



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111465887 B

(45) 授权公告日 2024.12.20

(21) 申请号 201880079731.6

(73) 专利权人 奇跃公司

(22) 申请日 2018.10.11

地址 美国佛罗里达州

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 L·E·埃德温 I·L·C·杨

申请公布号 CN 111465887 A

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

(43) 申请公布日 2020.07.28

11247

(30) 优先权数据

专利代理人 杨晓光 于静

62/571,203 2017.10.11 US

(51) Int.CI.

G02B 27/01 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G02B 27/18 (2006.01)

2020.06.10

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据

US 2017168307 A1, 2017.06.15

PCT/US2018/055457 2018.10.11

US 2014168035 A1, 2014.06.19

(87) PCT国际申请的公布数据

审查员 张明

W02019/075231 EN 2019.04.18

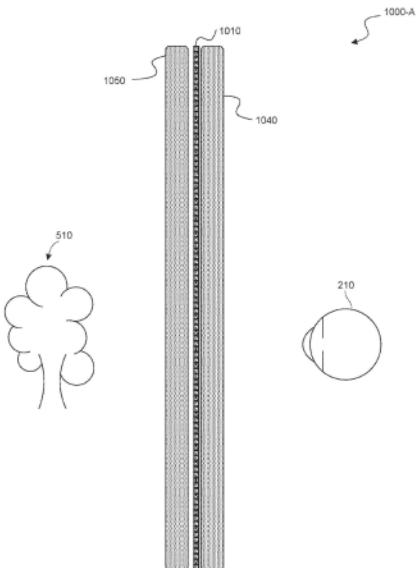
权利要求书2页 说明书41页 附图38页

(54) 发明名称

包括具有透明发射显示器的目镜的增强现实显示器

(57) 摘要

一种增强现实头戴式显示系统包括具有透明发射显示器的目镜。目镜和透明发射显示器位于用户的眼睛的光学路径中，以便将光透射到用户的眼睛内以形成图像。由于显示器的透明性质，用户可以通过透明发射显示器看到外部环境。透射发射显示器包括多个发射器，这些多个发射器被配置为将光发射到用户的眼睛内。第一可变焦光学元件位于透明发射显示器和用户的眼睛之间，并且被配置为修改发射光，从而为待被用户解释为处于特定深度平面上的图像信息提供适当的发散量。第二可变焦光学元件位于透明发射显示器和环境之间，并且被配置为抵消第一可变焦光学元件对环境视图的效应。



1. 一种头戴式显示系统,被配置为向用户的眼睛投射光以在所述用户的视野中显示增强现实图像内容,所述头戴式显示系统包括:

框架,其被配置为被支撑在所述用户的头部;

目镜,其被设置在所述框架上,所述目镜的至少一部分是透明的并且在所述用户穿戴所述头戴式显示器时被设置在所述用户的眼睛前方的位置处,以使得所述透明部分将来自所述用户前方的环境的光向所述用户的眼睛透射以提供所述用户前方的环境的视图;以及

至少一个遮光器,其包括空间光调制器,所述空间光调制器被配置为接收电输入以使所述空间光调制器的一个或多个像素是透射的而所述空间光调制器的其他像素是不透明的,

其中,所述目镜包括具有多个发射器的透明发射显示器,所述透明发射显示器被配置为将光发射到所述用户的眼睛内以向所述用户的视野显示增强现实图像内容,所述透明发射显示器在区域上是透明的并且是发射性的,所述透明发射显示器在所述用户穿戴所述头戴式显示器时被设置在所述用户的眼睛前方的位置处,以使得所述透明发射显示器通过所述透明发射区域将来自所述用户前方的环境的光向所述用户的眼睛透射以提供所述用户前方的环境的视图。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述透明发射显示器包括有机发光二极管(OLED)显示器。

3. 根据权利要求1或2所述的系统,进一步包括:近端透镜阵列,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述近端透镜阵列处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

4. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述近端透镜阵列被配置为减小由所述透明发射显示器发射的光的散度。

5. 根据权利要求3或4所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括具有正光焦度的透镜。

6. 根据权利要求3至5中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列被配置为对由所述透明发射显示器发射的光进行准直。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括与所述发射器相距焦距处设置的具有正光焦度的透镜。

8. 根据权利要求3至7中任一项所述的系统,进一步包括远端透镜阵列,其被设置在所述透明发射显示器的与所述近端侧相对的远端侧,以使得所述远端透镜阵列处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述远端透镜阵列具有抵消由所述近端透镜阵列引入的光焦度的光焦度,以减小所述近端透镜阵列对所述用户前方的环境的视图的折射效应。

10. 根据权利要求1至9中任一项所述的系统,进一步包括近端可变焦光学元件,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述近端可变焦光学元件处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以改变所述可变焦光学元件的状态和所述可变焦光学元件的焦点。

12. 根据权利要求10或11所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件被配置为改变从所述发射显示器发射的光的散度以使不同的图像内容像从所述目镜前方的不同距离被发射一样显示。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件被配置为在引入不同的负光焦度的两个状态之间变化以改变来自所述透明发射显示器的光的散度。

14. 根据权利要求10或11所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件被配置为在处于一个状态时对来自所述透明发射显示器的光进行准直。

15. 根据权利要求10至14中任一项所述的系统,进一步包括远端可变焦光学元件,其被设置在所述透明发射显示器的远端侧,以使得所述远端可变焦光学元件处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

16. 根据权利要求15所述的系统,其中,所述远端可变焦光学元件具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以改变所述远端可变焦光学元件的状态和所述远端可变焦光学元件的焦点。

17. 根据权利要求15或16所述的系统,其中,所述远端可变焦光学元件被配置为提供抵消由所述近端可变焦光学元件引入的光焦度的光焦度,以减小所述近端可变焦光学元件对所述用户前方的环境的视图的折射效应。

18. 根据权利要求10至17中任一项所述的系统,进一步包括至少一个遮光器,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述至少一个遮光器处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述至少一个遮光器包括各自包括多个像素的第一空间光调制器和第二空间光调制器,所述第一空间光调制器和第二空间光调制器具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变所述像素的透射状态。

20. 根据权利要求19所述的系统,进一步包括电子器件,其被电耦接到所述第一空间光调制器和所述第二空间光调制器的所述电输入端,以使所述第一空间光调制器上的一个或多个像素是透射的而周围像素是不透明的,并且使所述第二空间光调制器上的一个或多个所述像素是透射的而所述第二空间光调制器上的周围像素是不透明的,以使得从所述透明发射显示器的某些发射器发射的某个角度方向的光既通过所述第一空间光调制器的所述透射像素又通过所述第二空间光调制器的所述透射像素来传播。

21. 根据权利要求1至20中任一项所述的系统,其中,所述透明发射显示器包括具有透明导电材料的电极。

22. 根据权利要求1至21中任一项所述的系统,进一步包括:近端透镜和远端透镜,所述近端透镜和所述远端透镜被设置在所述透明发射显示器与环境之间的光学路径中,其中,所述至少一个遮光器在所述近端透镜与所述远端透镜之间。

## 包括具有透明发射显示器的目镜的增强现实显示器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35U.S.C. §119(e)要求于2017年10月11日提交的,序列号为62/571,203的,名称为“**AUGMENTED REALITY DISPLAY COMPRISING EYEPIECE HAVING A TRANSPARENT EMISSIVE DISPLAY(包括具有透明发射显示器的目镜的增强现实显示器)**”的美国临时专利申请的优先权益,该申请公开的全部内容特此通过引用并入此文。

[0003] 通过引用并入

[0004] 本申请通过引用并入以下每个专利申请的全部内容作:于2014年11月27日提交的,序列号为14/555,585的美国申请;于2015年7月23日公开的,序列号为2015/0205126的美国公开;于2015年4月18日提交的序列号为14/690,401的,作为于2015年10月22日公开的序列号为2015/0302652的美国公开的美国申请;2014年3月14日提交的,序列号为14/212,961的美国申请,现为于2016年8月16日公开的序列号为9,417,452的美国专利;于2014年7月14日提交的,序列号为14/331,218的,于2015年10月29日公开为序列号为2015/0309263的美国公开的美国申请;于2017年4月6日提交的,序列号为15/481,255(代理人编号为MLEAP.059A)的,于2017年10月12日公开为序列号为2017/0293145的美国公开的美国申请;2017年6月12日提交的序列号为62/518,539(代理人编号MLEAP.119PR)的美国临时专利申请;于2018年6月12日提交的序列号为16/006,080(代理人编号MLEAP.119A)的,于\_\_\_\_\_公开为序列号为\_\_\_\_\_的美国公开的美国专利申请,以及于2018年2月22提交的序列号15/902,927(代理人编号MLEAP.057A2)的,于2018年8月23日公开为序列号为2018/0239177的美国公开的美国专利申请。

### 技术领域

[0005] 本公开涉及显示系统,更具体地,涉及增强现实显示系统。

### 背景技术

[0006] 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,其中,数字重现图像或其部分以看起来真实或可以被感知为真实的方式被呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,而对于其它实际的真实世界的视觉输入不透明,而增强现实或“AR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现作为对用户周围的真实世界的可视化的增强。混合现实或“MR”场景是一种AR场景,并且通常涉及集成到自然世界中并响应于自然世界的虚拟对象。例如,在MR场景中,AR图像内容可以被真实世界中的对象遮挡或者被感知为与真实世界中的对象交互。

[0007] 参考图1,示出了增强现实场景10,在该场景中,AR技术的用户看到真实世界公园式设置20,该设置环境以人、树、位于背景中的建筑物以及混凝土平台30为特征。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30上的机器人雕像40,以及一个正在飞舞的卡通式化身角色50,该化身角色看起来是大黄蜂的化身,即使这些元素40、50在真实世界中不存在。由于人类视觉感知系统复杂,因此产生有助于在

其它虚拟或真实世界图像元素中舒适、感觉自然、丰富地呈现虚拟图像元素的AR技术极具挑战性。

[0008] 本文公开的系统和方法解决了与AR和VR技术相关的各种挑战。

## 发明内容

[0009] 本文描述了包括具有可用于增强现实的透明发射显示器的目镜的头戴式显示系统的各种示例。

[0010] 示例一第一部分

[0011] 示例1:一种头戴式显示系统,其被配置为向用户的眼睛投射光以在所述用户的视野中显示增强现实图像内容,所述头戴式显示系统包括:

[0012] 框架,其被配置为被支撑在所述用户的头部;以及

[0013] 目镜,其被设置在所述框架上,所述目镜的至少一部分是透明的并且在所述用户穿戴所述头戴式显示器时被设置在所述用户的眼睛前方的位置处,以使得所述透明部分将来自所述用户前方的环境的光向所述用户的眼睛透射以提供所述用户前方的环境的视图,

[0014] 其中,所述目镜包括具有多个发射器的透明发射显示器,所述透明发射显示器被配置为将光发射到所述用户的眼睛内以向所述用户的视野显示增强现实图像内容,所述透明发射显示器在区域上是透明的并且是发射性的,所述透明发射显示器在所述用户穿戴所述头戴式显示器时被设置在所述用户的眼睛前方的位置处,以使得所述透明发射显示器通过所述透明发射区域将来自所述用户前方的环境的光向所述用户的眼睛透射以提供所述用户前方的环境的视图。

[0015] 示例2:根据示例1所述的系统,其中,所述透明发射显示器包括有机发光二极管(OLED)显示器。

[0016] 示例3:根据示例1或2所述的系统,进一步包括:近端透镜阵列,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧上,以使得所述近端透镜阵列处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0017] 示例4.:根据示例3所述的系统,其中,所述近端透镜阵列被配置为减小由所述透明发射显示器发射的光的散度。

[0018] 示例5:根据示例3或4所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括具有正光焦度的透镜。

[0019] 示例6:根据示例3至5中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列被配置为对由所述透明发射显示器发射的光进行准直。

[0020] 示例7:根据示例6所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括与所述发射器相距焦距处设置的具有正光焦度的透镜。

[0021] 示例8:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括远端透镜阵列,其被设置在所述透明发射显示器的与所述近端侧相对的远端侧,以使得所述远端透镜阵列处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

[0022] 示例9:根据示例8所述的系统,其中,所述远端透镜阵列具有抵消由所述近端透镜阵列引入的光焦度的光焦度,以减小所述近端透镜阵列对所述用户前方的环境的视图的折射效应。

[0023] 示例10:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括近端可变焦光学元件,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述近端可变焦光学元件处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0024] 示例11:根据示例10所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以改变所述可变焦光学元件的状态和所述可变焦光学元件的焦点。

[0025] 示例12:根据示例10或11所述的系统,其中所述近端可变焦光学元件被配置为改变从所述发射显示器发射的光的散度以使不同的图像内容像从所述目镜前方的不同距离处被发射一样显示。

[0026] 示例13:根据示例10至12中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件被配置为在引入不同的负光焦度的两个状态之间变化以改变来自所述透明发射显示器的光的散度。

[0027] 示例14:根据示例10或11所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件被配置为在处于一个状态时对来自所述透明发射显示器的光进行准直。

[0028] 示例15:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括远端可变焦光学元件,其被设置在所述透明发射显示器的远端侧,以使得所述远端可变焦光学元件处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

[0029] 示例16:根据示例15所述的系统,其中,所述远端可变焦光学元件具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以改变所述远端可变焦光学元件的状态和所述远端可变焦光学元件的焦点。

[0030] 示例17:根据示例15或16所述的系统,其中,所述远端可变焦光学元件被配置为提供抵消由所述近端可变焦光学元件引入的光焦度的光焦度,以减小所述近端可变焦光学元件对所述用户前方环境的视图的折射效应。

[0031] 示例18:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括遮光器对,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述遮光器对处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0032] 示例19:根据示例18所述的系统,其中,所述遮光器对包括各自包含多个像素的第一空间光调制器和第二空间光调制器,所述第一空间光调制器和第二空间光调制器具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变所述像素的透射状态。

[0033] 示例20:根据示例19所述的系统,进一步包括电子器件,其被电耦接到所述第一空间光调制器和所述第二空间光调制器的所述电输入端,以使得所述第一空间光调制器上的一个或多个像素是透射的而周围像素是不透明的,并且所述第二空间光调制器上的一个或多个所述像素是透射的而所述第二空间光调制器上的周围像素是不透明的,以使得从所述透明发射显示器的某些发射器发射的某个角度方向的光既通过所述第一空间光调制器的所述透射像素又通过所述第二空间光调制器的所述透射像素来传播。

[0034] 示例21:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括远端遮光器,其被设置在所述透明发射显示器的远端侧,以使得所述远端遮光器处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

[0035] 示例22:根据示例21所述的系统,其中,所述远端遮光器包括具有多个像素的空间

光调制器,所述远远端遮光器具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变所述像素的透射状态。

[0036] 示例23:根据示例22所述的系统,进一步包括电子器件,其被电耦接到所述空间光调制器的所述电输入端,以使所述空间光调制器上的一个或多个像素是透射的而周围像素是不透明的,以选择性地遮挡所述用户前方的环境的视图的部分。

[0037] 示例24:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述透明透射区域跨所述目镜的所述透明部分的至少50%延伸。

[0038] 示例25:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述透明透射区域跨所述目镜的所述透明部分的至少75%延伸。

[0039] 示例26:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述透明发射区域为至少4平方厘米。

