前传输通过第一透镜192和第二透镜194两者。第一透镜192和第二透镜194的组合光焦度(optical power)可以被配置为产生另一波前曲率增量,使得眼睛/大脑将来自第三波导186的光解释为来自从光学无限远向内进一步更靠近人的第二焦平面,而不是来自下一上行波导184的光。

[0097] 其它波导层188、190和透镜196、198被类似地配置,其中堆叠中的最高波导190将其输出发送通过其与眼睛之间的所有透镜,以获得代表距人最近的焦平面的总光焦度。为了在观看/解释来自堆叠波导组件178的另一侧上的世界144的光时补偿透镜堆叠198、196、194、192,可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层180,以补偿下面的透镜堆叠198、196、194、192的总光焦度。这种配置提供与可用的波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面都可以是静态的(即,不是动态的或电活性的)。在一些替代实施例中,使用电活性特征,波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面中的一者或两者都可以是动态的。

[0098] 在一些实施例中,波导182、184、186、188、190中的两者或更多者可具有相同的相关深度平面。例如,多个波导182、184、186、188、190可以被配置为将图像集输出到相同的深度平面,或者波导182、184、186、188、190的多个子集可以被配置为从相同的多个深度平面输出图像,每个深度平面一个集。这可以为形成平铺图像提供优势,以在那些深度平面上提供扩展视野。

[0099] 继续参考图6,耦出光学元件282、284、286、288、290可以被配置为既将光重定向出它们相应的波导之外,也为与波导相关联的特定深度平面输出具有适当的发散量或准直度的该光。因此,具有不同关联深度平面的波导可以具有不同配置的耦出光学元件282、284、286、288、290,不同配置的耦出光学元件282、284、286、288、290根据关联的深度平面输出具有不同发散量的光。在一些实施例中,耦出光学元件282、284、286、288、290可以是体特征或表面特征,其可以被配置为以特定角度输出光。例如,耦出光学元件282、284、286、288、290可以是体全息图、表面全息和/或衍射光栅。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以不是透镜;相反,它们可以仅仅是间隔物(例如,包层和/或用于形成气隙的结构)。

[0100] 在一些实施例中,耦出光学元件282、284、286、288、290是形成衍射图案的衍射特征,或“衍射光学元件”(在本文中也称为“DOE”)。优选地,DOE具有足够低的衍射效率,使得只有一部分光束借助DOE的每个交叉点朝向眼睛4偏转,而其余部分经由全内反射继续前进通过波导。因此,携带图像信息的光被分成多个相关的出射光束,这些出射光束在多个位置处从波导出射,并且针对在波导内弹跳的此特定准直光束,结果是形成朝向眼睛4出射的相当均匀的图案。

[0101] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以在它们活跃地衍射的“开启”状态与不明显衍射的“关闭”状态之间切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中,微滴包括在主体介质中的衍射图案,并且微滴的折射率可以被切换为基本匹配主体材料的折射率(在这种情况下,图案不会显著地衍射入射光)或者微滴可以被切换到与主体介质的折射率失配的折射率(在这种情况下,图案活跃地衍射入射光)。

[0102] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是应当理解,波导组件178中的其它波导可以发挥类似的作用,其中,波导组件178包括多个波导。光400在波导182的输入表面382处注入波导182,并通过TIR在波导182内传播。在光400照射DOE 282上

的点处,一部分光作为出射光束402从波导出射。出射光束402被示为基本上平行,但是如本文所讨论的,它们也可以被重定向为以一定角度(例如,形成发散的出射光束)传播到眼睛4,该角度取决于与波导182相关联的深度平面。应当理解,基本上平行的出射光束可以指示具有耦出光学元件的波导,输出光学元件将光耦出以形成看起来设置在距离眼睛4的较远距离处(例如,光学无限远)的深度平面上的图像。其它波导或耦出光学元件的其它集合可以输出更加发散的出射光束图案,这将需要眼睛4适应更近的距离以使更加发散的出射光束图案聚焦在视网膜上,并且将被大脑解释为来自比光学无限远更靠近眼睛4的距离处的光。

[0103] 在一些实施例中,分量颜色的光可以由单个专用波导输出,因此,每个深度平面可以具有与其相关联的多个波导。光可以分成组分颜色(例如,红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)),并且可能需要将不同的组分颜色发送到波导显示组件的不同层。例如,对于待提供的每个特定深度平面,波导组件可以包括多个波导层以显示不同颜色的光(例如,R、G和B层)。作为示例,具有三个深度平面的波导组件可以包括九个波导层,其中,每个深度平面包括三种颜色(例如,R、G和B)。如本文所述,波导组件可以被配置为将适当颜色的光发送到特定深度平面的特定层(例如,红色光被发送到特定深度平面中的红色层)。例如,每个深度平面可以具有与第一颜色G相关联的第一波导层,与第二颜色R相关联的第二波导层;以及与第三颜色B相关联的第三波导层。因此,在该示例中,每个深度平面可以提供三个波导,其中每个深度平面提供三个分量颜色图像。应当理解,在物理设备中,波导可以全部布置为每层具有一个波导的堆叠形式。这些特定深度平面的波导可以彼此相邻,也可以彼此不相邻。在一些其它实施例中,多个分量颜色可以由相同的波导输出,使得每个深度平面例如可以仅提供单个波导。

[0104] 尽管在上面一般描述为三种分量颜色,但是在一些实施例中,G是绿色,R是红色,B是蓝色。在一些其它实施例中,除了红色、绿色或蓝色之外,可以使用其它颜色(包括品红色和青色),或者这些其它颜色可以替换红色、绿色或蓝色中的一种或多种。

[0105] 应当理解,本公开通篇对给定颜色的光的引用将被理解为包括被观看者感知为具有该给定颜色的光波长范围内的一个或多个波长的光。例如,红光可以包括在约620-780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约492-577nm范围内的一个或多个波长的光,蓝光可以包括在约435-493nm的范围内的一个或多个波长。其它波导也是可能的。

[0106] 现在参考图8,在一些实施例中,可能将照射在例如波导的主面上的光重定向以将该光耦入波导中。可以使用耦入光学元件将光重定向并且将光耦入其对应的波导中。图8示出了多个堆叠波导或堆叠波导组1200的示例的横截面侧视图,其中每个堆叠波导包括耦入光学元件。波导可以被各自配置为输出一个或多个不同波长的光,或一个或多个不同波长范围的光。应当理解,堆叠1200可以对应于堆叠178(图6),并且除了来自图像注入装置200、202、204、206、208中的一者或多者的光从需要重定向光以耦入的位置注入波导中之外,所示的波导堆叠1200可以与多个波导182、184、186、188、190的部分对应。

[0107] 图示的堆叠波导组1200包括波导1210、1220和1230。每个波导包括关联的耦入光学元件,包括例如,设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件1212、设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件1224,以及设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件1232。在一些实施例中,耦入光学元件

1212、1222、1232中的一者或多者可以被设置在相应波导1210、1220、1230的底部主表面上(特别是在一个或多个耦入光学元件是反射性的偏转光学元件的情况下)。如图所示,耦入光学元件1212、1222、1232可以被设置在其相应的波导1210、1220、1230(或下一层波导的顶部)的顶部主表面上,特别是在这些耦入光学元件是透射的偏转光学元件的情况下。在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、1232可以被设置在相应的波导1210、1220、1230的体中。在一些实施例中,如本文所讨论的,耦入光学元件1212、1222、1232是波长选择性的,使得它们在透射其它波长的光的同时选择性地重定向一个或多个波长的光。例如,某些波长的光可以在包括耦入光学元件1212的第一层偏转(例如,反射、折射或衍射)到波导堆叠的第一波导中,而其它波长可以被透射到其它耦入光学元件1222、1232以被导向该堆叠中的其它波导。例如,第一耦入光学元件1212可以被配置为将红光偏转到第一波导(被配置用于红光)中,同时将其它波长(例如,绿色和蓝色)透射到该波导堆叠的其它层。虽然示出为在其相应波导1210、1220、1230的一侧或一角上,但是应当理解,在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、1232可以设置在其相应波导1210、1220、1230的其它区域中。

[0108] 如图所示,耦入光学元件1212、1222、1232可以被彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦入光学元件可以被偏移,使得耦入光学元件接收光,而无需通过另一耦入光学元件。例如,每个耦入光学元件1212、1222、1232可以被配置为从不同的图像注入设备1213、1223、1233接收光,并且可以与其它耦入光学元件1212、1222、1232分开(例如,横向地隔开),使得该耦入光学元件基本上不接收来自耦入光学元件1212、1222、1232中的其它光学元件的光。