[0040] 示例27:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括至少一个遮光器,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述至少一个遮光器处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0041] 示例28:根据示例27所述的系统,其中,所述至少一个遮光器包括具有多个像素的空间光调制器,所述空间光调制器具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变所述像素的透射状态。

[0042] 示例29:根据示例28所述的系统,进一步包括电子器件,其被电耦接到所述空间光调制器的所述电输入端,以使所述空间光调制器上的一个或多个像素是透射的而周围像素是不透明的,以使得从所述透明发射显示器的某些发射器发射的某个角度方向的光通过所述空间光调制器的所述透射像素两者传播。

[0043] 示例30:根据示例27至29中任一项所述的系统,进一步包括近端透镜或近端透镜阵列,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述近端透镜或近端透镜阵列处所述透明发射显示器和所述至少一个遮光器之间。

[0044] 示例31:根据示例30所述的系统,其中,所述近端透镜或近端透镜阵列具有焦距,并且被设置在距所述至少一个遮光器与所述焦距相对应的距离远,以使得来自所述透明发射显示器的光的不同角度分量被聚焦在所述至少一个遮光器处。

[0045] 示例32:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括电子器件,所述电子器件被通信地耦接到所述近端可变焦光学元件。

[0046] 示例33:根据权利要求32所述的显示系统,其中,所述电子器件被配置为基于用于显示图像内容的深度来调节所述近端可变焦光学元件的光焦度。

[0047] 示例34:根据示例32或33中任一项所述的系统,其中,所述电子器件被通信地耦接到所述远端可变焦光学元件。

[0048] 示例35:根据示例32至34中任一项所述的系统,其中,所述电子器件被配置为响应于所述近端可变焦光学元件的光焦度来调节所述远端可变焦光学元件的光焦度。

[0049] 示例36:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括至少一个传感器,其被配置为监视所述用户的一个或多个特征。

[0050] 示例37:根据示例36所述的系统,其中,所述至少一个传感器包括至少一个相机。

[0051] 示例38:根据示例36或37所述的系统,其中,所述至少一个传感器被配置为监视所

述用户的眼睛的定位。

[0052] 示例39:根据示例36至38中任一项所述的系统,其中,所述电子器件被通信地耦接到所述透明发射显示器,并且所述至少一个传感器和所述电子器件被配置为:

[0053] 从所述至少一个传感器接收指示所述用户的一个或多个特征的输出数据;以及

[0054] 基于从所述至少一个传感器接收的所述输出数据来调节所述近端可变焦光学元件的光焦度。

[0055] 示例40:根据示例39所述的系统,其中,所述电子器件被配置为基于从所述至少一个传感器接收的所述输出数据来调节所述远端可变焦光学元件的光焦度。

[0056] 示例41:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述透明发射显示器被配置为向所述用户投射发散光以显示图像内容。

[0057] 示例42:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件的光焦度被配置为通过调节来针对所述用户的视力提供视力校正。

[0058] 示例43:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件的光焦度被配置为根据用于校正两个或更多个距离处的所述用户的视力的处方(prescription)进行调节。

[0059] 示例44:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件的光焦度被配置为根据用于校正所述用户的视力的处方进行调节。

[0060] 示例45:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件包括夹在两个基板之间的液晶层。

[0061] 示例46:根据示例45所述的系统,其中所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件包括在施加电压时改变所述液晶层的折射率的电极。

[0062] 示例47:根据示例45或46所述的系统,其中,所述基板包括玻璃。

[0063] 示例48:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述电子器件被配置为通过施加电流或电压来使所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件的折射率变化。

[0064] 示例49:根据示例3至48中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列和/或所述远端透镜阵列包括微透镜阵列。

[0065] 示例50:根据示例3至49中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列和/或所述远端透镜阵列包括波片透镜阵列。

[0066] 示例51:根据示例3至50中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列和/或所述远端透镜阵列包括波长选择透镜阵列。

[0067] 示例52:根据示例3至51中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列和/或所述远端透镜阵列具有符号相反的光焦度。

[0068] 示例53:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括设置在所述透明发射显示器的远端侧的具有光焦度的一个或多个反射光学元件。

[0069] 示例54:根据示例53中任一项所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括一个或多个胆甾型液晶反射波片透镜。

[0070] 示例55:根据示例53中任一项所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括胆甾型液晶反射波片透镜阵列。

[0071] 示例56:根据示例53至55中任一项所述的系统,进一步包括位于所述透明发射显示器和所述一个或多个反射光学元件之间的延迟器。

[0072] 示例57:根据示例56所述的系统,其中,所述延迟器包括四分之一波片。

[0073] 示例58:根据示例3至57中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括多个透镜,所述透镜中的不同透镜被光学耦接到所述透明发射显示器的相应像素组。

[0074] 示例59:根据示例58所述的系统,其中,所述电子器件被配置为根据相同的照明图案来控制光学耦接到所述近端透镜阵列中的两个或更多个相应透镜的所述透明发射显示器的两个或更多个像素组。

[0075] 示例60:根据示例58所述的系统,其中,所述透明发射显示器的每个像素组被配置为从不同视角(perspective)显示图像信息。

[0076] 示例61:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括位于所述透明发射显示器和所述近端可变焦光学元件和/或所述远端可变焦光学元件之间的一个或多个液晶层,其中,所述电子器件被配置为向所述一个或多个液晶层的像素施加电流或电压,以选择性地遮挡部分入射光。

[0077] 示例62:根据示例61所述的系统,其中,所述至少一个处理器被配置为向所述一个或多个液晶层的像素施加调制的电流或电压,所述调制的电流或电压具有调制频率。

[0078] 示例63:根据示例62所述的系统,其中,所述调制频率为至少60Hz。

[0079] 示例64:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端可变透镜元件和/或所述远端可变透镜元件包括:

[0080] 一个或多个波片透镜,其被配置为具有第一偏振的光提供第一光焦度,以及为具有第二偏振的光提供第二光焦度;以及

[0081] 位于光学路径中的一个或多个可切换波片,所述一个或多个可切换波片被配置为选择性地改变传播通过其的光的偏振态,

[0082] 其中,所述近端可变透镜元件和/或所述远端可变透镜元件被配置为在施加相应的电信号时提供可调节的相应的光焦度。

[0083] 示例65:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述电子器件被配置为使所述近端可变透镜元件和/或所述远端可变透镜元件以使得所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件向传播通过其的来自所述周围环境的环境光赋予基本恒定的净光焦度的方式同步地在不同状态之间切换。

[0084] 示例66:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括至少一个遮光器,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述至少一个遮光器处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0085] 示例67:根据示例66所述的系统,其中,所述至少一个遮光器包括各自包含多个像素的第一空间光调制器和第二空间光调制器,所述第一空间光调制器和所述第二空间光调制器具有电输入端,所述电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变所述像素的透射状态。

[0086] 示例68:根据示例67所述的系统,进一步包括电子器件,其被电耦接到所述第一空

间光调制器和所述第二空间光调制器的所述电输入端,以使所述第一空间光调制器上的一个或多个像素是透射的而周围像素是不透明的,并且所述第二空间光调制器上的一个或多个所述像素是透射的而在所述第二空间光调制器上的周围像素是不透明,以使得从所述透明发射显示器的某些发射器发射的某个角度方向的光既通过所述第一空间光调制器的所述透射像素又通过所述第二空间光调制器的所述透射像素来传播。

[0087] 示例69:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括设置在所述透明发射显示器的远端侧的一个或多个反射光学元件。

[0088] 示例70:根据示例69所述的系统,其中,所述反射光学元件被设置为接收来自所述透明发射显示器的光并将所述光向所述用户的眼睛反射。

[0089] 示例71:根据示例69或70所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括一个或多个液晶反射透镜。

[0090] 示例72:根据示例69或70所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括液晶反射透镜阵列。

[0091] 示例73:根据示例69至72中任一项所述的系统,进一步包括位于所述透明发射显示器和所述一个或多个反射光学元件之间的延迟器。

[0092] 示例74:根据示例73所述的系统,其中,所述延迟器包括四分之一波长延迟器。

[0093] 示例75:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括近端透镜,其被设置在所述透明发射显示器的近端侧,以使得所述近端透镜处于所述透明发射显示器和所述用户的眼睛之间。

[0094] 示例76:根据示例75所述的系统,其中,所述近端透镜包括单个透镜。

[0095] 示例77:根据示例75或76所述的系统,其中,所述近端透镜被配置为减少由所述透明发射显示器发射的光的散度。

[0096] 示例78:根据示例75至77中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜包括具有正光焦度的透镜。

[0097] 示例79:根据示例75至78中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜被配置为对由所述透明发射显示器发射的光进行准直。

[0098] 示例80:根据示例79所述的系统,其中,所述近端透镜包括设置与所述发射器相距焦距处设置的具有正光焦度的透镜。

[0099] 示例81:根据示例75至79中任一项所述的系统,进一步包括远端透镜,其被设置在所述透明发射显示器的与所述近端侧相对的远端侧,以使得所述远端透镜处于所述透明发射显示器和所述用户前方的环境之间。

[0100] 示例82:根据示例81所述的系统,其中,所述远端透镜包括单个透镜。

[0101] 示例83:根据示例81或82所述的系统,其中,所述远端透镜具有抵消由所述近端透镜引入的光焦度的光焦度,以减小所述近端透镜对所述用户前方的环境的视图的折射效应。

[0102] 示例84:根据示例69或70所述的系统,其中,所述反射光学元件包括液晶。

[0103] 示例85:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括波片透镜。

[0104] 示例86:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述波片透镜包括液晶。

[0105] 示例87:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述波片透镜是反射的。

- [0106] 示例88:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括波片小透镜阵列。
- [0107] 示例89:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述波片小透镜阵列包括液晶。
- [0108] 示例90:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述波片小透镜阵列是反射的。
- [0109] 示例91:根据示例69至90所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括一个或多个液晶反射波片透镜。
- [0110] 示例92:根据示例69至90所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括液晶反射波片透镜阵列。
- [0111] 示例93:根据示例69至91中任一项所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括一个或多个胆甾型液晶反射波片透镜。
- [0112] 示例94:根据示例69至92中任一项所述的系统,其中,所述一个或多个反射光学元件包括胆甾型液晶反射波片透镜阵列。
- [0113] 示例95:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述近端透镜阵列包括液晶。
- [0114] 示例96:根据上述示例中任一项所述的系统,其中,所述远端透镜阵列包括液晶。
- [0115] 示例97:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括位于所述透明发射显示器的近端侧的近端透镜。
- [0116] 示例98:根据上述示例中任一项所述的系统,进一步包括位于所述透明发射显示器的远端侧的远端透镜。
- [0117] 示例一第二部分
- [0118] 示例1:一种显示系统,包括:
- [0119] 一种头戴式显示器,其被配置为向观看者投射光以在一个或多个深度平面上显示图像信息,所述显示器包括:
- [0120] 发光面板,其被配置为产生光,其中,所述发光面板被进一步配置为允许来自周围环境中的对象的光传播通过所述周围环境到达所述观看者;
- [0121] 第一可变焦透镜组件,其位于所述发光面板和所述观看者的第一只眼睛之间;
- [0122] 第二可变焦透镜组件,其位于所述发光面板和所述周围环境之间;以及
- [0123] 至少一个传感器,其被配置为监视所述观看者的一个或多个特征;
- [0124] 至少一个处理器,其被通信地耦接到所述发光面板和所述至少一个传感器,其中,所述至少一个处理器被配置为:
- [0125] 从所述至少一个传感器接收指示所述观看者的一个或多个特征的输出数据;以及
- [0126] 基于从所述至少一个传感器接收的所述输出数据来调节所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件的光焦度。
- [0127] 示例2:根据示例1所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被配置为取决于用于显示所述图像信息的深度平面来调节所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件的光焦度。
- [0128] 示例3:根据示例1所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被配置为响应于所述第一可变焦透镜组件的光焦度来调节所述第二可变焦透镜组件的光焦度。
- [0129] 示例4:根据示例1所述的显示系统,其中,所述发光面板中的一个或多个发射器被

配置为向所述观看者投射发散光以显示所述图像信息。

[0130] 示例5:根据示例1所述的显示系统,其中,所述至少一个传感器包括至少一个相机,所述至少一个相机被配置为监视所述观看者的第一只眼睛的定位。

[0131] 示例6:根据示例1所述的显示系统,其中,所述第一可变焦透镜组件和/或所述第二可变焦透镜组件的光焦度根据用于校正两个或更多个距离处的所述观看者视力的处方进行调节。

[0132] 示例7:根据示例1所述的显示系统,其中,所述第一可变焦透镜组件和/或所述第二可变焦透镜组件包括夹在两个基板之间的液晶层。

[0133] 示例8:根据示例7所述的显示系统,其中所述第一可变焦透镜组件和/或所述第二可变焦透镜组件包括在施加电压时改变所述液晶层的折射率的电极。

[0134] 示例9:根据示例7所述的显示系统,其中,所述基板包括玻璃。

[0135] 示例10:根据示例1所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被进一步配置为通过施加电流或电压来使所述第一可变焦透镜组件和/或所述第二可变焦透镜组件的折射率变化。

[0136] 示例11:根据示例1所述的显示系统,其中,所述发光面板包括有机发光二极管(OLED)膜。

[0137] 示例12:根据示例11所述的显示系统,其中,所述显示器进一步包括光学耦接到所述OLED膜的透镜阵列。

[0138] 示例13:根据示例12所述的显示系统,其中,所述透镜阵列位于所述OLED膜和所述第一可变焦透镜组件之间。

[0139] 示例14:根据示例13所述的显示系统,其中,所述透镜阵列包括微透镜阵列。

[0140] 示例15:根据示例13所述的显示系统,其中,所述透镜阵列包括波片透镜阵列。

[0141] 示例16:根据示例13所述的显示系统,其中,所述透镜阵列包括波长选择透镜阵列。

[0142] 示例17:根据示例13所述的显示系统,其中,所述显示器进一步包括位于所述OLED膜和所述第二可变焦透镜组件之间的另一透镜阵列,

[0143] 其中,所述两个透镜阵列具有符号相反的光焦度。

[0144] 示例18:根据示例12所述的显示系统,其中,所述透镜阵列位于所述OLED膜和所述第二可变焦透镜组件之间。

[0145] 示例19:根据示例13所述的显示系统,其中,所述透镜阵列包括胆甾型液晶反射波片透镜阵列。

[0146] 示例20:根据示例13所述的显示系统,其中,所述显示器进一步包括位于所述OLED膜和所述胆甾型液晶反射波片透镜阵列之间的四分之一波片。

[0147] 示例21:根据示例12所述的显示系统,其中,所述透镜阵列中的每个透镜被光学耦接到所述OLED膜的相应的像素组。

[0148] 示例22:根据示例21所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被配置为根据相同的照明图案来控制光学耦接到所述透镜阵列中的两个或更多个相应透镜的所述OLED膜的两个或更多个像素组。

[0149] 示例23:根据示例21所述的显示系统,其中,所述OLED膜的每个像素组被配置为从

不同的视角显示图像信息。

[0150] 示例24:根据示例1所述的显示系统,其中,所述显示器进一步包括位于所述发光面板和所述第一可变焦透镜组件之间的一个或多个液晶层,其中,所述至少一个处理器被配置为向所述一个或多个液晶层的像素施加电流或电压,以选择性地遮挡部分入射光。

[0151] 示例25:根据示例24所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被配置为以特定的调制频率向所述一个或多个液晶层的像素施加电流或电压的脉冲。

[0152] 示例26:根据示例25所述的显示系统,其中,所述特定调制频率为至少60Hz。

[0153] 示例27:根据示例1所述的显示系统,其中,所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件包括:

[0154] 一个或多个波片透镜,其被配置为具有第一偏振的光提供第一光焦度,以及为具有第二偏振的光提供第二光焦度;以及

[0155] 位于光学路径中的一个或多个可切换波片,其中,所述一个或多个可切换波片中的每一者被配置为选择性地改变传播通过其的光的偏振态,以及

[0156] 其中,所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件被配置为在施加相应的电信号时提供可调节的相应的光焦度。

[0157] 示例28:根据示例27所述的显示系统,其中,所述至少一个处理器被配置为使所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件以使得所述第一可变焦透镜组件和所述第二可变焦透镜组件向传播通过其的来自所述周围环境的环境光赋予基本恒定的净光焦度的方式同步地在不同状态之间切换。

## 附图说明

[0158] 图1示出了通过AR设备的增强现实(AR)的用户的视图。

[0159] 图2示出了用于为用户模拟三维影像的传统显示系统。

[0160] 图3A至图3C示出了曲率半径与焦半径之间的关系。

[0161] 图4A示出了人类视觉系统的调节-辐辏响应的表示。

[0162] 图4B示出了用户的一对眼睛的不同调节状态和辐辏状态的示例。

[0163] 图4C示出了用户经由显示系统观看内容的俯视图表示的示例。

[0164] 图4D示出了用户经由显示系统观看内容的俯视图表示的另一示例。

[0165] 图5示出了用于通过修改波前发散来模拟三维影像的方法的各方面。

[0166] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。

[0167] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0168] 图8示出了堆叠波导组件的示例,其中每个深度平面包括使用多种不同分量颜色形成的图像。

[0169] 图9A示出了各自包括耦入光学元件的堆叠波导组的示例的横截面侧视图。

[0170] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。

[0171] 图9C示出了图9A和图9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。

[0172] 图9D示出了可穿戴显示系统的示例。

[0173] 图10A示出了包括具有透明发射显示器而非诸如图9A至图9D所示的波导堆叠的目镜的增强现实显示器的示例。透明发射显示器被示出为位于成对的可变焦光学元件之间。

可变焦光学元件被配置为修改从透明发射显示器和/或环境发射的光的发散和/或会聚。

[0174] 图10B示出了与图10A所示的设置在一对透镜阵列之间的透明发射显示器类似的透明发射显示器,该透镜阵列位于成对的可变焦光学元件之间。

[0175] 图10C示出了包括具有诸如图10B所示的透明发射显示器的目镜的增强现实显示器的示例,但是透明发射显示器不是位于成对的透镜阵列之间,而是单个透镜阵列被设置在透明发射显示器和用户的眼睛之间的透明发射显示器的近端侧。

[0176] 图10D示出了与图10B所示的目镜类似的目镜,其中透明发射显示器被设置在成对透镜阵列以及成对的可变焦光学元件之间。图10D示出了增强现实显示器的第一操作模式,其中,在透镜阵列的相应的透镜后面照射相似(或相同)的像素图案。因此,图10D示出了从阵列中的多个透镜输出的光的角度是相同的。这样的配置能够提高眼睛定位公差而不损失图像内容。

[0177] 图10E示出了图10E的增强现实显示器的第二不同的操作模式,其中在透镜阵列的相应的透镜后面照射不同的像素图案。因此,图10E示出了从阵列中的多个透镜输出的光的角度是不相同的。相反,角度分量在整个小透镜阵列上变化。然而,系统被配置为使得不同的透镜提供所呈现的图像内容的不同视角。

[0178] 图10F示出了包括具有位于成对的波片透镜阵列之间的透明发射显示器的增强现实显示器的示例,该波片透镜阵列位于成对的可变焦光学元件之间。

[0179] 图10G示出了包括具有位于成对的透镜(例如,无焦透镜)之间的透明发射显示器的目镜的增强现实显示器的示例。该成对的透镜(例如,无焦透镜)位于成对的可变焦光学元件之间。

[0180] 图10H示出了诸如图10A至图10G所示的透明发射显示器的示例部分。

[0181] 图11示出了图10的增强现实显示器,该增强现实显示器进一步包括被配置为遮挡来自外部世界的某些对象的光的遮光器。该遮光器包括多个像素,每个像素能够响应于电信号而在透明和不透明之间切换。

[0182] 图12A示出了增强现实显示器的示例,该增强现实显示器包括透明发射显示器和被配置为选择从透明发射显示器发射的与期望的图像位置相对应的光的角度的成对的遮光器。该遮光器包括多个像素,每个像素能够响应于电信号而在透明和不透明之间切换。

[0183] 图12B示出了由图12A的透明发射显示器发射的光线的示例路径,这些光线中的一些被遮光器中处于不透明状态的像素遮挡,而这些光线中的一些传播通过遮光器中处于透明状态的像素。

[0184] 图13示出了图12的增强现实显示器,该增强现实显示器进一步包括被配置为遮挡来自外部世界的某些对象的光的遮光器。

[0185] 图14示出了增强现实显示器的示例,该增强现实显示器包括具有后向透明发射显示器、四分之一波片或四分之一波延迟器以及反射波片小透镜阵列的目镜。

[0186] 图15示出了图14的增强现实显示器的示例操作。

[0187] 图16示出了夹在成对的可变焦光学元件之间的图14的增强现实显示器。

[0188] 图17A示出了包括液晶的波片透镜的示例。

[0189] 图17B示出了包括液晶的波片透镜的另一示例。

[0190] 图17C示出了波片透镜的示例,该波片透镜取决于光的偏振和光的入射侧来提供

不同的光焦度以发散或会聚传播通过其的光。

[0191] 图17D示出了波片透镜的示例,该波片透镜取决于光的偏振和光的入射侧来提供不同的光焦度以发散或会聚传播通过其的光。

[0192] 图18A示出了包括波片透镜和可切换波片的自适应透镜组件的示例。

[0193] 图18B示出了在停用可切换波片的情况下操作的图18A的自适应透镜组件的示例。

[0194] 图18C示出了在激活可切换波片的情况下操作的图18A的自适应透镜组件的示例。

[0195] 图19示出了可以使用显示设备生成的多个虚拟深度平面的示例。

[0196] 图20A至图20C示出了可以实现为显示设备的一部分的示例反射型衍射透镜,其中,反射型衍射透镜由用作反射偏振镜的图案化胆甾型液晶(CLC)材料形成。

[0197] 图21A示出了在衍射透镜中观察到的色差的示例。

[0198] 图21B示出了包括采取堆叠配置的多个反射型衍射透镜的示例反射型衍射透镜。

## 具体实施方式

[0199] 现在将参考附图,其中,贯穿全文,相同的参考标号表示相同的部件。除非另有明确规定,否则这些附图是示意性的,不必按比例绘制。

[0200] 图2示出了用于为用户模拟三维影像的传统显示系统。应当理解,用户的眼睛相互隔开,并且当观看空间中的真实对象时,每只眼睛具有略微不同的对象视图,并且可能在每只眼睛的视网膜上的不同位置处形成对象的图像。这可被称为双眼像差,并且可被人类视觉系统用于提供深度感。传统显示系统通过呈现具有同一虚拟对象的略微不同的视图的两个有区别的图像190、200来模拟双眼像差,其中,每个眼睛210、220一个图像,这些图像对应于每只眼睛在所需深度处将虚拟对象看作真实对象的虚拟对象视图。这些图像提供双眼线索,用户的视觉系统可以解释这些线索以推断深度感。

[0201] 继续参考图2,图像190、200沿z轴与眼睛210、220相隔距离230。z轴平行于眼睛注视在观看者的正前面的光学无限远处的对象的观看者的光轴。图像190、200是平坦的,并且位于距眼睛210、220的固定距离处。基于分别呈现给眼睛210、220的图像中的略微不同的虚拟对象视图,眼睛可以自然地转动,以使得对象的图像落在每只眼睛视网膜上的对应点上,从而保持单一的双眼视觉。该转动可以使每只眼睛210、220的视线会聚到虚拟对象被感知呈现的空间中的点上。因此,提供三维影像通常涉及提供双眼线索,这些线索可以操纵用户的眼睛210、220的辐辏,并且人类视觉系统解释这些线索以提供深度感。

[0202] 然而,产生逼真和舒适的深度感是具有挑战性的。应当理解,来自相对于眼睛的不同距离处的对象的光具有不同发散量的波前。图3A至图3C示出了距离和光线发散之间的关系。对象与眼睛210之间的距离按照距离递减的次序由R1、R2和R3表示。如图3A至图3C所示,随着到对象的距离减小,光线变得更加发散。相反,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(对象或对象的一部分)产生的光场具有球面波前曲率,其是该点距用户眼睛的距离的函数。随着对象与眼睛210之间的距离减小,曲率增加。尽管为了在图3A至图3C和本文中的其它图中清楚地说明而仅示出单只眼睛210,但是有关眼睛210的讨论可以被应用于观看者的双眼210和220。

[0203] 继续参考图3A至图3C,来自观看者眼睛所注视的对象的光可以具有不同程度的波前发散。由于波前发散量不同,光可以由眼睛晶状体进行不同的聚焦,这反过来可能需要晶

状体呈现不同的形状以在眼睛视网膜上形成聚焦图像。在视网膜上没有形成聚焦图像的情况下,所产生的视网膜模糊充当调节线索,该调节引起眼睛晶状体形状的改变,直到在视网膜上形成聚焦图像。例如,调节线索可以触发眼睛的晶状体周围的睫状肌松弛或收缩,从而调节施加到保持晶状体的悬韧带的力,从而使眼睛晶状体的形状改变,直到消除或最小化注视的对象的视网膜模糊,从而在眼睛的视网膜(例如,中央凹)上形成注视的对象的聚焦图像。眼睛晶状体改变形状的过程可被称为调节,并且在眼睛视网膜(例如,中央凹)上形成注视对象的聚焦图像所需的眼睛晶状体形状可被称为调节状态。

[0204] 现在参考图4A,示出了人类视觉系统的调节-辐辏响应的表示。眼睛移动以注视对象导致眼睛接收来自对象的光,其中,光在眼睛的每个视网膜上形成图像。在视网膜上形成的图像中存在视网膜模糊可以提供调节线索,并且图像在视网膜上的相对位置可以提供辐辏线索。调节线索导致调节的发生,从而使得眼睛晶状体各自呈现特定调节状态,该状态在眼睛的视网膜(例如,中央凹)上形成对象的聚焦图像。另一方面,辐辏线索导致辐辏运动(眼睛旋转)发生,以使得在每只眼睛的每个视网膜上形成的图像处于保持单一的双眼视觉的对应视网膜点处。在这些位置,可以认为眼睛已经呈现特定辐辏状态。继续参考图4A,调节可以被理解为眼睛实现特定调节状态的过程,并且辐辏可以被理解为眼睛实现特定辐辏状态的过程。如图4A所示,如果用户注视另一对象,则眼睛的调节和辐辏状态可能发生改变。例如,如果用户注视z轴上的不同深度处的新对象,则调节状态可能发生改变。

[0205] 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”。如上所述,两只眼睛相对于彼此的辐辏运动(例如,使得瞳孔彼此靠近或远离彼此以使眼睛的视线会聚以注视对象的眼睛旋转)与眼睛晶状体的调节密切相关。在正常情况下,根据被称为“调节-辐辏反射”的关系,改变眼睛的晶状体的形状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,在正常情况下,辐辏的变化将引发晶状体形状的匹配变化。

[0206] 现在参考图4B,示出了眼睛的不同调节状态和辐辏状态的示例。一对眼睛222a注视光学无限远处的对象,而一对眼睛222b注视小于光学无限远处的对象221。值得注意的是,每对眼睛的辐辏状态是不同的,一对眼睛222a注视正前方,而一对眼睛222会聚在对象221上。形成每对眼睛222a和222b的眼睛的调节状态是也可以是不同的,如晶状体210a、220a的不同形状所表示的。

[0207] 不期望地,传统“3-D”显示系统的许多用户发现这些传统系统并不舒适,或者根本不能感知到深度感,因为这些显示器中存在调节状态和辐辏状态之间的失配。如上所述,许多立体或“3-D”显示系统通过向每只眼睛提供略微不同的图像来显示场景。这样的系统对于许多观看者来说是不舒服的,因为其中一个因素是它们只提供不同的场景呈现并且引起眼睛辐辏状态的变化,而这些眼睛不会发生对应的调节状态变化。相反,图像由位于与眼睛相距固定距离处的显示器示出,以使得眼睛以单个调节状态查看所有图像信息。这种布置通过引起辐辏状态变化而没有匹配的调节状态变化,违背“调节-辐辏反射”关系起作用。可以认为这种失配导致观看者不适。提供调节和辐辏间的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。

[0208] 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知。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。在一些实施例中,不同的呈现可以提供辐辏线索和匹配的调节线索,从而提供生理上正确的调节-辐辏匹配。

[0209] 继续参考图4B,示出了两个深度平面240,这两个平面与空间中与眼睛210、220相距的不同距离相对应。对于给定的深度平面240,可以通过为每只眼睛210、220显示适当的不同视角的图像来提供辐辏线索。此外,对于给定深度平面240,形成提供给每只眼睛210、220的图像的光可以具有与由该深度平面240的该距离处的点产生的光场对应的波前发散。

[0210] 在所示实施例中,包含点221的深度平面240沿z轴的距离是1m。如本文所使用的,可以利用位于用户眼睛的出射瞳孔处的零点来测量沿z轴的距离或深度。因此,位于1m深度处的深度平面240与在这些眼睛的视轴上与用户眼睛出射瞳孔相距1m的距离相对应,其中,眼睛指向光学无限远。作为近似,沿z轴的深度或距离可以被测量为:与用户眼睛前方的显示器(例如,从波导表面)相距的距离加上设备和用户眼睛出射瞳孔之间的距离值。该值可被称为出射瞳孔间隔,并且与用户眼睛出射瞳孔和用户眼睛前方的由用户穿戴的显示器之间的距离。在实践中,出射瞳孔间隔值可以是通常用于所有观看者的标准化值。例如,出射瞳孔间隔是20mm,则处于1m深度处的深度平面可以位于显示器前方980mm的距离处。

[0211] 现在参考图4C和图4D,分别示出了匹配的调节-辐辏距离和失配的调节-辐辏距离的示例。如图4C所示,显示系统可以向每只眼睛210、220提供虚拟对象的图像。图像可以使眼睛210、220呈现辐辏状态,在该状态中眼睛会聚在深度平面240上的点15上。另外,图像可以由具有与深度平面240处的真实对象相对应的波前曲率的光形成。因此,眼睛210、220呈现调节状态,在该状态中图像聚焦在这些眼睛的视网膜上。因此,用户可以感知虚拟对象位于深度平面240上的点15处。