[0109] 每个波导还包括关联的光分布元件,其中,例如,设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1214、设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1224、以及设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1234。在一些其它实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在关联波导1210、1220、1230的底部主表面上。在一些其它实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在关联的波导1210、1220、1230的顶部主表面和底部主表面上;或者,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在不同的关联波导1210、1220、1230中的顶部主表面和底部主表面上中的不同主表面上。光分布元件1214、1224、1234可以在x和y两个坐标中分布光。例如,第一光分布元件(可以被称为正交光瞳扩展器)可以在一个方向上分布光,第二光分布元件(可以被称为出射光瞳扩展器)可以在垂直于第一方向的第二方向上分布光。第二光分布元件还可以使光从波导出射以便被引向穿戴者的眼睛。

[0110] 波导1210、1220、1230可以由气体和/或固体材料层间隔开并分开。例如,如图所示,层1218a可以隔开波导1210和1220;并且层1218b可以隔开波导1220和1230。在一些实施例中,层1218a和1218b由低折射率材料(即,具有比形成紧邻的波导1210、1220、1230中的一个波导的材料的折射率低的材料)形成。优选地,形成层1218a、1218b的材料折射率与形成波导1210、1220、1230的材料折射率相差0.05或更大,或者0.10或更小。有利地,较低折射率层1218a、1218b可以作为包层,包层促进通过波导1210、1220、1230的光的全内反射(TIR)(例如,在每个波导的顶部主表面和底部主表面之间的TIR)。在一些实施例中,层1218a、1218b由空气形成。尽管未示出,但应理解,所示的波导组1200的顶部和底部可包括紧邻的包层。

[0111] 优选地,为了便于制造和出于其它考虑,形成波导1210、1220、1230的材料相似或

相同,并且形成层1218a、1218b的材料相似或相同。在一些实施例中,形成波导1210、1220、1230的材料在一个或多个波导之间可以是不同的,和/或形成层1218a、1218b的材料可以是不同的,同时仍然保持上述各种折射率关系。

[0112] 继续参考图8,光线1240、1242、1244入射在波导组1200上。应当理解,光线1240、1242、1244可以通过一个或多个图像注入装置200、202、204、206、208(图6)注入波导1210、1220、1230中。

[0113] 在一些实施例中,光线1240、1242、1244具有不同的特性,例如,对应于不同的颜色的不同的波长或不同的波长范围。耦合光学元件1212、1222、1232各自偏转入射光,使得光通过TIR传播通过波导1210、1220、1230中的相应一者。

[0114] 例如,耦合光学元件1212可以被配置为偏转具有第一波长或波长范围的光线1240。类似地,透射光线1242照射在耦合光学元件1222上并被其偏转,该耦合光学元件1222被配置为偏转第二波长或波长范围的光。同样,光线1244被耦合光学元件1232偏转,该耦合光学元件1232被配置为选择性地偏转第三波长或波长范围的光。

[0115] 继续参考图8,偏转的光线1240、1242、1244被偏转,使得它们传播通过对应的波导1210、1220、1230;也就是说,每个波导的耦合光学元件1212、1222、1232将光偏转到对应的波导1210、1220、1230中,以将光耦合入该对应的波导中。光线1240、1242、1244以一定角度偏转,这些角度使光通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230。光线1240、1242、1244通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230,直到照射到波导的对应光分布元件1214、1224、1234上。如上所述,诸如衍射特征之类的转向特征(例如,在一个或多个全息光学元件中)被用于将光扩散并将光从波导射出到穿戴者的眼睛,以观看由显示器形成的图像。

[0116] 图9A示出了光学耦合到具有MEMS反射镜的深度开关设备的堆叠波导组的示例的横截面侧视图。图9A所示的系统900示出了将光发射到投射器光学器件905中的LED 902。每个LED 902可以包括不同颜色的LED。例如,LED 902a可以是红色(R)LED;LED 902b可以是绿色(G)LED;LED 902c可以是蓝色(B)LED。投射器光学器件905将光投射到包括MEMS反射镜913和917的开关设备910中。在一个实施例中,开关设备910可以是设置在波导组上的MEMS层。MEMS反射镜可以将光重定向到特定深度平面920、930的相应波导中。如图所示,第一列MEMS反射镜913a、913b、913c将光重定向到相应的耦合光学元件922a-c;并且第二列MEMS反射镜917a、917b、917c将光重定向到相应的耦合光学元件932a-c。耦合光学元件922a-c可以各自设置在与第一深度平面D<sub>1</sub> 920相关联的对应波导层上;并且,耦合光学元件932a-c可以各自设置在与第二深度平面D<sub>2</sub> 930相关联的对应波导层上。耦合光学元件922a-c和932a-c可以被设置为接收从对应的反射镜913a-c和917a-c反射的光。在一些实施例中,将光转向穿戴者眼睛的这些波导可以被称为目镜。

[0117] 如图所示,来自LED 902的光可以由开关设备910重定向到与特定深度平面相关联的相应波导。另外,从LED 902发射的每种类型的光(例如,R、G或B色)可以基于由LED输出的光束的位置和耦合光学元件在波导上的位置具有特定的对应波导层和对应耦合光学元件。MEMS开关设备910借助对应耦合光学元件将光重定向到该特定的对应波导层。例如,从LED 902c发射并从投射器光学系统905投射的B色光可以被MEMS反射镜913c重定向到与第一深度平面D<sub>1</sub>相关联的对应应的B色波导,该B色波导在图9A中示出为波导925。继续所示的示例,从LED 902b发射并从投射器光学系统905投射的G色光可以被MEMS反射镜917b重定向到

与第二深度平面D<sub>2</sub>相关联的G色波导,该G色波导在图9A中示出为波导935。耦入光学元件922c和932b可以在该特定波导层内重定向光。继续同一示例,B色光被耦入光学元件922c转向并传播通过波导925;G色光被耦入光学元件932b转向并传播通过波导935。

[0118] LED 902和MEMS反射镜913、917可以由包括一个或多个处理模块的控制器(例如,控制器210)控制。例如,LED 902和MEMS反射镜913、917可被用于基于待重定向到波导组件的相应部分中,并且因此经由对应波导集合重定向到不同深度平面920和930的定序分量颜色的光将图像显示到眼睛中。控制器(例如,控制器210)可以被配置为利用一个或多个处理模块(例如,处理模块70、72)来确定从LED 902发射光的顺序以及调整MEMS反射镜913、917两者以经由波导组件中的相应波导将光重定向到深度平面920和930的顺序。如图9B和图9C所示,MEMS反射镜913、917可被致动,以便以相对于开关设备的平面表面的法线的倾斜角度 $\theta$ (例如,大于或等于约30度的角度,大于或等于约45度的角度,大于或等于约60度的角度等)倾斜出开关设备910的平面。开关设备的平面可以平行于波导925、935的表面的平面。当以所述方式致动以倾斜时,MEMS反射镜913、917可以以相对于特定波导表面的法线的角度 $\beta$ 将光重定向到特定波导。在各种实施例中,MEMS反射镜913和917可以被配置为以大约45度的角度翻出开关设备的平面(或平行于波导的表面的平面)以沿着基本垂直于特定波导的表面的方向将光重定向到该特定的波导。控制器(例如,控制器210)可以被配置为控制致动器或驱动机构,这些致动器或驱动机构被配置为使MEMS反射镜913、917倾斜。图9C示意性地示出了包括反射镜的开关设备的实施方式,这些反射镜被配置为翻进和翻出与开关设备表面平行的平面。在所示的实施方式中,反射镜913b被致动以翻出开关设备910的平面,使得入射光朝着波导925、935反射。反射镜913a和913c未被致动,允许来自投射器905的对应光瞳的光束通过,而无需被朝着波导反射。

[0119] 尽管上面已经描述了具有两个深度平面的系统900,但是可以配置任何数量的深度平面(例如,3个或更多个平面)以被用于MEMS开关设备910。附加地或替换地,尽管上面已经通过三种分量颜色描述了系统900,但是也可以使用其它分量颜色。在要提供附加颜色的实施例中,可以在设备910上包括附加的MEMS反射镜,以将来自这些颜色的光重定向到相应波导和对应耦入光学元件中。