[0212] 应当理解,眼睛210、220的调节状态和辐辏状态中的每一者都与z轴上的特定距离相关联。例如,距眼睛210、220特定距离处的对象使这些眼睛基于该对象的距离呈现特定的调节状态。与特定的调节状态相关联的距离可被称为调节距离 $A_d$ 。类似地,存在与处于特定的辐辏状态的眼睛或彼此相对的位置相关联的特定的辐辏距离 $V_d$ 。在调节距离和辐辏距离匹配的情况下,调节和辐辏之间的关系可被认为在生理上是正确的。对于观看者来说,这被认为是最舒适的情况。

[0213] 然而,在立体显示器中,调节距离和辐辏距离可能并不总是匹配。例如,如图4D所示,显示给眼睛210、220的图像可以通过与深度平面240相对应的波前发散来显示,并且眼睛210、220可以呈现特定的调节状态,在该状态中聚焦于该深度平面上的点15a、15b。但是,显示给眼睛210、220的图像可能会提供辐辏线索,以使眼睛210、220会聚在未位于深度平面240上的点15上。因此,在一些实施例中,调节距离与从眼睛210、220的出射瞳孔到深度平面240的距离相对应,而辐辏距离与从眼睛210、220的出射瞳孔到点15的较大距离相对应。调节距离与辐辏距离不同。因此,存在调节-辐辏失配。这种失配被认为是不期望的并且可能引起用户的不舒服。应当理解,失配对应于距离(例如, $V_d - A_d$ )并且可以使用屈光度来表征。

[0214] 在一些实施例中,应当理解可以使用眼睛210、220的出射瞳孔以外的参考点来确定用于确定调节-辐辏失配的距离,只要针对调节距离和辐辏距离使用相同的参考点即可。例如,可以测量从角膜到深度平面,从视网膜到深度平面,从目镜(例如,显示设备的波导)到深度平面等的距离。

[0215] 不受理论的限制,可以认为在失配本身不引起明显不适的情况下,用户仍可将高

达约0.25屈光度、高达约0.33屈光度和高达约0.5屈光度的调节-辐辏失配感知为是生理上正确的。在一些实施例中，本文公开的显示系统（例如，图6的显示系统250）向观看者呈现具有约0.5屈光度或更小的调节-辐辏失配的图像。在一些其它实施例中，由显示系统提供的图像的调节-辐辏失配为约0.33屈光度或更小。在另外一些实施例中，由显示系统提供的图像的调节-辐辏失配为约0.25屈光度或更小，包括约0.1屈光度或更小。

[0216] 图5示出了用于通过修改波前发散来模拟三维图像的方法的各方面。该显示系统包括波导270，该波导270被配置为接收利用图像信息编码的光770，并将该光向用户眼睛210的输出。波导270可以输出具有有限定量的波前发散的光650，该发散与由所需深度平面240上的点产生的光场的波前发散相对应。在一些实施例中，针对该深度平面上呈现的所有对象提供相同量的波前发散。另外，将示出的是可以向用户的另一只眼睛提供来自类似波导的图像信息。

[0217] 在一些实施例中，单个波导可被配置为输出具有设定量的波前发散的光，该设定量的波前发散与单个深度平面或有限数量深度平面相对应，和/或波导可被配置为输出有限波长范围的光。因此，在一些实施例中，可以利用多个波导或波导堆叠来为不同的深度平面提供不同量的波前发散和/或输出具有不同波长范围的光。如本文所使用的，应当理解，在一个深度平面处，可以遵循平面或曲面的轮廓。在一些实施例中，有利地为了简单起见，深度平面可以遵循平面的轮廓。

[0218] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。显示系统250包括波导的堆叠或堆叠的波导组件260，该波导组件可被用于使用多个波导270、280、290、300、310向眼睛/大脑提供三维感知。应当理解，在一些实施例中，显示系统250可以被视为光场显示器。此外，波导组件260也可被称为目镜。

[0219] 在一些实施例中，显示系统250可被配置为提供基本连续的辐辏线索和多个不连续的调节线索。可以通过向用户的每只眼睛显示不同的图像来提供辐辏线索，并且可以通过输出借助可选的离散量的波前发散形成图像的光来提供调节线索。换言之，显示系统250可被配置为输出具有可变波前发散水平的光。在一些实施例中，每个离散水平的波前发散对应于特定深度平面，并且可以由波导270、280、290、300、310中的特定一者提供。

[0220] 继续参考图6，波导组件260还可以包括位于波导之间的多个特征320、330、340、350。在一些实施例中，特征320、330、340、350可以是一个或多个透镜。波导270、280、290、300、310和/或多个透镜320、330、340、350可被配置为以各种水平的波前曲率或光线发散向眼睛发送图像信息。每个波导水平可以与特定深度平面相关联，并且可被配置为输出与该深度平面相对应的图像信息。图像注入装置360、370、380、390、400可被用作波导的光源，并且可被用于将图像信息注入波导270、280、290、300、310，如本文所述，每个波导可以被配置将入射光分布在每个相应的波导上以便朝着眼睛210输出。光从图像注入装置360、370、380、390、400的输出表面410、420、430、440、450射出，并且注入波导270、280、290、300、310的对应输入表面460、470、480、490、500中。在一些实施例中，输入表面460、470、480、490、500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一部分（即，直接面向世界510或观看者的眼睛210的波导表面中的一者）。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）引导向眼睛210。在一些实施例中，图像注

入装置360、370、380、390、400的单一者可以与波导270、280、290、300、310中的多个(三个)相关联并将光注入该多个波导中。

[0221] 在一些实施例中,图像注入装置360、370、380、390、400是分立的显示器,每个显示器产生用于分别注入对应波导270、280、290、300、310的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入装置360、370、380、390、400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(例如光纤电缆)将图像信息管道传输到图像注入装置360、370、380、390、400中的每一者。应当理解,由图像注入装置360、370、380、390、400提供的图像信息可以包括不同波长或颜色(例如,本文所讨论的不同的分量颜色)的光。

[0222] 在一些实施例中,注入波导270、280、290、300、310的光由光投射器系统520提供,光投射器系统520包括光模块530,其可以包括诸如发光二极管(LED)之类的光发射器。来自光模块530的光可以经由光束分离器550被光调制器530(例如,空间光调制器)引导和修改。光调制器530可被配置为改变注入波导270、280、290、300、310中的光的感知强度,以借助图像信息对光进行编码。空间光调制器的示例包括液晶显示器(LCD),液晶显示器包括硅上液晶(LCOS)显示器。应当理解,图像注入装置360、370、380、390、400被示意性地示出,并且在一些实施例中,这些图像注入装置可以表示公共投射系统中的不同光学路径和位置,该公共投射系统被配置为将光输出到波导270、280、290、300、310中的关联的一者。在一些实施例中,波导组件260的波导可以充当理想的透镜,同时将注入波导中的光中继到用户眼睛。在此概念中,对象可以是空间光调制器540,图像可以是深度平面上的图像。

[0223] 在一些实施例中,显示系统250可以是扫描光纤显示器,该扫描光纤显示器包括一个或多个扫描光纤,这些扫描光纤被配置为以各种图案(例如,光栅扫描、螺旋扫描、利萨如(Lissajous)图案等)将光投射到一个或多个波导270、280、290、300、310中并最终投射到观看者的眼睛210。在一些实施例中,所示图像注入装置360、370、380、390、400可示意性地表示单个扫描光纤或扫描光纤束,这些扫描光纤或扫描光纤束被配置为将光注入波导270、280、290、300、310中的一者或者者中。在一些其它实施例中,所示的图像注入装置360、370、380、390、400可以示意性地表示多个扫描光纤或扫描光纤束,这些扫描光纤或光纤束中的每一者被配置为将光注入波导270、280、290、300、310中的关联波导中。应当理解,一个或多个光纤可被配置为将光从光模块530传输到一个或多个波导270、280、290、300、310。应当理解,可以在一个或多个扫描光纤与一个或多个波导270、280、290、300、310之间提供一个或多个中间光学结构,以例如将从扫描光纤射出的光重定向到一个或多个波导270、280、290、300、310中。

[0224] 控制器560控制堆叠波导组件260中的一者或者者的操作,其中包括图像注入装置360、370、380、390、400、光源530和光调制器540的操作。在一些实施例中,控制器560是本地数据处理模块140的一部分。控制器560包括编程(例如,非暂时性介质中的指令),该编程根据例如本文公开的任何多种的方案调节图像信息到波导270、280、290、300、310的定时和提供。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560可以是处理模块140或150(图9D)的一部分。

[0225] 继续参考图6,波导270、280、290、300、310可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270、280、290、300、310可以各自是平面的或具有另一形状(例如,弯曲的),其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270、280、290、300、310可各自包括耦出光学元件570、580、590、600、610,这些耦出光学元件被配置为通过将在每个相应的波导内传播的光重定向到波导外部来从波导中提取光,从而向眼睛210输出图像信息。所提取的光也可被称为耦出光,并且耦出光学元件也可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570、580、590、600、610例如可以是光栅,该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耦出光学元件570、580、590、600、610被设置在波导270、280、290、300、310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570、580、590、600、610可以被设置在顶部主表面和/或底部主表面,和/或可以被直接设置在波导270、280、290、300、310的体中。在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以在附接到透明基板的材料层中形成,从而形成波导270、280、290、300、310。在一些其它实施例中,波导270、280、290、300、310可以是整块材料,并且耦出光学元件570、580、590、600、610可以形成在该块材料的表面上和/或内部。

[0226] 继续参考图6,如本文所讨论的,每个波导270、280、290、300、310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270可被配置为将注入这样的波导270的准直光传递到眼睛210。该准直光可以代表光学无限远焦平面。下一上行波导280可被配置为发出在到达眼睛210之前传输通过第一透镜350(例如,负透镜)的准直光;这样的第一透镜350可被配置为产生微凸的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自该下一上行波导280的光解释为来自光学无限远向内更靠近眼睛210的第一焦平面。类似地,第三上行波导290使其输出光在到达眼睛210之前传输通过第一透镜350和第二透镜340两者;第一透镜350和第二透镜340的组合光焦度可被配置为产生另一波前曲率增量,以使得眼睛/大脑将来自第三波导290的光解释为来自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280的光。

[0227] 其它波导层300、310和透镜330、320被类似地配置,其中堆叠中的最高波导310通过其与眼睛之间的所有透镜发送其输出,以获得代表与人最接近的焦平面的总焦度。为了在观看/解释来自堆叠波导组件260的另一侧上的世界510的光时补偿透镜堆叠320、330、340、350,可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层620以补偿下面的透镜堆叠320、330、340、350的总焦度。这种配置提供与可用的成对的波导/透镜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)。在一些备选实施例中,通过使用电活性特征,波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面中的一者或两者可以是动态的。

[0228] 在一些实施例中,波导270、280、290、300、310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270、280、290、300、310可被配置为将图像集输出到相同的深度平面,或者波导270、280、290、300、310的多个子集可被配置为将图像集输出到相同的多个深度平面,每个深度平面一个集。这可以为形成平铺图像提供优势,以在那些深度平面处提供扩展视野。

[0229] 继续参考图6,耦出光学元件570、580、590、600、610可被配置为既将光重定向到它们相应的波导之外,又针对与波导相关联的特定深度平面以适当的发散量或准直度输出该光。因此,具有不同相关深度平面的波导可以具有不同的耦出光学元件570、580、590、600、

610的配置,这些配置根据关联的深度平面以不同的发散量输出光。在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以是体特征或表面特征,其可被配置为以特定角度输出光。例如,耦出光学元件570、580、590、600、610可以是体全息、表面全息和/或衍射光栅。在一些实施例中,特征320、330、340、350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)。

[0230] 在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610是形成衍射图案的衍射特征,或“衍射光学元件”(在本文中也被称为“DOE”)。优选地,DOE具有足够低的衍射效率,以使得只有一部分光束借助DOE的每个交叉点向眼睛210偏转,而其余部分经由TIR继续通过波导。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,结果是针对在波导内四处弹跳的此特定准直光束,形成朝向眼睛210的相当均匀的出射图案。

[0231] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以在他们活跃地衍射的“接通”状态与不明显衍射的“关断”状态之间可切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中,微滴在主体介质中包括衍射图案,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,图案不会明显地衍射入射光)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)。

[0232] 在一些实施例中,可提供相机组件630(例如,数码相机,包括可见光和红外光相机)以捕获眼睛210和/或眼睛210周围的组织的图像,以例如检测用户输入和/或监测用户的生理状态。如本文所使用的,相机可以是任何图像捕获设备。在一些实施例中,相机组件630可以包括图像捕获设备和光源,以将光(例如,红外光)投射到眼睛,然后光可以由眼睛反射并由图像捕获设备检测到。在一些实施例中,相机组件630可以被附接到框架80(图9D)并且可以与处理模块140和/或150电连通,处理模块140和/或150可以处理来自相机组件630的图像信息。在一些实施例中,可以针对每只眼睛可以使用一个相机组件630以分别监测每只眼睛。

[0233] 现在参考图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260(图6)中的其它波导可以发挥类似的作用,其中,波导组件260包括多个波导。光640在波导270的输入表面460处注入波导270中,并通过TIR在波导270内传播。在光640照射DOE 570上的点处,一部分光作为出射光束650从波导出射。出射光束650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角度(例如,形成发散的出射光束)传播到眼睛210,该角度取决于与波导270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,该耦出光学元件将光耦出以形成看起来设置在距离眼睛210较远距离(例如,光学无限远)处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210适应更近的距离以聚焦在视网膜上,并且这些光束图案可以被大脑解释为来自比光学无限远更靠近眼睛210的距离的光。

[0234] 在一些实施例中,可以通过在每个分量颜色(例如,三种或更多种分量颜色)中的每一者中叠加图像来在每个深度平面处形成全色图像。图8示出了堆叠波导组件的示例,其中,每个深度平面包括使用多种不同分量颜色形成的图像。所示的实施例示出了深度平面240a至240f,但也可以构想更多或更少的深度。每个深度平面可以具有与其相关联的三种

或更多种分量颜色图像,其中包括:第一颜色G的第一图像;第二颜色R的第二图像;以及第三颜色B的第三图像。不同的深度平面在图中通过字母G、R和B之后的不同屈光度(dpt)指示。仅作为示例,这些字母中的每个字母后面的数字表示屈光度(1/m),或该深度平面与观看者的距离的倒数,并且图中的每个框表示单独的分量彩色图像。在一些实施例中,为了考虑眼睛对不同波长的光的聚焦的差异,不同分量颜色的深度平面的精确放置可以变化。例如,给定深度平面的不同分量颜色图像可以被放置在与用户相距的不同距离相对应的深度平面上。这样的布置可以增加视敏度和用户舒适度,和/或可以减少色差。

[0235] 在一些实施例中,每种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。在这样的实施例中,图中包括字母G、R或B的每个框可以被理解为表示单独的波导,并且可以为每个深度平面提供三个波导,其中,为每个深度平面提供三个分量彩色图像。尽管为了便于描述,在此图中与每个深度平面相关联的波导被示出为彼此相邻,但是应当理解,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。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,以使得例如可以为每个深度平面仅提供单个波导。

[0236] 继续参考图8,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,可以使用与其它波长的光相关联的其它颜色(包括品红色和青色),或者可以使用与其它波长的光相关联的其它颜色来替换红色、绿色或蓝色中的一种或多种。

[0237] 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620nm至780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约492nm至577nm范围内的一个或多个波长的光,蓝光可以包括一个或多个波长在约435nm至493nm的范围内。

[0238] 在一些实施例中,光源530(图6)可被配置为发射观看者视觉感知范围之外的一个或多个波长(例如,红外和/或紫外波长)的光。此外,显示器250的波导的耦入、耦出和其它光重定向结构可被配置为将该光从显示器引导出并朝向用户的眼睛210发射,例如用于成像和/或用户刺激应用。

[0239] 现在参考图9A,在一些实施例中,可能需要将照射在波导上的光重定向以将该光耦入到波导中。可以使用耦入光学元件将光重定向并且将光耦入到其对应的波导中。图9A示出了多个堆叠波导或堆叠波导组660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660可以对应于堆叠260(图6),并且所示的堆叠660的波导可以与多个波导270、280、290、300、310的一部分相对应,除了来自图像注入装置360、370、380、390、400中的一者或多者的光从需要被重定向以耦入的位置被注入波导中之外。

[0240] 所示的堆叠波导组660包括波导670、680和690。每个波导包括关联的耦入光学元件(其也可被称为波导上的光输入区域),例如,设置在波导670的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件700、设置在波导680的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件710,以及设置在波导690的主表面(例如,顶部主表面)上的耦入光学元件720。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720中的一者或多者可以设置在相应波导670、680、690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的偏转光学元件的情况下)。如图所

示,耦入光学元件700、710、720可以设置在其相应波导670、680、690(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700、710、720可以被设置在相应波导670、680、690的体中。在一些实施例中,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720是波长选择性的,以使得它们选择性地重定向一个或多个波长的光,同时透射其它波长的光。尽管示出为在其相应波导670、680、690的一侧或角上,但是应当理解,在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720可以被设置在其相应波导670、680、690的其它区域中。

[0241] 如图所示,耦入光学元件700、710、720可以彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦入光学元件可以发生偏移,以使得该耦入元件接收光,而无需通过另一耦入光学元件。例如,每个耦入光学元件700、710、720可被配置为从不同的图像注入装置360、370、380、390和400接收光,如图6所示,并且可以与其它耦入光学元件700、710、720分开(例如,横向地间隔开),以使得该耦入光学元件基本上不接收来自耦入光学元件700、710、720中的其它光学元件的光。

[0242] 每个波导还包括相关联的光分布元件,例如,设置在波导670的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件730、设置在波导680的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件740以及设置在波导690的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件750。在一些其它实施例中,光分布元件730、740、750可以被分别设置在关联波导670、680、690的底部主表面上。在一些其它实施例中,光分布元件730、740、750可以被分别设置在关联波导670、680、690的顶部主表面和底部主表面上;或者,光分布元件730、740、750可以分别设置在不同的关联波导670、680、690中的顶部主表面和底部主表面中的不同主表面上。

[0243] 波导670、680、690可以由例如气体、液体和/或固体材料层间隔开并分隔开。例如,如图所示,层760a可以隔开波导670和680;层760b可以隔开波导680和690。在一些实施例中,层760a和760b由低折射率材料(即,该材料的折射率低于形成波导670、680、690中的紧邻波导的材料)形成。优选地,形成层760a、760b的材料的折射率与形成波导670、680、690的材料的折射率相差0.05或更大,或者相差0.10或更小。有利地,低折射率层760a、760b可作为包层,其促进光通过波导670、680、690的全内反射(TIR)(例如,每个波导的顶部主表面与底部主表面之间的TIR)。在一些实施例中,层760a、760b由空气形成。尽管未示出,但应理解,所示的波导组660的顶部和底部可以包括紧邻的包层。

[0244] 优选地,为了便于制造和出于其它考虑,形成波导670、680、690的材料相似或相同,并且形成层760a、760b的材料相似或相同。在一些实施例中,形成波导670、680、690的材料在一个或多个波导之间可以是不同的,和/或形成层760a、760b的材料可以是不同的,同时仍然保持上述各种折射率关系。

[0245] 继续参考图9A,光线770、780、790入射在波导组660上。应当理解,光线770、780、790可以通过一个或多个图像注入装置360、370、380、390、400(图6)注入波导670、680、690中。

[0246] 在一些实施例中,光线770、780、790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。耦入光学元件700、710、720各自偏转入射光,以使得光通过TIR传播通过波导670、680、690中的相应一者。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720各自选择性地偏转一个或多个特定波长的光,同时将其它波长透射到下面的波导和关联的

耦入光学元件。

[0247] 例如,耦入光学元件700可被配置为偏转具有第一波长或波长范围的光线770,同时分别透射具有不同的第二波长或波长范围的光线780和第三波长或波长范围的光线790。透射光线780照射在耦入光学元件710上并被其偏转,该耦入光学元件710被配置为偏转第二波长或波长范围的光。光线790被耦入光学元件720偏转,该耦入光学元件720被配置为选择性地偏转第三波长或波长范围的光。

[0248] 继续参考图9A,偏转的光线770、780、790被偏转为使得它们传播通过对应的波导670、680、690;也就是说,每个波导的耦入光学元件700、710、720将光偏转到该对应的波导670、680、690中,以将光耦入到该对应的波导中。光线770、780、790以一定角度偏转,该角度使光通过TIR传播通过相应的波导670、680、690。光线770、780、790通过TIR传播通过相应的波导670、680、690,直到照射到波导的对应的光分布元件730、740、750上。

[0249] 现在参考图9B,示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。如上所述,耦入光线770、780、790分别被耦入光学元件700、710、720偏转,然后分别通过TIR在波导670、680、690内传播。然后,光线770、780、790分别照射在光分布元件730、740、750上。光分布元件730、740、750使光线770、780、790偏转,以使得它们分别朝向耦出光学元件800、810、820传播。

[0250] 在一些实施例中,光分布元件730、740、750是正交光瞳扩展器(OPE)。在一些实施例中,OPE将光偏转或分布到耦出光学元件800、810、820,并且在一些实施例中,还可以在光向耦出光学元件传播时增加该光的光束或光斑尺寸。在一些实施例中,可以省略光分布元件730、740、750,并且可以将耦入光学元件700、710、720配置为将光直接偏转到耦出光学元件800、810、820。例如。参考图9A,光分布元件730、740、750可分别被耦出光学元件800、810、820代替。在一些实施例中,耦出光学元件800、810、820是出射光瞳(EP)或出射光瞳扩展器(EPE),其将光引导入观看者的眼睛210(图7)。应当理解,OPE可被配置为在至少一个轴上增加眼动范围(eye box)的尺寸,并且EPE可以在与OPE的轴相交(例如正交)的轴上增加眼动范围的尺寸。例如,每个OPE可被配置为将照射OPE的光的一部分重定向到同一波导的EPE,同时允许光的剩余部分继续沿波导传播。当再次照射OPE时,剩余光的另一部分被重定向到EPE,并且该部分的剩余部分继续沿波导进一步传播,以此类推。类似地,在照射EPE时,照射光的一部分被朝向用户导出波导,并且该光的剩余部分继续传播通过波导,直到它再次照射EP,此时照射光的另一部分被引导出波导,以此类推。因此,每当光的一部分被OPE或EPE重定向时,可以“复制”单束耦入光,从而形成克隆光束的场,如图6所示。在一些实施例中,OPE和/或EPE可被配置为修改光束的尺寸。

[0251] 因此,参考图9A和9B,在一些实施例中,波导组660包括用于每种分量颜色的波导670、680、690;耦入光学元件700、710、720;光分布元件(例如,OPE)730、740、750;以及耦出光学元件(例如,EP)800、810、820。波导670、680、690可以堆叠有每个波导之间的气隙/包层。耦入光学元件700、710、720将入射光(其中,不同耦入光学元件接收不同波长的光)重定向或偏转到其波导中。然后光以一定角度传播,这将导致相应波导670、680、690内的TIR。在所示的示例中,光线770(例如,蓝光)以先前描述的方式被第一耦入光学元件700偏转,然后继续沿波导反弹,与光分布元件(例如,OPE)730和耦出光学元件(例如,EP)800相互作用。光线780和790(例如,分别为绿光和红光)将传播通过波导670,其中,光线780照射在耦入光学元件710上并被耦入光学元件710偏转。光线780然后经由TIR沿波导680反弹,继续传播到其

光分布元件(例如,OPE)740,然后到达耦出光学元件(例如,EP)810。最后,光线790(例如,红光)传播通过波导690照射在波导690的耦入光学元件720上。耦入光学元件720偏转光线790,以使得该光线通过TIR传播到光分布元件(例如,OPE)750,然后通过TIR传播到耦出光学元件(例如,EP)820。然后,耦出光学元件820最终将光线790耦出到观看者,观看者还接收来自其它波导670、680的耦出光。

[0252] 图9C示出了图9A和图9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。如图所示,波导670、680、690以及每个波导的关联光分布元件730、740、750和关联耦出光学元件800、810、820可以垂直对齐。然而,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720不是垂直对齐的;相反,耦入光学元件优选地是非重叠的(例如,如俯视图所示,横向地间隔开)。如本文进一步所讨论的,该非重叠的空间布置有助于将来自不同资源的光一对地注入到不同波导中,从而允许特定光源唯一地耦合到特定波导。在一些实施例中,包括非重叠的空间分离的耦入光学元件的布置可被称为移位光瞳系统,并且这些布置内的耦入光学元件可以对应于子光瞳。

[0253] 图9D示出了其中可以集成本文所公开的各种波导和相关系统的可穿戴显示系统60的示例。在一些实施例中,显示系统60是图6的系统250,图6更详细地示意性地示出了该系统60的一些部分。例如,图6的波导组件260可以是显示器70的一部分。

[0254] 继续参考图9D,显示系统60包括显示器70,以及支持该显示器70的功能的各种机械和电子模块和系统。显示器70可以耦接到框架80,该框架可由显示系统用户或观看者90穿戴,并且被配置为将显示器70定位在用户90的眼前。在一些实施例中,显示器70可以被视为眼镜。在一些实施例中,扬声器100耦接到框架80并且被配置为定位在用户90的耳道附近(在一些实施例中,另一扬声器(未示出)可选择性地定位在用户的另一耳道附近以提供立体/可塑形的声音控制)。显示系统60还可以包括一个或多个麦克风110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60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/或可以允许与其它人(例如,与类似显示系统的其他用户)进行音频通信。麦克风可被进一步配置为外围传感器以收集音频数据(例如,来自用户和/或环境的声音)。在一些实施例中,显示系统60可以进一步包括被配置为检测对象、刺激物、人、动物、位置或用户周围世界的其它方面的一个或多个面向外部的环境传感器112。例如,环境传感器112可以包括一个或多个相机,这些相机例如可以面向外部定位,以便捕获与用户90的一般视野的至少一部分类似的图像。在一些实施例中,显示系统还可以包括外围传感器120a,其可以与框架80分离并且被附接到用户90的身体(例如,用户90的头部、躯干、四肢等上)。在一些实施例中,外围传感器120a可被配置为获取表征用户90的生理状态的数据。例如,传感器120a可以是电极。

[0255] 继续参考图9D,显示器70通过通信链路130(诸如通过有线引线或无线连接)可操作地耦接到本地数据处理模块140,本地数据处理模块140可以以各种配置安装,例如固定地附接到框架80,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可移除地附接到用户90(例如,采取背包式配置,采取束带连接式配置)。类似地,传感器120a可以通过通信链路120b(例如通过有线引线或无线连接)可操作地耦接到本地处理和数据模块140。本地处理和数据模块140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),这两者都可用于辅助数据处理、缓存和存储。可选地,本地处理

器和数据模块140可以包括一个或多个中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、专用处理硬件等。这些数据包括a)通过传感器(例如,该传感器可被可操作地耦接到框架80或以其它方式附接到用户90)捕获的数据,这些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、陀螺仪和/或此处公开的其它传感器;和/或b)使用远程处理模块150和/或远程数据存储库160获取和/或处理的数据(包括有关虚拟内容的数据),这些数据可以在被执行完上述处理或检索之后传送到显示器70。本地处理和数据模块140可以通过通信链路170、180(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150和远程数据存储库160,以使得这些远程模块150、160可操作地彼此耦接,并且可用作本地处理和数据模块140的资源。在一些实施例中,本地处理和数据模块140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80,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140通信的独立结构。

[0256] 继续参考图9D,在一些实施例中,远程处理模块150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,例如,包括一个或多个中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、专用处理硬件等。在一些实施例中,远程数据存储库160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160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140和/或远程处理模块150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数据,允许从远程模块完全自主地使用。可选地,包括CPU、GPU等的外部系统(例如,一个或多个处理器、一个或多个计算机的系统)可以执行至少部分处理(例如,生成图像信息,处理数据),并且例如经由无线或有线连接将信息提供给模块140、150、160,以及从模块140、150、160接收信息。

[0257] 现在参考图10A,在一些实施例中,目镜包括系统1000-A,该系统1000-A包括透明发射显示器1010。图10示出了包括目镜的增强现实显示器的示例,该目镜具有透明发射显示器1010而非诸如图9A至图9D所示的波导堆叠。

[0258] 透明发射显示器1010包括例如布置成阵列的多个发射器。在一些情况下,例如,透明发射显示器1010可以包括足够的像素以产生720p、1080p、4K或8K的分辨率。像素的分辨率和数目可以在这些值中的任一者定义的任何范围内。不在这些范围内的值也是可能的。透明发射显示器1010中的像素数目可取决于目镜大小和/或图像内容的期望光学质量。

[0259] 透明显示器1010可以包括透明膜空间光调制器。透明显示器1010可以包括透明有机发光二极管(OLED)显示器。多个发射器可以包括多个有机发光二极管(OLED)。在一些设计中,OLED显示器可以包括相对薄且柔性的OLED膜。在一些设计中,透明显示器1010可以包括量子点发光二极管(QLED或QD-LED)显示器。其它类型的透明显示器也是可能的。

[0260] 透明发射显示器1010可以被包括在目镜中,该目镜位于眼睛210的光学路径中。因此,透明发射显示器1010可以位于眼睛210的光学路径中。目镜和透明发射显示器1010可以由框架支撑,该框架被配置为设置在头部,以使得目镜和透明发射显示器1010在眼睛210的光学路径中。由于透明发射显示器1010是透明的,因此,用户前方的环境中的对象510可以通过透明发射显示器观看。

[0261] 目镜和透明发射显示器1010可以具有近端侧和远端侧。近端侧比远端侧更靠近眼睛。远端侧比近端侧更靠近对象。

[0262] 近端可变焦光学元件1040可被设置在透明发射显示器1010和用户的眼睛210之间的光学路径中。更具体地说，近端可变焦光学元件1040可被设置在近端透镜阵列1020和用户的眼睛210之间(例如，请参见图10B)。近端可变焦光学元件1040可以包括具有可变或可切换光焦度的光学元件。近端可变焦光学元件的光焦度可以从第一光焦度切换到第二光焦度，并且可能切换到第三光焦度(或更多)。近端可变焦光学元件可以包括被配置为控制由可变焦光学元件提供的光焦度的电输入端。在一些实施方式中，近端可变焦光学元件1040包括可切换液晶透镜组件。在一些实施方式中，可在可变液晶(LC)透镜组件上渲染/显示衍射图案，以使得LC透镜组件将光焦度赋予与其相互作用(例如，传播通过其)的光。