[0120] 图9B示意性地示出了具有MEMS反射镜的深度开关设备的示例的俯视图。图9B示出了MEMS反射镜的俯视图。为简洁起见,系统900包括与图9A所示的系统100相同的组件。图9B示出MEMS反射镜913和917可以以使得每个MEMS反射镜913、917直接覆盖其对应耦入光学元件932的方式在设备910上配置。

[0121] 如本文所述,投射器905可被用于投射光以在可穿戴显示器上生成内容。该投射器905利用LED 902、空间光调制器(例如,光调制器209a)和光学器件将包含图像信息的光束发射到目镜(例如,波导组)中。在各种实施例中,投射器905可具有单个光瞳或多个光瞳。例如,在针对三个波长(R、G和B)中的每一者具有三个深度平面的系统中,投射器905可以被配置为具有九(9)个投射光瞳—每个波长和深度平面组合具有一个投射光瞳。减少投射光瞳的数量可以减小投射器905的尺寸。可以使用上述MEMS反射镜来减少投射光瞳的数量。例如,在针对三个波长(R、G和B)中的每一者具有三个深度平面的系统中,投射器905可以被配置为具有三(3)个投射光瞳—每个波长R、G和B具有一个投射光瞳。来自三(3)个投射光瞳的光可以通过致动与特定波导相关联的反射镜而被耦入与特定波长和特定深度平面相关联

的特定波导中。以这种方式,投射器的投射光瞳的数量可以从九(9)减少到三(3)。作为另一说明性示例,在如图9A所示具有两个深度平面的系统900中,通过使用允许将每个波长的光的投射光瞳重定向到特定深度平面的MEMS反射镜913和917,可以将投射光瞳的数量从六(6)减少到三(3)。在不损失一般性的情况下,当可穿戴显示器包括眼镜时,可以使用一个投射器将信息内容投射到每只眼睛中。

[0122] 如上所述,利用多个光瞳的投射器系统可以比本文描述的系统(例如,图9A和9B所示的系统900,图10A所示的系统1050A和图10B所示的系统1050B)更大和更重。例如,如上所述,用于三深度平面的投射器系统(三色系统)可具有由投射器(例如,单独的激光器或LED)提供的九个光瞳。与单光瞳或单色或单深度系统相比,这样的配置可以导致投射器具有明显更大的直径。这种尺寸可能不是期望的,因为它增加了重量和体积,并且可能限制可穿戴架构内的元件放置。

[0123] 本文描述的系统和方法允许全色、多深度可穿戴显示器。如关于图9A至图9B所描述的,该系统利用MEMS反射镜技术选择性地用于不同波长的投射光瞳路由到各个深度平面。在一些实施例中,单个MEMS反射镜可被用于将光路由到两个潜在输出中的一者。例如,当反射镜处于“关闭”状态时,反射镜如图9C所示平放。因此,光线仅从该反射镜上通过并继续沿直线行进。当反射镜处于“打开”状态时,如图9C所示,反射镜以相对于波导表面的法线的角度 $\theta$ (例如,大约45度的角度)向上/向下翻出与该波导的平面平行的开关设备的平面。因此,光照射到该反射镜并反射,其中,光束现在以相对于波导表面的法线的角度 $\theta$ (例如,大约90度)转向。

[0124] 在单个光瞳系统的一个实施例中,各个反射镜以 $1 \times N$ 阵列排列。因此,现在可以通过针对对应于所需信道的相应波导激活或致动反射镜来将一个输入光束切换到多个输出信道。作为另一示例,如图10B所示,三深度平面系统可以使用 $1 \times 3$ 反射镜阵列。如果第一反射镜处于“打开”状态,则图像被路由到深度 $D_1$ 。如果第一反射镜“关闭”(例如,向下)并且第二反射镜“打开”(例如,向上),则图像被路由到深度平面 $D_2$ 。这样的实施例可以被用作单个光瞳系统的深度开关。

[0125] 作为另一实施例,可以针对多光瞳系统配置深度开关。这样的深度开关可以减少或最小化通过投射器905透射的光瞳数量。因此可以用更小、更轻的投射器实现深度切换。例如,如上所述,全色3深度平面分割光瞳投射器系统可能需要通过投射器透射9个单独的光瞳。相比之下,在这样的具有MEMS反射镜或开关以在深度平面之间切换的系统中,由投射器提供的光瞳数量可以被减少到三个(1个红色、1个绿色和1个蓝色)并且仍然实现相同的全色3深度平面性能。例如,如上面关于图9A中的设备910所述,利用两个 $1 \times 3$ MEMS反射镜阵列或6个全反射镜将光重定向到两个深度平面的相应波导。如图所示,投射器905投射三个光瞳(例如,来自LED 902a、902b、902c的光)。同样地,投射器的照射部分可以包含3个光瞳,每种颜色中的一者可能以线性图案排列。当从投射器出射时,每种颜色可以寻址到 $1 \times 3$ 反射镜阵列的特定反射镜。因此,现在可以将每个光瞳(例如,每种颜色)路由到任何深度平面。可以通过向每个光瞳通道添加附加的反射镜来实现可缩放性。因此,系统900是 $n \times n$ 可缩放的。

[0126] 多光瞳投射器的投射器尺寸和重量的减小也是一种改进。通过减少系统中光瞳的数量,可以减小光学器件的尺寸。这不仅导致光学器件本身的重量减轻,而且也实现了与较

小的壳体和安装部件相关的额外重量减轻。另外,当光瞳以线性阵列对准时,投射器的一个轴可以制造得比其它轴薄得多(例如,与具有圆形光瞳配置的9光瞳系统相比)。利用正确的取向,投射器905的这种减小的尺寸可以允许以对于较大系统不可能的配置进行安装。因此,可以显着改善可穿戴设备的人体工程学,而不仅仅是简单的重量减轻。

[0127] 其它MEMS反射镜配置是可能的。在系统900的另一实施例中,MEMS反射镜的数量被减少到两个。因此,不是包括两个 $1 \times 3$ 反射镜阵列,而是存在单个 $1 \times 2$ 反射镜阵列,其中,反射镜横跨一个轴延伸,使得所有光瞳针对给定深度平面照射同一反射镜。这样的配置可以减少移动部件并且例如为驱动机构提供更多空间。驱动机构可以致动MEMS反射镜使其发生倾斜。对于这样的方法,可以以更快的致动时间或响应时间更快地驱动MEMS反射镜,以适应不同的颜色。

[0128] 在各种实施例中,从每个LED发射的光可以被排序以在颜色顺序操作中在不同时间发射不同颜色。例如,在一个实施例中,可以在任何给定时刻打开一种颜色,并且以对所有帧保持恒定的特定序列打开颜色。可以以足够快的速率对颜色进行排序,以便眼睛将它们解释为同步。例如,在具有用于给定深度平面的所有三个R、G和B通道的一个MEMS反射镜的一个实施例中,与具有用于三个R、G和B通道的三个单独的MEMS反射镜的实施例相比,MEMS反射镜可以以所需帧速率的三倍速率切换。在具有用于三个R、G和B通道中的每者的三个单独的MEMS反射镜的实施例中,从每个LED发射的光可以是非顺序的,其中,从多个LED同时发射光。例如,R色LED可以发射将被与第一深度平面相关联的第一MEMS反射镜重定向的光,同时G色LED可以发射将被与第二深度平面相关联的第二MEMS反射镜重定向的光。这样的实施例可以被称为完全可寻址的,因为用于每个颜色分量和每个深度平面的每个MEMS反射镜可以被独立地寻址或致动。在这种情况下,MEMS反射镜可以针对全RGB显示器以所需帧速率切换。在另一实施例中,MEMS反射镜可以以任何其它所需帧速率切换。在其它实施例中,MEMS反射镜可以针对非颜色顺序方法切换。

[0129] 图10A和图10B示出了包括多个MEMS反射镜的显示系统的实施例1050A和1050B的俯视图。图10A的实施例1050A和图10B的实施例1050B包括多个光源1002a、1002b和1002c,这些光源被配置为输出三种不同波长的光(例如,红色、绿色和蓝色)。不同波长的光由具有三个投射光瞳的投射器1005投射。投射器1005的不同投射光瞳(例如,每个投射光瞳)可以与从三个光源1002a、1002b和1002c发射的相应波长的光相关联。从投射器1005投射的光入射在与波导系统1008相关联的开关设备1010上。波导系统1008可包括与多个深度平面相关联的多个波导。例如,波导系统1008可以包括九(9)个波导,九个波导中的第一三个波导与第一深度平面(D1)相关联,九个波导中的第二三个波导与第二深度平面(D2)相关联,九个波导中的第三三个波导与第三深度平面(D3)相关联。与特定深度平面相关联的波导可以被配置为耦入三种投射波长的光中的相应一者。波导系统1008中的不同波导(例如,每个波导)可以与耦入光学元件1012相关联,该耦入光学元件1012被配置为耦入三种投射波长的光中的相应一者。图10A的实施例1050A的开关设备1010包括 $3 \times 3$ 的MEMS反射镜阵列1014。 $3 \times 3$ 的MEMS反射镜阵列1014中的不同MEMS反射镜(例如,每个MEMS反射镜)被配置为朝向与三个深度平面D1、D2或D3中的一者相关联的对应耦入光学元件1012重定向三种波长的光中的相应一者。如上所述,实施例1000A中的 $3 \times 3$ 的开关设备1010阵列中的不同MEMS反射镜可以是完全可寻址的,使得可以独立地寻址或致动与不同颜色分量和深度平面相关联的MEMS

反射镜。

[0130] 图10B的实施例1050B的开关设备1010包括 $1 \times 3$ 的MEMS反射镜1014阵列。图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第一反射镜与第一深度平面D1相关联,图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第二反射镜与第二深度平面D2相关联;并且图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第三反射镜与第三深度平面D3相关联。当被致动时,图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第一反射镜被配置为将从投射器1005输出的三种波长中的任一者的光导向与第一深度平面相关联的多个波导,图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第二反射镜被配置为将从投射器1005输出的三种波长中的任一者的光导向与第二深度平面相关联的多个波导,并且图10B的实施例1050B的开关设备1010的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的第三反射镜被配置为将从投射器1005输出的三种波长中的任一者的光导向与第三深度平面相关联的多个波导。

[0131] 在一些实施例中,从不同LED发射的光可被排序以在颜色顺序操作中在不同时间发射不同颜色,并且被实施例1050B所示的开关设备1010中的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的一个MEMS反射镜转向,以朝向与三个深度平面D1、D2或D3中的一者相关联的耦入光学元件1012中的一者重定向特定波长。在一些实施例中,投射器可以被配置为同时发射不同波长的光,这些光可以被图10B的实施例1050B所示的开关设备1010中的 $1 \times 3$ 的反射镜阵列中的一个或多个反射镜转向,以朝向用于部分颜色的相应耦入光学元件1012重定向所发射的不同波长到,并且这些耦入光学元件与三个深度平面D1、D2或D3中的一者相关联。

[0132] 参考图10A和图10B,波导系统1008中的每个波导可以进一步包括光学元件1025和光学元件1020,光学元件1025被配置为扩展耦入光的光瞳尺寸,光学元件1020被配置为将光重定向到波导之外。

[0133] 在其它实施例中,MEMS反射镜包括如图9D-1和图9D-2所示的滑动反射镜。例如,在这些实施例中,MEMS反射镜可以向上滑入光束的路径以进行切换。如图9D-1所示,当反射镜未被致动时,入射光束950通过而不被反射。当被致动时,反射镜中的一者(例如,反射镜913b)可以向上滑入光束950的路径。如图9D-2所示,光束950被致动的反射镜(例如,反射镜913b)反射为光束952。滑动反射镜也可以彼此更靠近地放置,因此在一些实施例中,滑动反射镜相对于倾斜反射镜的组装密度具有更高的组装密度。由于MEMS反射镜展开较小,这可以缩短投射器的工作距离。投射器工作距离的缩短也可以减小投射器的尺寸和重量。MEMS反射镜的其它配置或动作是可能的。

[0134] 本文描述了各个创新方面的各种示例实施例。以非限制性的意义参考这些实施例。提供它们是为了说明各个创新方面的更广泛适用的实施方式。在不脱离这些实施例和实施方式的范围和精神的情况下,可以对所描述的实施例和实施方式进行各种改变,并且可以用等同物替换。

[0135] 例如,尽管有利地用于在跨多个深度平面上提供图像的AR显示器,但是本文公开的增强现实内容也可以由在单个深度平面上提供图像的系统显示。

[0136] 此外,可以进行许多修改以使特定情况、材料、物质组成、过程、多个过程动作或多个步骤适应各个创新方面的多个目的、精神或范围。此外,如本领域技术人员将理解的,在不脱离各个创新方面的范围或精神的情况下,本文描述和说明的每个单独的变型具有分立

的部件和特征,这些部件和特征可以容易地与其它若干实施例的任意特征分离或组合。所有这样的修改旨在落入与本公开关联的权利要求的范围内。

[0137] 各个创新方面包括可以使用主题设备执行的方法。该方法可以包括提供这种合适设备的行为。这种提供可以由用户执行。换句话说,“提供”动作仅需要用户获得、访问、接近、定位、设置、激活、加电或其它动作以在主题方法中提供必需的设备。本文所述的方法可以按照逻辑上可能的所述事件的任何顺序以及按照所述的事件顺序来执行。

[0138] 上面已经阐述了各个创新方面的示例以及关于材料选择和制造的细节。有关各个创新方面的其它细节,可以结合以上引用的专利和出版物以及本领域技术人员通常已知或理解的方式理解这些细节。对于基于方法的方面,就通常或逻辑上采用的附加动作而言,这同样适用。

[0139] 此外,尽管已经参考可选地结合各种特征的若干示例描述了各个创新方面,但是各个创新方面不限于被描述或指示的关于各个创新方面的每个变型所预期。在不脱离各个创新方面的精神和范围的情况下,可以对所描述的本发明进行各种改变,并且可以替换等同物(无论是在本文所述的还是为了简洁起见而未包括的)。此外,在提供值的范围的情况下,应该理解,在该范围的上限与下限之间的每个中间值,以及在所述范围内的任何其它所述值或中间值都包含在各个创新方面之内。

[0140] 此外,可以预期的是,所描述的发明变型的任何可选特征可以被独立地或者与本文所述的任何一个或多个特征相组合地来进行阐述和要求保护。对单数项的引用包括存在多个相同项的可能性。更具体地说,除非另有具体说明,当在本文和与本文相关联的权利要求中所使用的,单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”包括复数个指示物。换句话说,所述冠词的使用允许上述说明书以及与本公开相关联的权利要求中的“至少一个”主题项。还应注意,这样的权利要求可以被撰写为排除任何可选元素。因此,本声明旨在作为使用与权利要求元素的叙述相关的诸如“单独”、“仅”之类的排他性术语或使用“否定”限制的先行基础。

[0141] 在不使用这种排他性术语的情况下,与本公开相关联的权利要求中的术语“包括”应允许包括任何附加元素,不管在这样的权利要求中是否列举给定数量的元素,或者添加特征可以被视为改变这样的权利要求中阐述的要素的性质。除非本文中具体定义,否则本文所用的所有技术和科学术语在保持权利要求有效性的同时尽可能广泛地被赋予通常理解的含义。