[0263] 近端可变焦光学元件1040可被配置为提供适当的光焦度，以使用户的眼睛中的由来自透明发射显示器的光形成的图像像源自不同的深度一样。例如，近端可变焦光学元件1040可被配置为使从透明发射显示器1010向观看者投射的光的散度变化。在一种状态下，例如，近端可变焦光学元件1040可被配置为准直从透明发射显示器发射的光，就像从与用户相距的很远距离处的对象(例如，光学无限远)传播一样。在另一状态下，近端可变焦光学元件1040可被配置为使得从透明发射显示器发射的光发散，就像从与用户相距的较近距离处的对象传播一样。同样，另一透镜组件可被配置为使得在一种状态下，近端可变焦光学元件1040可被配置为使得从透明发射显示器发射的光发散，就像从与用户相距的近距离处的对象传播一样。当处于另一状态时，近端可变焦光学元件1040可被配置为使得从透明发射显示器发射的光更加发散，就像从到对象更近距离处的对象传播一样。其它配置也是可能的。

[0264] 远端可变焦光学元件1050可被设置在透明发射显示器1010和环境510之间的光学路径中。更具体地，远端可变焦光学元件1050可被设置在远端透镜阵列1030和环境510之间。在各种设计中，远端可变焦光学元件1050包括液晶透镜组件。远端可变焦光学元件1050可以基本类似于上述近端可变焦光学元件1040。远端可变焦光学元件1050可被配置为使光焦度变化，从而改变来自环境510的光的会聚和/或发散，以便抵消近端可变焦光学元件1040的影响。因此，环境中的对象可能看起来不像是通过具有近端可变焦光学元件1050的光焦度的光学元件成像的一样。例如，用户可能不需要光学校正，并且通过具有光焦度的透镜观看他的或她的环境可能使用户不适和/或可能不适合用户。

[0265] 可变焦透镜元件的使用在2017年4月6日提交，于2017年10月12日公开为序列号为2017/0293145的美国公开的序列号为15/481255(代理人编号MLEAP.059A)的美国专利申请中公开，该专利申请的全部内容通过引用并入本文，同时还在下面的例如名称为“Lenses, Variable Focus Lens Elements, and Other Configurations for Providing Optical Power(透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置)”的部分中进行了讨论。

[0266] 近端可变焦光学元件1040和/或远端可变焦光学元件1050可以包括多种具有可调节光焦度的光学元件。可变焦光学元件1040、1050例如可以包括不同类型的液晶透镜，诸如可调或可切换液晶透镜、波片透镜和可切换延迟器等。在各种实施方式中，这些可以包括衍射透镜。可调或可切换液晶透镜的示例包括被设置在两个电极基板之间的液晶，其中向电极施加电信号可以改变液晶的折射率。在一些实施方式中，可变焦光学元件可以包括衍射

波片透镜。在一些实施方式中，一个或多个衍射波片透镜可以与一个或多个可切换波片一起被包括在诸如堆叠中。例如，可变焦透镜可以包括与可切换半波片交替堆叠的衍射波片透镜。包括基于液晶的透镜和其它透镜技术的可切换透镜的示例在下面的例如名称为“Lenses, Variable Focus Lens Elements, and Other Configurations for Providing Optical Power (透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置)”的部分，以及于2017年6月12日提交的序列号为62/518,539(代理人编号MLEAP.119PR)的美国专利申请和于2018年6月12日提交的，序列号为16/006,080(代理人编号MLEAP.119A)的，于\_\_\_\_\_公开为序列号为\_\_\_\_\_的美国公开的美国专利申请中进行了讨论，上述两个专利申请的全部内容通过引用并入此文。

[0267] 图10B示出了另一系统1000-B，其包括透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050。这些元件可以基本类似于(或不同于)上面参考图10A描述的那些。然而，另外地，系统1000-B进一步包括近端透镜阵列1020和远端透镜阵列1030，该近端透镜阵列1020和远端透镜阵列1030被设置在透明发射显示器1010和用户前方的环境510之间的光学路径中。在图10B所示的示例中，透明发射显示器在相对的两侧上被近端透镜阵列1020和远端透镜阵列1030以及近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050围绕。因此，可以将近端透镜阵列1020设置在透明发射显示器1010和用户的眼睛210之间的光学路径中。

[0268] 近端透镜阵列1020可以包括多个透镜或小透镜，诸如微透镜。在一些情况下，近端透镜阵列1020可以包括多个具有正光焦度的透镜。这些透镜可以是凸透镜，诸如平凸透镜或双凸透镜。可以采用更少、更大透镜的阵列，以例如增加或最大化虚拟内容的分辨率。类似地，可以采用具有许多较小透镜的阵列，例如以产生更密集的光场(具有更多的子束)，并因此增加光场中表示的每个角度分量到达用户的视网膜的适当区域的可能性。对于一些设计，近端透镜阵列1020中的透镜或小透镜的数量可以与透明发射显示器1010中的发射器的数量相对应。在一些实施方式中，多个透镜或小透镜与多个相应的发射器相关联。在一些设计中，近端透镜阵列1020被定位在远离透明发射显示器1010的距离处，以使得来自一个像素的光在入射在小透镜阵列或透镜上之前不会与来自其它像素的光的路径交叉。由于这个原因，可以基于透明发射显示器1010的像素的发散特性选择透明发射显示器1010和近端透镜阵列1020之间的距离。在一些设计中，近端透镜阵列1020被设置在与透明发射显示器1010相距的焦距处。因此，在一些设计中，近端透镜阵列1020被配置为准直从透明发射显示器1010中的发射器发射的光。在一些实施方式中，近端透镜阵列1020可以直接层叠在多个发射器的顶部，以减小或最小化透明发射显示器1010的像素和近端透镜阵列1020的透镜之间的距离，并因此也减小或最小化由像素发射的光在受到近端透镜阵列1020中透镜的光焦度的影响之前的发散程度。在这些实施方式中的一些中，近端透镜阵列1020例如可以有效地用作透明发射显示器1010的最靠外的基板层。

[0269] 远端透镜阵列1030可以被设置在透明发射显示器1010和环境510之间的用户的眼睛210的光学路径中。远端透镜阵列1030可以包括多个具有负光焦度的透镜或小透镜。远端透镜阵列1030可以包括凹透镜，例如平凹透镜或双凹透镜(尽管图10B示出了凸透镜)。例如，可以采用更少、更大透镜的阵列，以例如增加或最大化虚拟内容的分辨率。类似地，可以采用具有许多较小透镜的阵列，例如以产生更密集的光场(具有更多的子束)，并因此增加

光场中表示的每个角度分量到达用户的视网膜的适当区域的可能性。在一些实施例中，远端透镜阵列1030中的透镜或小透镜的数量对应于或等于近端透镜阵列1020中的透镜或小透镜的数量。远端透镜阵列1030中的小透镜的数量也可以对应于透明发射显示器1010中的发射器的数量。远端透镜阵列1030的光焦度可以具有抵消近端透镜阵列1020的光焦度的光焦度，从而减少近端透镜阵列对用户前方的环境中对象的视图的效应。在一些实施方式中，不包括远端透镜阵列1030，如图10C所示，而近端透镜阵列1020保持在透明发射显示器1010和眼睛210之间。

[0270] 尽管本文中的各个附图(例如，图10A至图10G和图11至图16)示出了用于用户的单只眼睛的单个目镜，但是也可以为用户的每只眼睛提供目镜、透明发射显示器以及任何其它组件，例如近端可变焦光学元件或远端可变焦光学元件，或者近端透镜阵列或远端透镜阵列。

[0271] 所示的系统1000-B可进行操作以将光注入用户的眼睛内，以向用户呈现图像内容。由于目镜和透明发射显示器1010是透明的，因此用户还能够看到用户前方的环境中的对象。因此，系统1000可用于向用户显示增强现实图像内容。具体地，透明发射显示器1010中的多个发射器可以发射在用户的眼睛210中产生图像的光。在从透明发射显示器1010发射光之后，该光传播通过近端透镜阵列1020，在一些设计中，这可能使光的散度减小。发射器例如可以发射发散的光束。近端透镜阵列1020可以使光束更少发散，并且在一些情况下可以准直光。然后，光可以进入近端可变焦光学元件1040，该光学元件改变光的散度，从而使图像内容像从目镜前方的不同距离发射一样，取决于可变焦光学元件的状态及其导致的光焦度。

[0272] 透明发射显示器1010的透明性质允许用户在观察来自透明发射显示器1010的发射光的同时还观察外部环境。但是，如上所述，在各种实施方式中，近端透镜阵列1020位于透明发射显示器1010和用户的眼睛210之间的用户的光学路径中，并且可以具有足够的光焦度，例如以准直由透明发射显示器1010发射的光。因此，如图所示，近端透镜阵列1020也可以位于从周围环境510向用户的眼睛210传播的光的路径中。因此，近端透镜阵列1020可以修改来自周围环境510的光的波前，从而不利地影响用户看到的世界视图。为了抵消这种影响，可以将远端透镜阵列1030定位在透明发射显示器1010和环境510之间，以调节来自真实世界对象的光的波前。以这种方式，远端透镜阵列1030可被配置为补偿由近端透镜阵列1020引入的光焦度以及该光焦度对用户眼睛中形成的环境中的对象的图像的结果影响。

[0273] 近端可变焦光学元件1040可以适当地提供对由透明发射显示器1010输出的光的波前的调节，以允许该光在用户的眼睛中形成像来自与用户相距的适当距离一样呈现的图像。如上所述，透明发射显示器1010与近端透镜阵列1020结合可以输出准直光。在这种情况下，近端可变焦光学元件1040可被配置为修改所发射的光的波前并提供适当的发散量，以使得眼睛通过调节将投射图像内容的图像聚焦在视网膜上。大脑可以感知到这种调节量并将其与距用户的特定距离进行关联。因此，大脑会将图像内容与距用户的特定距离关联起来。以这种方式，选择适当的发散可以将图像内容与特定距离进行关联。为此，可变焦元件1040、1050也可以类似于上面描述的透镜中的一些。例如，近端可变焦光学元件1040可被视为起着与透镜320、330、340、350中的一者或更多者的作用(如上面参考图6所述)类似的作用，而远端可变焦光学元件可被视为起着与补偿透镜层620的作用(也在上面参考图6进行了描

述)类似的作用。

[0274] 然而,如上所述和所讨论的,近端可变焦光学元件1040也位于从周围环境510向观看者的眼睛210传播的光的路径中。因此,近端可变焦光学元件1040可以修改来自周围环境510的光的波前,从而使用户的世界视图受到不利影响。为了校正这种影响,可以将远端可变焦光学元件1050放置在透明发射显示器1010的与近端可变焦光学元件1040相对侧;也就是说,远端可变焦光学元件1050可以位于透明发射显示器1010和周围的真实世界之间,以调节来自周围环境510中的真实世界对象的光的波前。远端可变焦光学元件1050可被配置为补偿由近端可变焦光学元件1040引入的光焦度。在一些实施方式中,远端可变焦光学元件1050的光焦度可以与近端可变焦光学元件1040的光焦度相反或相对。例如,如果近端可变焦光学元件1040具有正光焦度,则远端可变焦光学元件1050可具有负光焦度,该正光焦度和负光焦度可具有相似的大小。在一些设计中,远端可变焦光学元件1050还可被配置为补偿由透明发射显示器1010和/或透镜阵列引起的像差。例如,为了补偿近端可变焦光学元件1040的光焦度和居间的透明发射显示器1010的可能的光焦度,远端可变焦光学元件1050的光焦度可以与近端可变焦光学元件1040和透明发射显示器1010的总光焦度相反且具有相似的大小。

[0275] 如图10D所示,系统1000-B可以包括第一操作模式,其中通过在近端透镜阵列1020的各个小透镜或透镜后面照射像素的相同图案来产生输出子束阵列1060。因此,从阵列中的多个透镜输出的光的角度是相同的,并且可以针对每个角度分量产生相似角度的子束的整个栅格或阵列1060。这种方法类似于由图7和图9A至图9D所示的基于波导的目镜产生的波前。这样的配置能够增加眼睛定位公差而不损失图像内容。

[0276] 此外,如图10E所示,系统1000-B可以包括第二操作模式或替代操作模式,在该第二操作模式或替代操作模式中,在各个小透镜后面照射不同的像素图案。因此,从阵列中的多个透镜输出的光的角度不相同。相反,角度分量在整个小透镜阵列上变化。然而,系统被配置为使得不同的透镜提供所呈现的图像内容的不同视角。可以使用在整个近端透镜阵列1020上变化的角度分量来表示3D空间中的给定点。可以认为该系统产生“4D”光场。

[0277] 参考图10F,在一些设计中,目镜包括系统1000-F,该系统1000-F包括内部(或近端)衍射波片透镜或小透镜阵列1012和外部(或远端)衍射波片透镜或小透镜阵列1014。类似于上面讨论的示例,图10F示出了包括透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050的目镜。但是,在图10F中,目镜具有内部衍射波片透镜阵列1012和外部衍射波片透镜阵列1014,代替图诸如10B所示的近端透镜阵列1020和远端透镜阵列1030。衍射波片透镜阵列的一些示例包括液晶。衍射波片透镜或透镜阵列可以提供光焦度,从而使偏振光发散或会聚。在一些情况下,衍射波片透镜或透镜阵列会聚一种偏振光,而发散另一偏振光,因为对于不同的偏振,衍射波片透镜具有不同(例如相反)的光焦度。衍射波片透镜或小透镜也可以变换(例如旋转)入射在其上的光的偏振。衍射波片透镜在下面的例如名称为“Lenses, Variable Focus Lens Elements, and Other Configurations for Providing Optical Power(透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置)”的部分,以及于2017年6月12日提交的序列号为62/518,539(代理人编号MLEAP.119PR)的美国专利申请和于2018年6月12日提交的,序列号为16/006,080(代理人编号MLEAP.119A)的,于\_\_\_\_\_公开为序列号为\_\_\_\_\_的美国公开的美国专利申请中进行了

讨论,上述两个专利申请的全部内容通过引用并入此文。内部透镜1016可以位于透明发射显示器1010和近端可变焦光学元件1040之间的用户的光学路径中。内部透镜1016可被配置为修改从透明发射显示器1010发射的光的散度。例如,内部透镜1016可以具有焦距 $f$ ,并且可被设置在与透明发射显示器1010相距的此焦距 $f$ 处,以使得从透明发射显示器中的发射器发射的光被准直。

[0278] 外部(或远端)波片透镜或小透镜阵列1014可以位于透明发射显示器1010和远端可变焦光学元件1050之间的用户的光学路径中。外部波片透镜阵列1014可以基本类似于内部波片透镜阵列1012。例如,内部波片透镜阵列1012可具有正光焦度,该正光焦度将修改来自周围环境510的光的波前,从而不利地影响用户的世界视图。为了减少这种影响,可以将外部波片透镜阵列1014定位在透明发射显示器1010和环境510之间。在一些实施方式中,例如,外部波片透镜阵列1014具有与内部波片透镜阵列1014相等且相反的光焦度。例如,如果内部波片具有焦距 $f$ ,并且如上所述设置在与透明发射显示器10相距的距离 $f$ 处,则外部波片透镜阵列也可具有焦距 $f$ 。在一些情况下,外部波片透镜阵列还可设置在与透明发射显示器相距的焦距处。因此,外部波片透镜阵列和内部波片透镜阵列可以形成无焦系统。因此,如本文所使用的,在一些情况下,外部波片透镜阵列可被称为无焦透镜阵列。类似地,内部波片透镜阵列可被称为无焦透镜阵列。