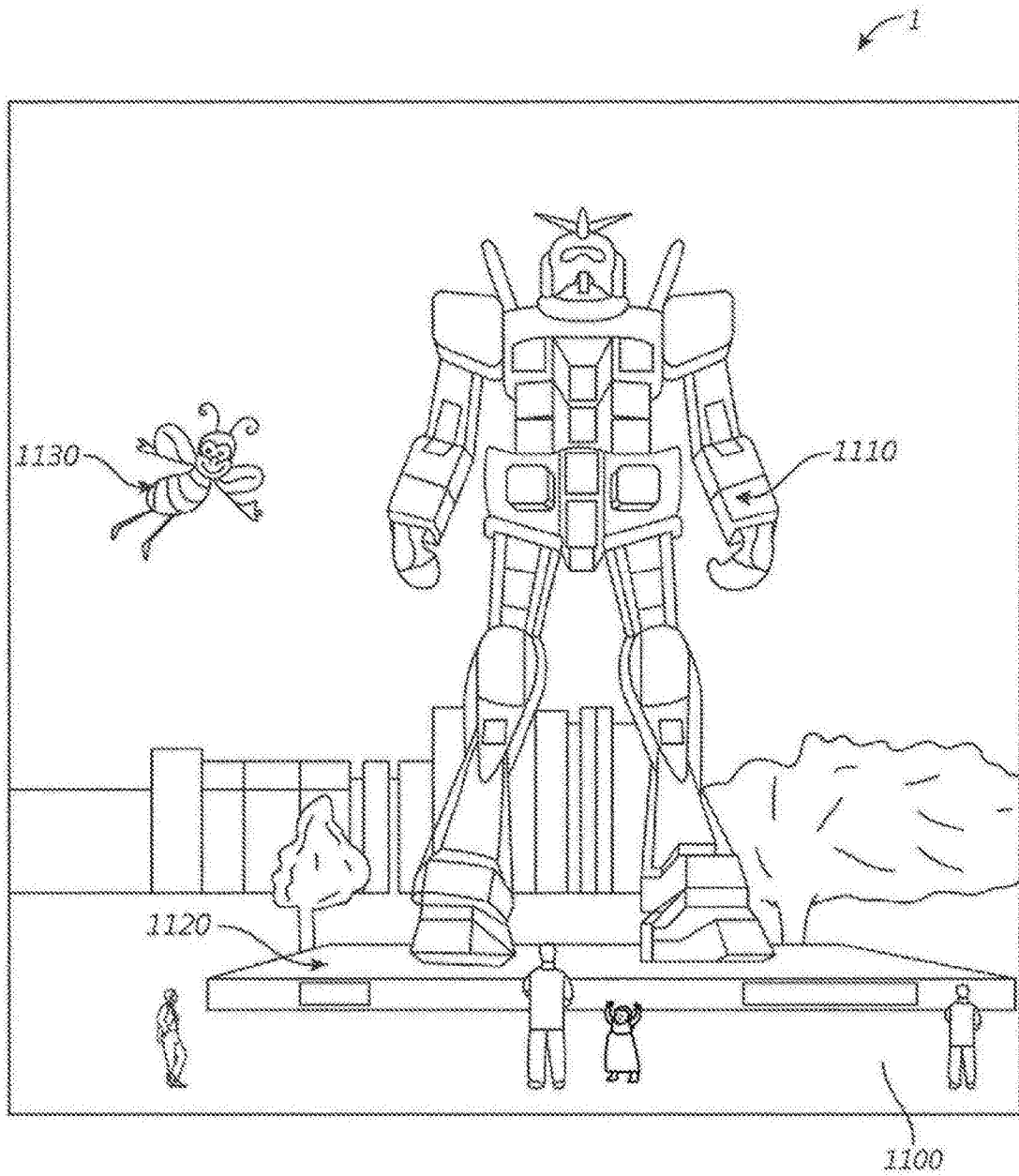


图1

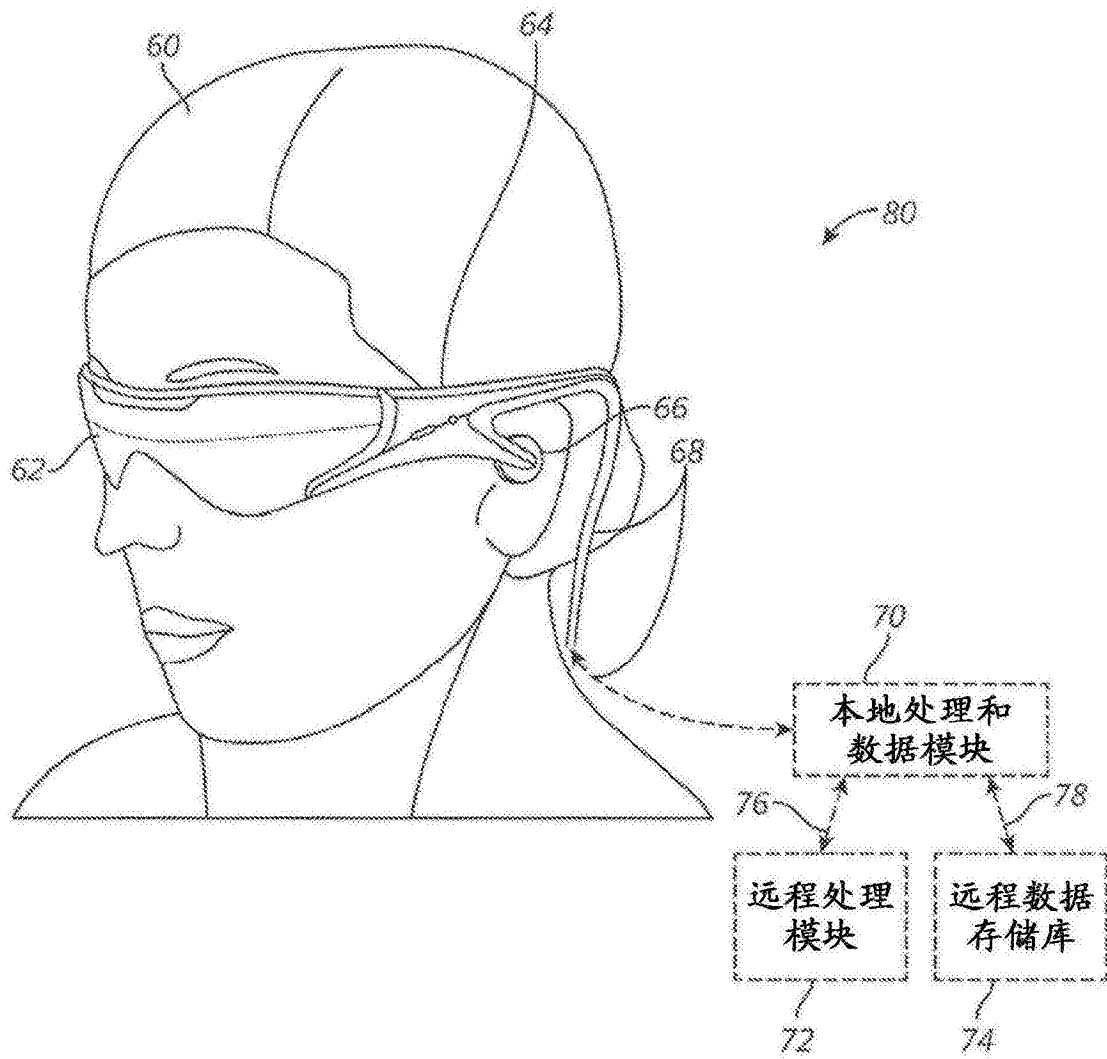


图2

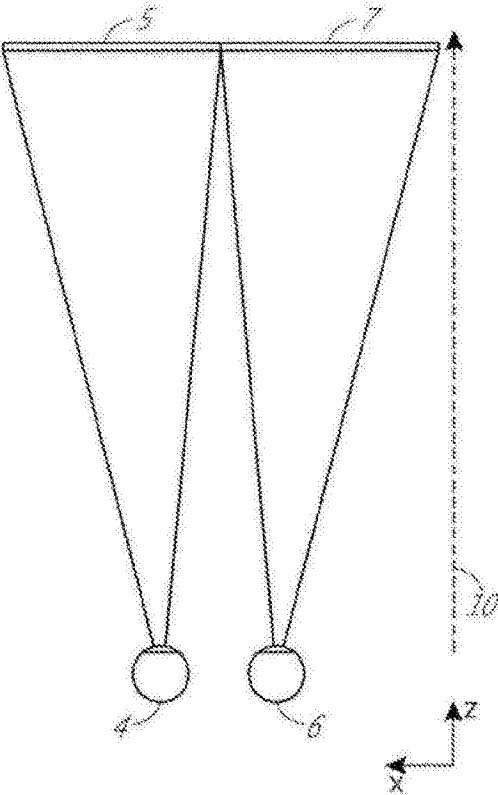


图3

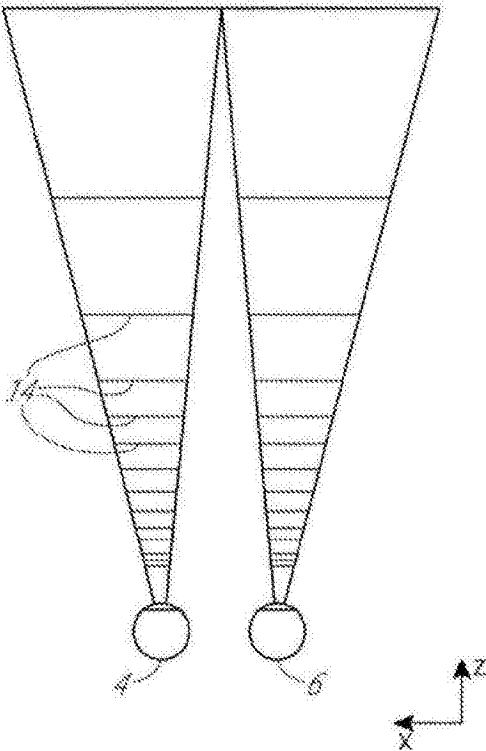


图4

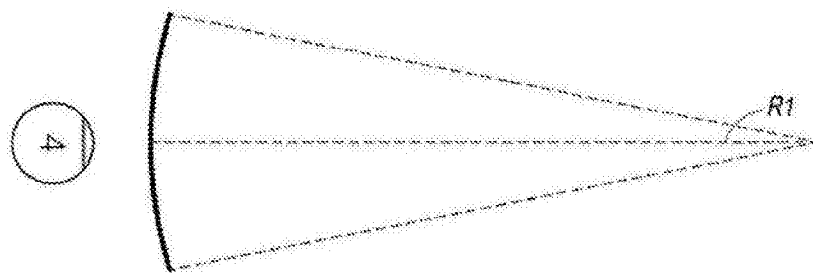


图5A

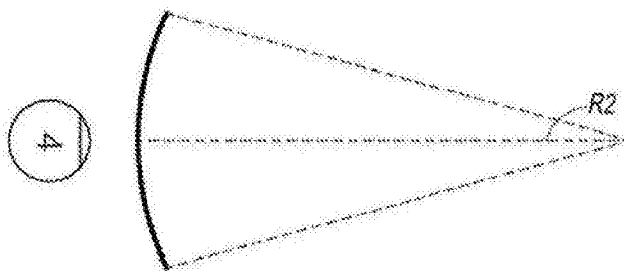


图5B

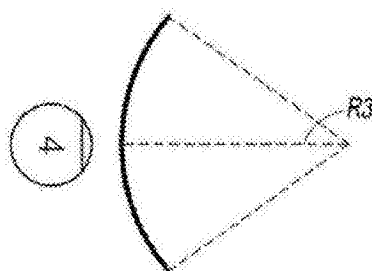


图5C



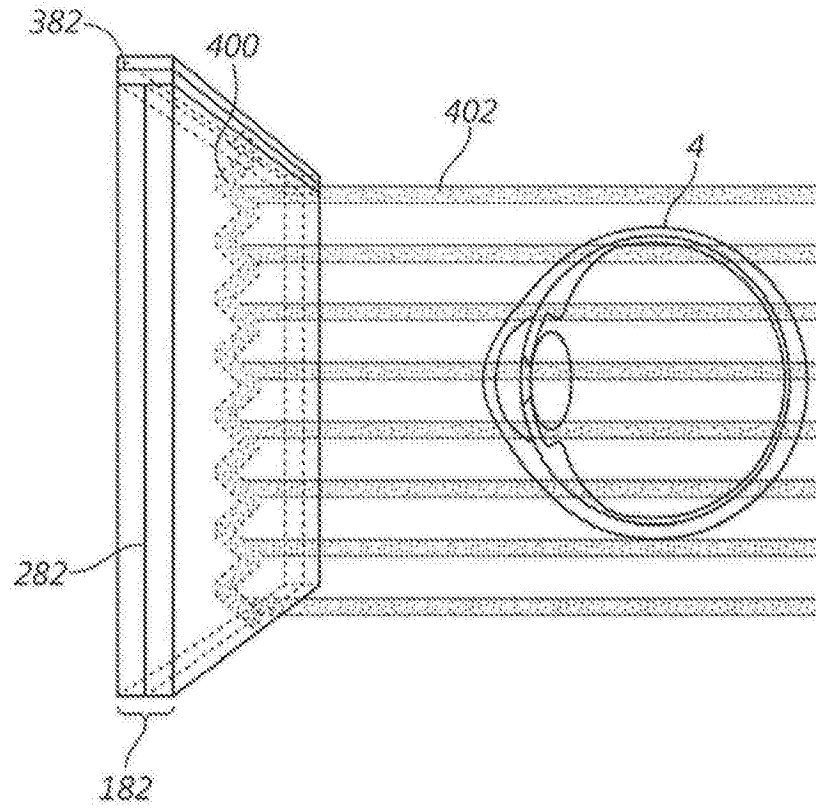


图7