[0279] 参考图10G,对于某些设计,目镜包括系统1000-G,该系统1000-G包括内部(或近端)透镜1016和外部(或远端)透镜1018,而非诸如图10B所示的近端透镜阵列1020和远端透镜阵列1030。系统1000-G包括基本类似于(或不同于)上面参考图10A所述的透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050。然而,可以在透明发射显示器的近端侧和远端侧上使用更大的(例如,单个)透镜来代替包括例如微透镜的小透镜阵列。如图所示,内部(或近端)透镜1016可以位于透明发射显示器1010和近端可变焦光学元件1040之间的用户的光学路径中。内部透镜1016可被配置为修改从透明发射显示器1010发射的光的散度。

[0280] 外部(或远端)透镜1018可以位于透明发射显示器1010和远端可变焦光学元件1050之间的用户的光学路径中。外部透镜1018可以基本类似于内部透镜1016。内部透镜1016可以修改来自周围环境510的光的波前,从而影响用户的世界视图。为了补偿这种影响,可以将外部透镜1018定位在透明发射显示器1010和环境之间。在各种示例中,内部透镜1016将为正,而外部透镜1018将为负。因此,外部透镜1018可以是凹透镜(尽管在图10G中示出为凸透镜)。在各种实施方式中,内部透镜1016可以包括单个透镜。类似地,在各种实施方式中,外部透镜1018可以包括单个透镜。在一些实施方式中,内部透镜1016和/或外部透镜1018可被设置在与透明发射显示器相距的焦距处,并且可以形成诸如上面所述的无焦透镜系统。因此,如本文所使用的,在一些情况下,外部透镜可被称为无焦透镜。类似地,内部透镜可被称为无焦透镜。

[0281] 尽管如上面相对于图10C所讨论的,在透明发射显示器的每一侧上示出了透镜,例如单透镜(例如单折射透镜),但是在一些设计中可以不包括外部透镜。也可以采用其它类型的透镜。

[0282] 因此,最接近透明发射显示器的透镜,例如近端(或内部)透镜、透镜(多个)或小透镜阵列以及远端(或外部)透镜、透镜(多个)或小透镜阵列可以分别或全部包括折射透镜、

衍射透镜、波片透镜、超材料透镜、液晶透镜(例如,胆甾型液晶透镜)等。例如,这些透镜可以包括衍射/超材料透镜、衍射透镜或小透镜阵列、衍射波片透镜、衍射波片透镜或小透镜阵列、衍射液晶透镜、衍射液晶透镜或小透镜阵列、衍射液晶波片透镜、衍射液晶波片透镜或小透镜阵列、反射液晶透镜、反射波片透镜、反射液晶波片透镜、反射透镜或小透镜阵列、反射液晶透镜或小透镜阵列、反射波片透镜或小透镜阵列、反射液晶波片透镜或小透镜阵列、胆甾型液晶反射波片透镜或小透镜阵列,胆甾型液晶反射波片透镜等。在一些情况下,这些透镜可是波长选择性的,并且可以在与透明发射显示器中的发射器的波长匹配或相对应的波长上选择性地操作(例如,减小发散、准直等)。

[0283] 图10H示出了诸如图10A至图10G所示的透明发射显示器的示例部分的截面图。参考图10H,在一些实施方式中,透明发射显示器在发射器的任一侧上包括诸如阳极和阴极之类的电极。在一些示例中,这些电极中的一者或全部两者可以各自包括一层或多层的铟锡氧化物(“ITO”)或其它透明导电材料。这些电极提供与透明发射显示器1010,特别是与发射器的电连接。在一些设计中,发射器可以在任一侧上进一步被空穴传输层和电子传输层围绕。透明发射显示器1010可以进一步包括玻璃基板,例如用于结构支撑。玻璃基板可以用其它元件代替,诸如可以提供结构支撑的光学元件,诸如透镜或小透镜阵列(例如物理微透镜阵列、衍射波片小透镜阵列、胆甾型液晶反射波片透镜阵列或透镜等)。在一些实施方式中,图10H的透明发射显示器1010可以进一步包括邻近阴极外部表面分层设置的一个或多个反射或部分反射光学元件。在一些实施例中,阴极本身可以是反射的或部分反射的。

[0284] 图11示出了另一系统1100,该系统1100包括透明发射显示器1010、近端透镜阵列1020、远端透镜阵列1030、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050。这些元件可以基本类似于上面参考图10描述的那些。另外,然而系统1100进一步包括远端遮光器1110,该远端遮光器1110被设置在透明发射显示器1010和用户前方的环境510之间的光学路径中。更具体地,远端遮光器1110可以位于远端可变焦光学元件1050和环境510之间。在一些实施例中,远端遮光器1110包括具有多个像素的空间光调制器。例如,远端遮光器1110可以包括液晶空间光调制器。远端遮光器1110可具有电输入端,该电输入端被配置为接收电信号以选择性地改变像素的透射状态。在某些配置中,系统1110进一步包括电子器件,该电子器件电耦接到空间光调制器的电输入端以使空间光调制器上的一个或多个像素是透射的,而其它像素是不透明的,从而选择性地遮挡用户前方的环境视图的一部分。因此,该电子器件能够修改用户看到的环境视图,例如控制环境中哪些对象对用户可见。另外,可以使用透明发射显示器向用户呈现图像内容。

[0285] 在一些实施方式中,系统1110进一步包括近端透镜1120和远端透镜1130。远端透镜1130可被配置为将来自环境的光聚焦到远端遮光器1110的像素上。远端透镜1130可具有焦距,并且远端遮光器1110可被定位在与该焦距相对应的与远端透镜1130相距的距离处,即,远端遮光器1110可被定位在透镜1130的焦平面处或沿着透镜1130的焦平面定位。以这种方式,系统可选择性地遮挡来自环境的入射光的特定角度分量。近端透镜1120的目的是与远端透镜1130形成无焦透镜对。近端透镜1120的光焦度可以与远端透镜1130的光焦度相同,并且远端遮光器1110和远端透镜1130可以远端透镜彼此分隔远端透镜的焦距(以使得远端遮光器也被定位在透镜1130的焦平面处或沿着透镜1130的焦平面定位)。在一些实施方式中,远端遮光器1110和近端透镜1120可以分隔近端透镜的焦距(使得远端遮光器也被

定位在透镜1120的焦平面处或沿着透镜1120的焦平面定位)。以这种方式,该系统(例如远端遮光器1110)可以在光到达系统1000之前简单地剥离特定角度分量的来自环境的光(而无需以其它方式修改来自环境的光)。近端透镜1120可被定位在远端遮光器1110和远端可变焦光学元件1050之间的光学路径中。远端透镜1130可被定位在远端遮光器1110和环境510之间。这些透镜可具有正光焦度。如图所示,这些透镜可以是凸透镜,例如双凸透镜,或者可能是平凸透镜。可以使用其它类型的透镜。可以使用透镜(不同类型、光焦度、透镜间距)的其它组合。在各种实施方式中,通过选择使得透镜形成无焦系统。在一些实施方式中,出于节省空间的目的,需要折叠该无焦系统或以其它方式重新配置该系统。例如,可以采用一个或多个反射镜或反射器,以便沿着折叠的光学路径重引导来自和/或朝向光学元件的入射光。

[0286] 其它配置也是可能的。例如,图12示出了系统1200,该系统1200包括多个遮光器1210、1220,这些遮光器用于选择适当角度的光以在用户的眼睛中形成期望的图像。与以上讨论的系统类似,图12所示的系统1200包括透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050。透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050可以基本类似于(或不同于)上面参考图10描述的那些。如上所述,系统1200进一步包括成对的遮光器,例如第一遮光器1210和第二遮光器1220。遮光器的结构可以基本类似于上面参考图11描述的远端遮光器1110。例如,遮光器1110可以包括具有多个像素元件的空间光调制器,这些像素元件可以被选择性地改变以透射光或减少光的透射(例如,遮挡光的透射)。空间光调制器例如可以包括液晶空间光调制器。该空间光调制器可被配置为使通过不同像素元件透射的光的强度。空间光调制器可以包括电输入端以控制各个像素元件的状态以及通过各个像素元件透射的光的强度水平。因此,通过使用电耦接到第一空间光调制器1210、1220上的电输入端的电子器件,可以使第一空间光调制器1210上的一个或多个像素元件是透射的,而周围像素是不透明的像素元件,并且使第二空间光调制器1220上的一个或多个像素元件是透射的,而第二空间光调制器1220上周围像素不透明的。第一空间光调制器1210上的一个或多个透明像素元件(被不透明像素元件包围),以及空间光调制器1220上的一个或多个透明像素元件(被不透明像素元件包围)可以沿着线型光学路径对齐,该线型光学路径被设置为接收来自透明发射显示器上的被设定为发射光的一个或多个像素或发射器的光。由于第一空间光调制器1210和第二空间光调制器1220上的这些像素元件彼此对齐并且与从透明发射显示器中的发射像素发射的光对齐,因此从透明发射显示器1010发射的某个角度方向的光同时通过第一空间光调制器1210和第二空间光调制器1220的对齐的透射像素传播。这些特定角度可以被映射到眼睛中的特定位置,例如视网膜上的某些位置,因此可以与眼睛中(例如,在视网膜上)形成的图像上的某些位置相对应。因此,通过协调来自透明发射显示器中的选定像素/发射器的光的颜色和强度与第一空间光调制器1210和第二空间光调制器1210上的一个或多个像素元件(这些像素元件是透明的并且适当地对齐以收集来自透明发射显示器的特定角度的光),可以在眼睛中形成的图像中建立图像的特定部分的颜色和亮度。与透明发射显示器以及第一遮光器1210和第二遮光器1220通信的电子器件可被配置为扫视(cycle through)透明发射显示器中的不同像素/发射器以及第一遮光器和第二遮光器上适当选择的像素元件,以选择性地传播来自特定角度的一个或多个发射像素的光,这些特定角度对应于在眼睛中形成的图像上的特定

位置。同样,可以使从透明发射显示器上的不同像素发射的光的颜色和强度变化,以在眼睛中形成的图像上的各个共轭图像位置处产生对应的颜色和强度变化。因此可以在眼睛中呈现期望的图像。因此,电子器件可被配置为适当地协调透明发射显示器上的选定像素/发射器的发射与以适当时间顺序通过第一遮光器1210和第二遮光器1220上的适当的像素元件的光的透射以产生期望图像。

[0287] 除了遮挡来自透明发射显示器上的发射器的光之外,遮光器中的不透明像素元件还可以遮挡来自环境510的光。因此,在一些实施方式中,遮光器的像素可以以足够高的频率执行操作,以使得来自环境510的光对用户可见,而遮光器也可以在适当的时间选择性地透射来自透明发射显示器1010的光的适当角度的光,以在用户的眼睛中形成图像。该频率可能高于人眼可以检测到的频率。该频率例如可以为60Hz或更高。像素的透射状态的频率(以及透明发射显示器中的发射器发光的频率)可以足够高,以使得环境中的对象可见,并且使得用户具有图像在环境中并且被环境中的这些对象包围的印象。因此,在一些实施方式中,可以选择遮光器和透明发射显示器的操作频率以提供对环境以及叠加在其上的图像内容的期望的可见性水平。同样,协调透明发射显示器1010与成对的遮光器1210、1220,以使得透明发射显示器在遮光器中的适当像素元件处于透明状态的同时从该适当的一个或多个像素/一个或多个发射器发射。然而,在其它时间,可以将发射显示器中的发射器设定为减少发射或不发射可见光,而将遮光器中的像素元件设定为透明状态,以便用户可以看到环境。

[0288] 在一些配置中,可以使用单个遮光器而非成对的遮光器。在这种方法(或一些其它基于时分复用的方法)中,遮光器可以相对靠近透明发射显示器定位。在要同时照射多个像素区域的程度上,这些像素区域可以基本上彼此分离(例如,至少以预定的欧几里德距离彼此定位的像素区域)。在一些实施方式中,遮光器具有相对高的分辨率。

[0289] 图12B示出了从透明发射显示器1010中的像素发射的,并且选择性地通过遮光器中的透明像素透射的光的示例。第一发射器1230和第二发射器1250例如沿着用户眼睛210的方向发射光,但是入射在遮光器1220、1210上。在该示例中,第一遮光器1220和第二遮光器1230各自包括不透明像素和透明像素。如图所示,来自第一发射器1230和第二发射器1250的至少一部分发射被第一遮光器1220和第二遮光器1210中的不透明像素遮挡。但是,光中的一些透射通过透明像素。这样,具有适当角度的光被选择性地允许传播通过成对的遮光器1220、1210并到达近端可变焦光学元件1040,而其它角度的光被遮挡。如上所述,这些角度可以与来自对象的特定部分的光相对应,并且还与视网膜上共轭图像上的类似位置相对应。

[0290] 可以将与图11所示的遮光器类似的附加遮光器1110添加到图13所示的系统中。图13示出于图12所示的系统类似的系统1300,该系统1300包括透明发射显示器1010、近端可变焦光学元件1040、远端可变焦光学元件1050、第一遮光器1210和第二遮光器1220。这些元件可以基本类似于(或不同于)上面参考图12描述的那些。但是,系统1300可以进一步包括位于透明发射显示器1010的远端侧(例如,在透明发射显示器和用户前方环境之间)的远端遮光器1110。该远端遮光器1110可以包括具有多个像素元件的空间光调制器,这些像素元件可以被选择性地设定为透明或透射光学状态,或者替代地被设定为不透明的非透射或非透明状态。在一些实施方式中,在系统1300的遮光器1210和1220以特定频率(例如60Hz或更

高),例如比人眼所能辨别的快,来执行操作的情况下,可以使用DC或非PWM控制信号操作系统1300的遮光器1110,以使得遮光器1100可以保持在相对稳定的状态(例如,不闪烁)。因此,可以将某些像素元件选择为透明的,而可以将其它像素元件设定为不透明的,以便允许环境的某些部分是可见的,而该环境的一个或多个其它部分的视图被遮挡。因此,在一些实施方式中,远端遮光器1110可以基本类似于图11中描述的远端遮光器。在一些实施方式中,远端遮光器1110可以包括液晶空间光调制器。

[0291] 在诸如所示的一些配置中,系统可以进一步包括位于远端遮光器1110的相对的两侧上的远端透镜1130和近端透镜1120。远端透镜1130和近端透镜1120可以基本类似于上述的那些。这些透镜1130、1120可具有正光焦度。在一些实施方式中,这些透镜1130、1120可以是凸透镜,诸如双凸透镜。远端1130和近端透镜1120可以包括如上所述的其它类型的透镜。

[0292] 图14示出了另一增强现实显示系统1400,该显示系统1400包括后向透明发射显示器1010和反射波片透镜或小透镜阵列1410。后向透明发射显示器可以基本类似于上面参考图10A描述的透明发射显示器1010,除了将后向透明发射显示器被定向为使得光朝着环境而非朝向用户发射。反射波片小透镜阵列1410可以被设置在透明发射显示器1010和用户前方的环境510之间的光学路径中,以使得由透明发射显示器发射的光从反射波片小透镜阵列1410反射回到透明发射显示器。该光中的一些或几乎全部通过透明发射显示器1010向眼睛210透射。