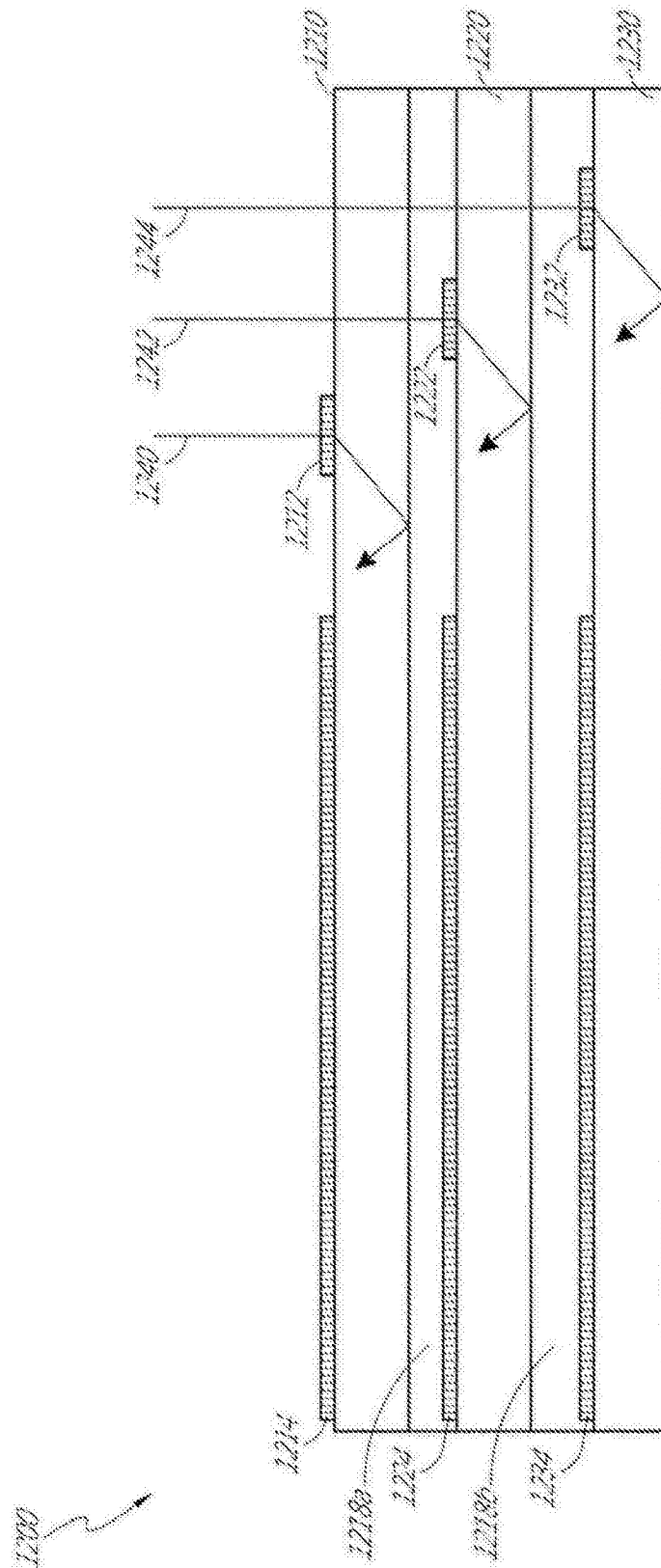


图8

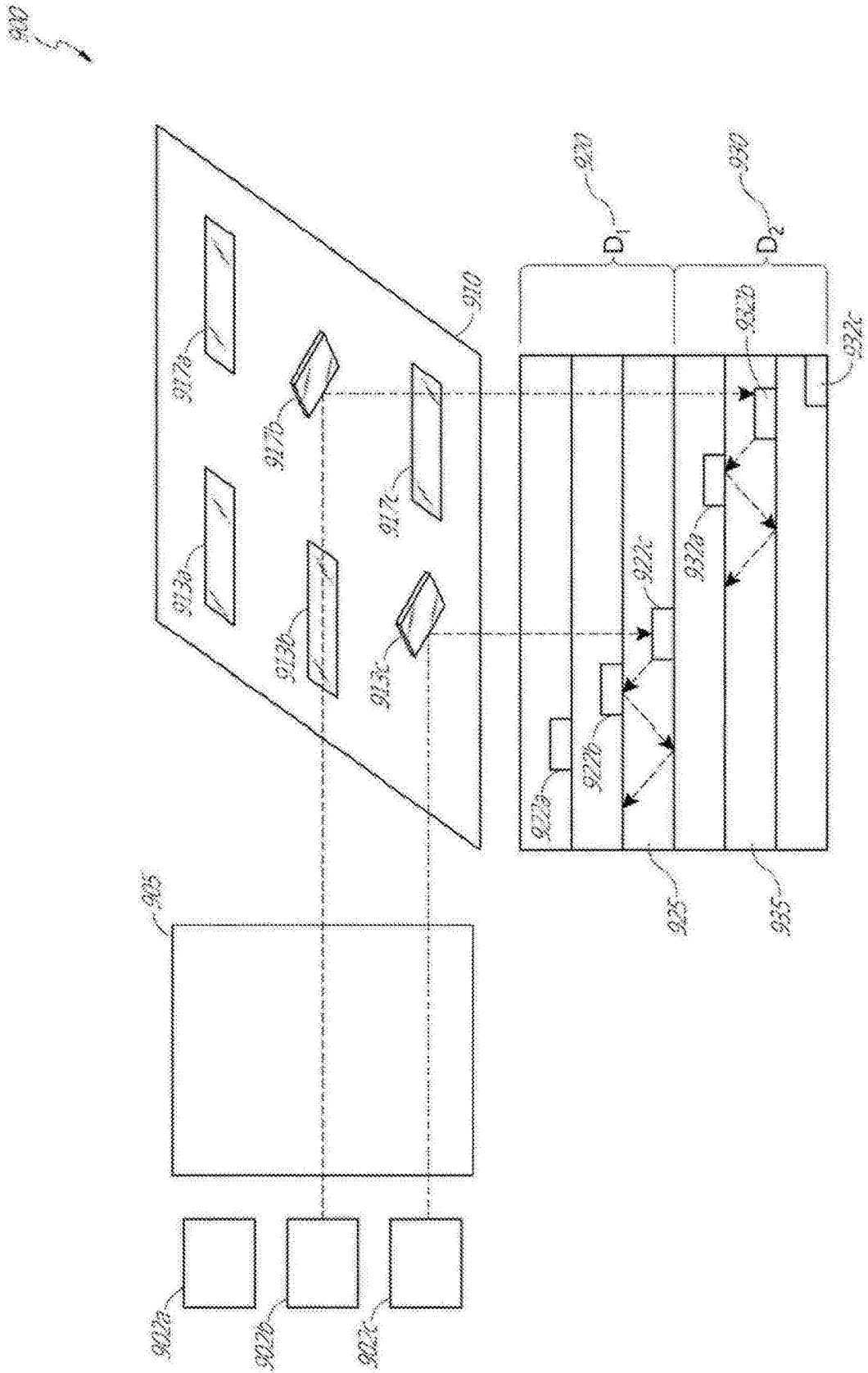


图9A

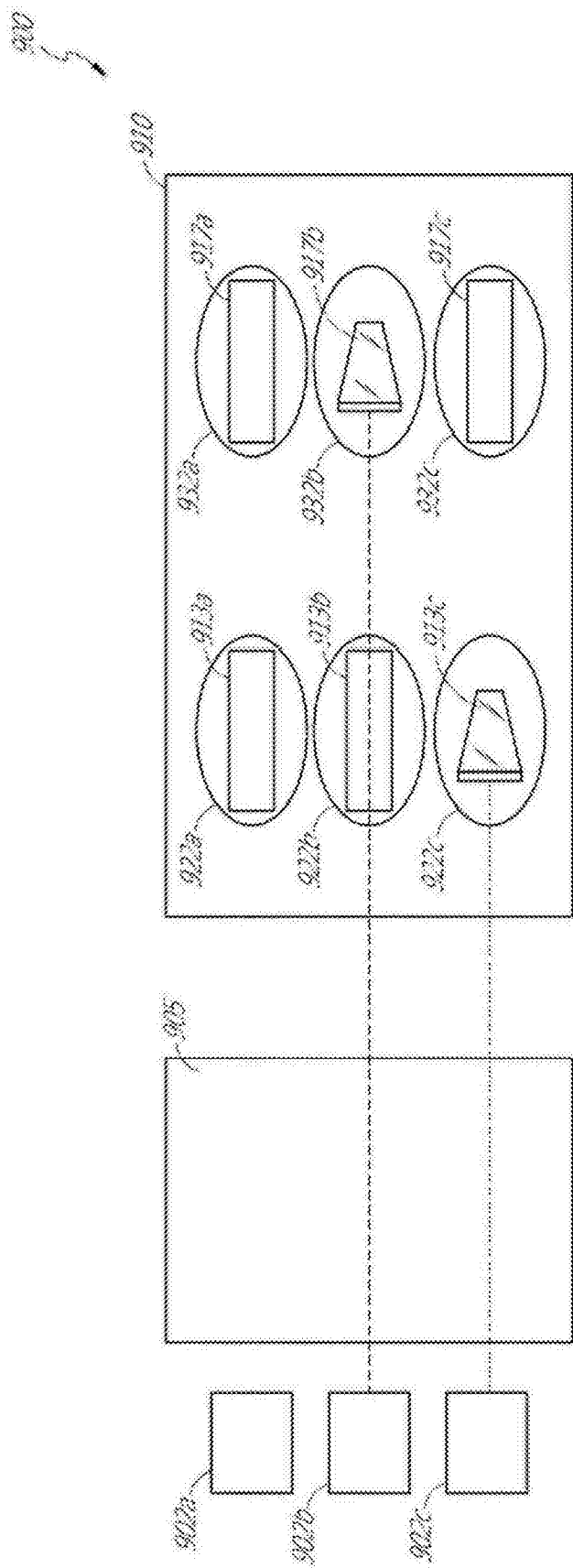


图9B

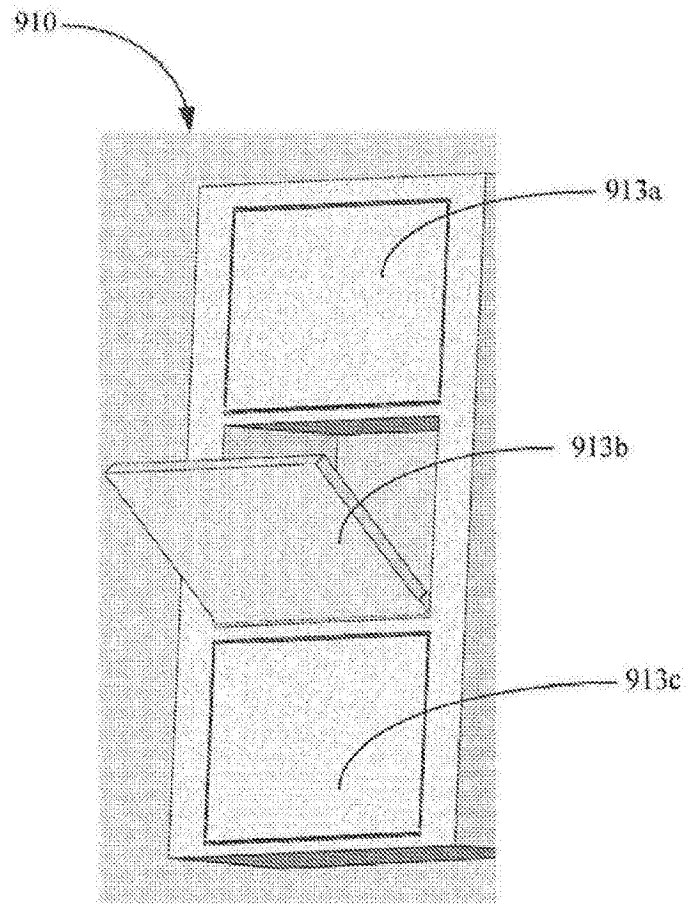


图9C

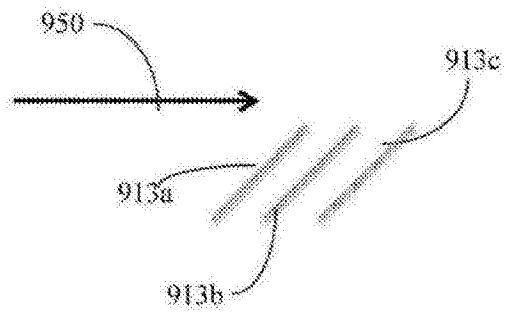


图9D-1

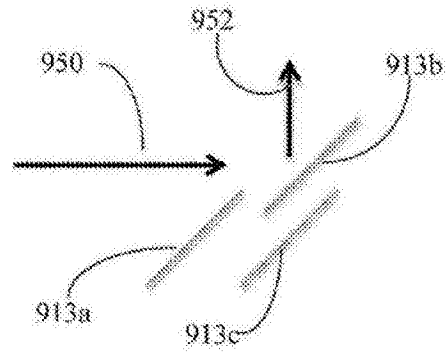


图9D-2

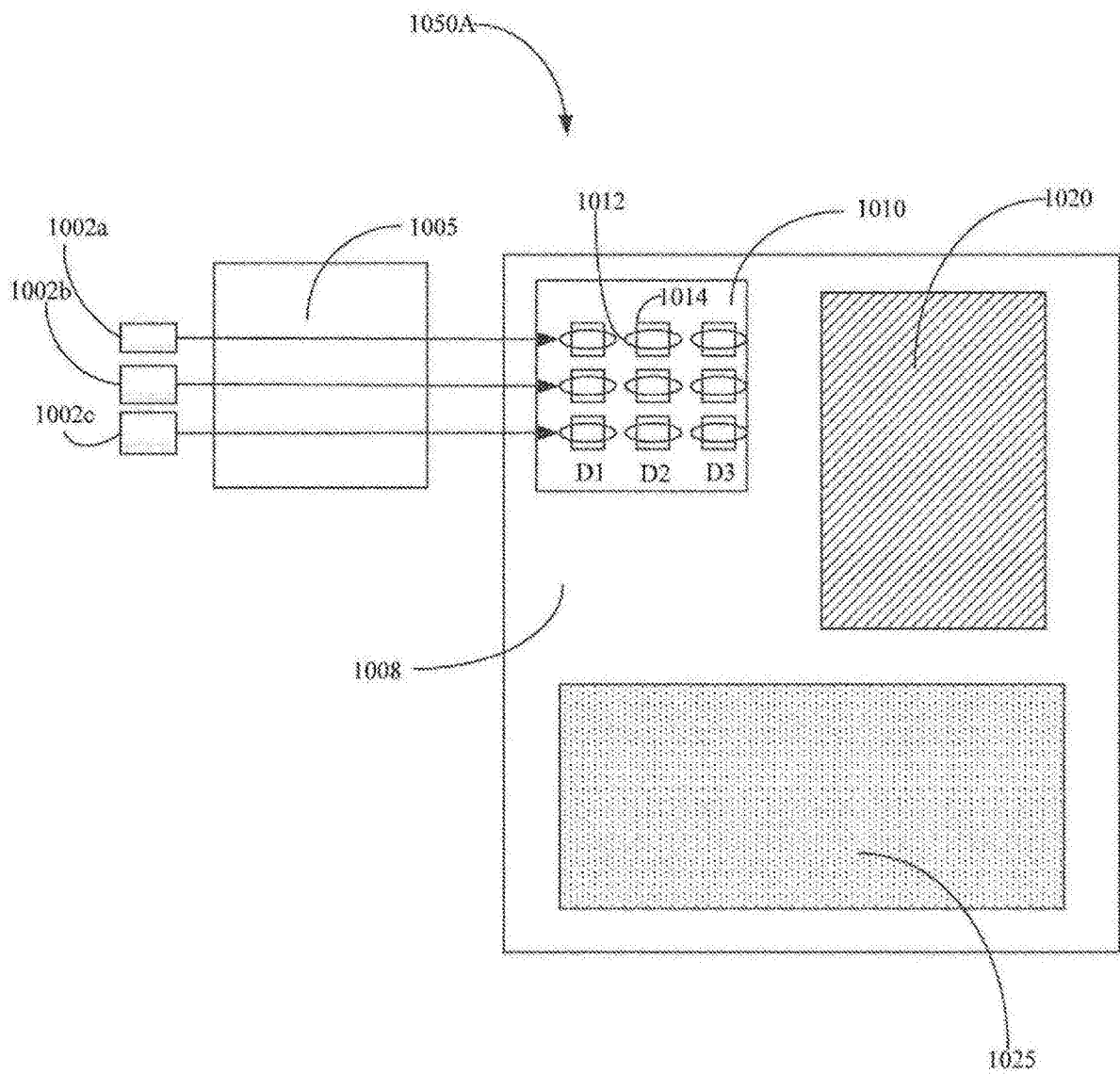


图10A

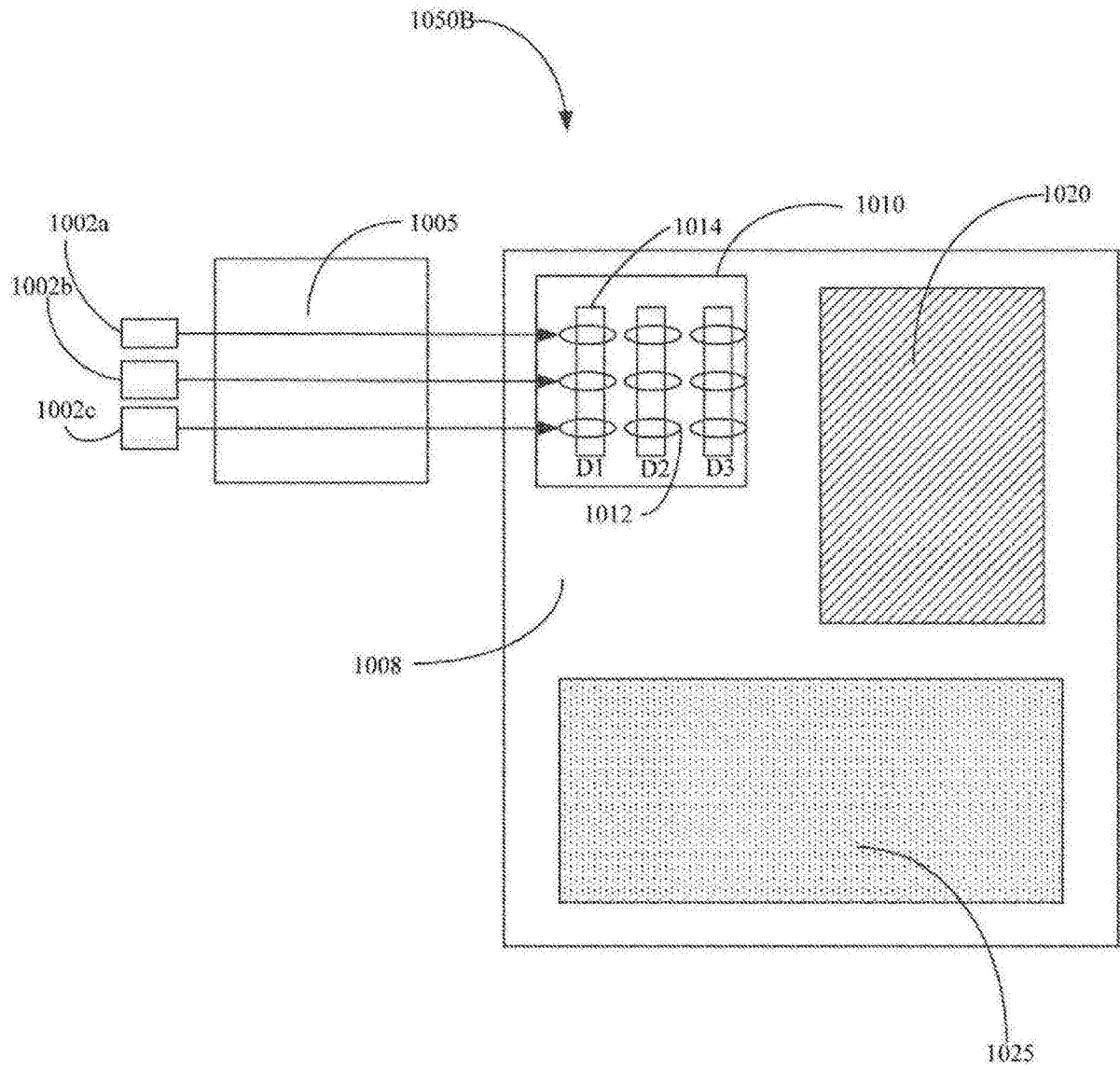


图10B