[0293] 如上所述,衍射波片透镜或透镜阵列中的一些示例包括液晶。衍射波片透镜或透镜阵列可以提供光焦度,从而使偏振光发散或会聚。在一些情况下,衍射波片透镜或透镜阵列会聚一种偏振光,而发散另一偏振光,因为对于不同的偏振,衍射波片透镜具有不同(例如,相反)的光焦度。衍射波片透镜或小透镜也可以变换(例如旋转)入射在其上的光的偏振。衍射波片透镜在下面的例如名称为“*Lenses, Variable Focus Lens Elements, and Other Configurations for Providing Optical Power*(透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置)”的部分,以及于2017年6月12日提交的序列号为62/518,539(代理人编号MLEAP.119PR)的美国专利申请和2018年6月12日提交的,序列号为16/006,080(代理人编号MLEAP.119A)的,于\_\_\_\_\_公开为序列号为\_\_\_\_\_的美国公开的美国专利申请中进行了讨论,上述两个专利申请的全部内容通过引用并入此文。在一些实施方式中,反射波片小透镜阵列1410可以包括胆甾型液晶(CLC)反射波片小透镜阵列。替代地,可以使用CLC反射波片透镜。反射液晶透镜在下面的例如名称为“*Lenses, Variable Focus Lens Elements, and Other Configurations for Providing Optical Power*(透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置)”的部分中,以及于2018年2月22日提交的,序列号为15/902,927(代理人编号MLEAP.27A2)的,于2018年8月23日公开为序列号为2018/0239177的美国公开的,美国专利申请中进行了讨论,上述专利申请的全部内容通过引用并入此文。

[0294] 因此,反射波片透镜或小透镜阵列1410可具有光焦度,诸如正光焦度,以减少由透明发射显示器中的发射器发射的光的散度。在一些设计中,例如,反射波片小透镜阵列1410可具有焦距,并且透明发射显示器的发射器可以被设置在与反射波片小透镜阵列相距的与该焦距对应的距离处,以使得由发射器发射的光被反射波片小透镜阵列准直。

[0295] 如上所述,由于波片透镜对于不同的偏振具有不同(例如相反)的光焦度,因此波

片透镜或透镜阵列会聚一种偏振光，并发散另一偏振光。波片透镜或小透镜也可以变换(例如旋转)入射在其上的光的偏振。因此，系统中可以包括延迟器以控制偏振。在图14所示的系统中，例如，可选的四分之一波片1420或四分之一波延迟器被设置在透明发射显示器1010和反射波片小透镜阵列1410之间。(如本文所使用的，波片包括延迟器，并且不需要是诸如硬片之类的片，而可以是薄的和/或柔性的，并且例如可以包括一个或多个薄膜或层。)

[0296] 如图15所示，从透明发射显示器发射的光将传播通过可选的四分之一波片1420两次，从而在每次通过时增加四分之一波长的延迟，或者在两次通过时总共增加全波长的延迟。在该系统中，例如，从透明发射显示器1010中的发射器发射的线性偏振光(例如，水平偏振光)在通过可选的四分之一波片1420传播时变换为圆偏振光。该光入射在反射波片小透镜阵列1410上，该反射波片小透镜阵列1410对该取向的圆偏振光表现出正光焦度。反射波片小透镜阵列1410将反射光变换为取向相反的圆偏振光。该圆偏振光再次传播通过可选的四分之一波片1420，并变换回线性偏振光(例如，垂直偏振光)。由两次传播通过可选的四分之一波片1420引入的全波长的延迟使线性偏振的旋转。光或其大部分通过透明发射显示器朝向用户的眼睛透射。

[0297] 图16示出了类似于图15所示的增强现实显示系统1400，该显示系统1400进一步包括被设置在系统1400的任一侧上的用户的光学路径中的近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050。近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050将反射波片小透镜阵列1410、可选的四分之一波片1420和透明发射显示器1010夹在中间。近端可变焦光学元件1040和远端可变焦光学元件1050可以基本类似于上述那些。

[0298] 透镜、可变焦透镜元件和用于提供光焦度的其它配置

[0299] 在一些实施例中，可变焦透镜元件可以是自适应光学元件。该自适应光学元件例如可以通过向其施加电信号而动态地改变，以改变入射在其上的波前的形状。在一些实施例中，自适应光学元件可以包括透射光学元件，诸如动态透镜(例如液晶透镜、电活性透镜、具有移动元件的传统折射透镜、基于机械变形的透镜、电润湿透镜、弹性透镜或多种具有不同折射率的流体)。如本文所述，通过改变自适应光学元件的形状、折射率或其它特性，可以改变入射在该自适应元件上的波前，例如，以改变观看者的眼睛对光的聚焦。

[0300] 在一些实施例中，可变焦透镜元件可以包括夹在两个基板之间的液晶层。基板可以包括透光材料，例如玻璃、塑料、丙烯酸等。在一些实施例中，基板可以是平坦的。在一些实施例中，基板可以具有弯曲区域，以使得基板的部分可以具有固定的光焦度。

[0301] 在一些实施例中，可通过调节经由例如与液晶层和/或基板集成的一个或多个薄膜晶体管(TFT)和/或电极施加到液晶层的电信号(例如，电流和/或电压)来使可变焦透镜元件的光焦度变化。在一些实施方式中，液晶层中液晶物质的取向确定该层的折射率。在各种实施方式中，所施加的电信号设定液晶物质的取向，从而允许液晶层的折射率通过改变所施加的电信号而如期望的那样变化。

[0302] 参考图17A和图17B，对基于液晶的波片透镜的示例进行说明。

[0303] 图17A和图17B分别示出了波片透镜1700A和1700B的示例，每个波片透镜1700A和1700B包括上面形成有液晶分子1708的透明基板1704，例如玻璃基板，液晶分子1708沿着相对于与沿着基板1704的主表面的轴方向(例如x方向或y方向)平行的方向的不同延伸方向延伸。即，液晶分子1708绕着垂直于基板1704的主表面的方向(例如z方向)旋转不同的旋转

角度( $\phi$ )，其中， $\phi$ 被描述为液晶分子的延伸方向相对于与层法线平行的方向(例如x方向或y方向)之间的角度。

[0304] 在所示的实施方式中，与中心轴C相距的给定半径处的液晶分子1708具有相同的旋转角度( $\phi$ )。如所布置的，液晶分子1708被配置为将准直的光束聚焦到焦距处的点。不受任何理论的束缚，液晶分子1708的旋转角度( $\phi$ )可以与 $+/-k_0r^2/f, r^2$ 成比例，其中， $r$ 是与C相距的径向距离，并且 $k_0=2\pi/\lambda$ 是被衍射波片透镜聚焦的光的波数， $\lambda$ 是光的波长， $f$ 是波片透镜1700A、1700B的焦距。 $+$ 和 $-$ 符号可以与液晶分子1208相对于与波片透镜1700A、1700B的中心C最近的液晶分子1708的旋转方向相对应。

[0305] 波片透镜1700A和1700B的液晶分子1708的图案表示彼此的翻转图像。即，波片透镜1700A和1700B中的一者可以通过将波片透镜1700B和1700B中的另一者绕轴向(例如x方向或y方向)旋转180度来获得。根据配置，波片透镜1700A和1700B的焦距和光焦度在大小相同但符号相反。

[0306] 在一些实施方式中，波片透镜1700A和1700B中的每一者可用作半波片透镜。当被配置为半波片透镜时，波片透镜1700A和1700B中的每一者将线性偏振光的平面相对于输入光束的偏振旋转角度 $2\alpha$ ，其中， $\alpha$ 是输入偏振方向和波片轴之间的角度。对于圆偏振光束，这种角度变化转化为相移和偏振旋向性的反转。因此，可以在圆偏振光束中生成 $\pm 2\alpha$ 相移，该相移的符号取决于偏振旋向性。

[0307] 图17C示出了根据一些实施例的波片透镜的示例，该波片透镜取决于光的偏振和光的入射侧来发散或会聚传播通过其的光。当被配置为半波片透镜时，所示的波片透镜1700A可被配置为将入射在第一侧上的右旋圆偏振(RHCP)光束1712发散为左旋圆偏振(LHCP)光束1716。另一方面，波片透镜1700A可被配置为将入射在与第一侧相对的第二侧上的RHCP光束1720会聚为左旋圆偏振(LHCP)光束1724。

[0308] 对于波片透镜1700B，情况相反。如图17D所示，当被配置为半波片时，波片透镜1700B可被配置为将入射在第一侧的LHCP光束1728会聚为RHCP光束1732。另一方面，波片透镜1700B可被配置为将入射在与第一侧面相对的第二侧面上的LHCP光束1736发散为RHCP光束1740。

[0309] 因此，通过控制液晶1708的旋转角度方向和径向分布，可以将波片透镜配置为会聚或发散具有任一旋向性的圆偏振光。基于液晶旋转角度之间的关系，可以增加或减小光焦度。另外，在一些实施例中，可以通过施加电场来使液晶对齐和不对齐。因此，在光焦度为零的极限中，波片透镜可用作波片，例如可切换波片。

[0310] 图18A示出了根据一些实施例的包括波片透镜和可切换波片的自适应透镜组件的示例。图18B示出了在停用图18A所示的自适应透镜组件1800的可切换波片的情况下操作的可切换波片组件1800A，而图18C示出了在激活图18A所示的自适应透镜组件1800的可切换波片的情况下操作的可切换组件1800B。自适应透镜组件1800被配置为耦接以及透射来自本文讨论的透明发射显示器1010的光。自适应透镜组件1800包括第一波片透镜(L1/HWP1)1804(例如第一半波片透镜)、第二波片透镜(L2/HWP2)1808(例如第二半波片透镜)和可切换波片(HWP3)1812(例如可切换半波片)。

[0311] 在各种实施例中，L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者被配置为用作透镜和半波片。如上面参考图17A和图17B所述，当被配置为半波片时，L1/HWP1 1804和L2/HWP2

1808中的每一者被配置为将具有第一旋向性(第一HCP)的圆偏振的光变换为具有第二旋向性(第二HCP)的圆偏振的光。即,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者被配置为分别将通过其传播的光从具有LHCP或RHCP的光变换为具有RHCP或LHCP的光。

[0312] 在各种实施例中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者被配置为用作透镜,对于给定的偏振,具有第一透镜效应或与第二透镜效应相反的第二透镜效应。即,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者被配置为会聚或发散通过其传播的光。在各种实施例中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者可被配置为具有相反的透镜效应,取决于入射光的偏振态。例如,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者可被配置为聚焦入射在其上的具有第一HCP的光,同时被配置为使入射在其上的具有第二HCP的光脱焦。

[0313] 在一些实施例中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808被配置为对于具有给定HCP的光具有相同的透镜效应。即,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808均可被配置为聚焦具有LHCP的光,聚焦具有RHCP的聚焦光,使具有LHCP的光脱焦或使具有RHCP的光脱焦。

[0314] 在一些实施例中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者可以包括被延伸和旋转的液晶分子,以使得位于与各个波片透镜1804、1808的中心轴相距的给定半径处的液晶具有相同的旋转角度( $\phi$ ),如上面参考图17A和17B所述。第一波片透镜1804和第二波片透镜1808中的每一者被配置为改变通过其传播的光的偏振态,例如反转偏振态。可切换波片1812被配置为在被电激活时改变通过其传播的光的偏振态,例如反转偏振态,同时被配置为在被停用时基本传播光,而不改变通过其传播的光的偏振态。用于切换可切换波片1812的电信号,例如电流信号或电压信号,可以由与其电连接的开关电路1816提供。

[0315] 在各种实施例中,当被激活,例如使用由开关电路1816提供的电压或电流信号被电激活时,HWP3 1812B(图18C)用作半波片。即,当被激活时,HWP3 1812B(图18C)用作半波片,该半波片被配置为分别将通过其传播的光从具有LHCP或RHCP的光变换为具有RHCP或LHCP的光。因此,当被激活时,L1/HWP1 1804、L2/HWP2 1808和HWP3 1812B(图18C)中的每一者被配置为将具有第一旋向性(第一HCP)的圆偏振的光变换为具有第二旋向性(第二HCP)的圆偏振的光。

[0316] 在各种实施例中,当被停用,例如使用由开关电路1816提供的电压或电流信号被电停用时,例如通过去除电压或电流信号,HWP3 1812A(图18B)用作光传输介质,而不影响偏振或不提供任何透镜效应。

[0317] 在一些实施例中,单个波片透镜1804和/或1808可以既用作波片透镜又用作可切换半波片。在这样的实施例中,可以省略专用的可切换半波片1812。

[0318] 图18B示出了根据一些实施例的在停用可切换波片的情况下操作的图18A的自适应透镜组件的示例。当可切换波片1812被停用时,例如当开关电路1316未将电流或电压施加到可切换波片1812时,可以停用自适应透镜组件1800A。自适应透镜组件1800A可以与第一自适应透镜组件(位于世界侧)或第二自适应透镜组件(在用户侧)相对应。L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者可被配置为对通过其传播的具有第一HCP,例如LHCP,的光具有第一透镜效应(例如,发散效应)。L1/HWP1 1304和L2/HWP2 1308中的每一者还可被配置为通过其传播的具有相反的HCP,例如RHCP,的光具有与第一透镜效应相反的第二透镜效应(例如,会聚效应)。

[0319] 仅作为示例,具有第一HCP,例如LHCP,的光束1820例如沿着正的z方向行进,直到

光束1820照射在L1/HWP 1804上并通过其传播。L1/HWP1 1804将具有LHCP的光束1820变换为具有RHCP的光束1824。由于L1/HWP1 1804也被配置为透镜，因此L1/HWP1 1804还根据L1/HWP1 1804的第一光焦度P1来发散光束1820。

[0320] 具有RHCP的光束1824随后入射在处于停用状态的HWP3 1812A上。由于HWP3 1812A被停用，因此具有RHCP的光束1824通过HWP3 1812A投射，而基本不受偏振或透镜效应的影响，入射在H2/HWP2 1808上，作为具有RHCP的光束1828A。当被配置为用户侧的自适应透镜组件时，L2/HWP2 1808类似于所示实施例中的L1/HWP1 1804进行配置，即，变换偏振并且发散具有LHCP的光，同时会聚具有RHCP的光。因此，具有RHCP的光束1828A被变换回具有LHCP的光束1832。因此，当HWP3 1812A被停用时，L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1804透射具有相反偏振的光束，以使得L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808对通过其传播的光具有相反的透镜效应。即，由于入射在L2/HWP2 1808上的光束1828A具有RHCP，因此从L2/HWP2 1808出射的光束1832A根据第二光焦度P2会聚，不同于根据第一光焦度P1发散的从L1/HWP1 1804出射的光束1824。此后，当从处于停用状态的自适应透镜组件1800A出射时，光束1832A可以被眼睛观看到。

[0321] 在一些实施例中，当HWP3 1812A被停用时，L1/HWP1 1804的第一光焦度P1(可以为负，即发散的)和L2/HWP2 1808的第二光焦度P2(可以为正，即会聚的)可以具有基本相同或匹配的大小。在这些实施例中，由于L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808的透镜效应得到补偿，自适应透镜组件1800A的净光焦度Pnet(可以近似为P1+P2)可以基本为零。但是，实施例不限于此，并且第一光焦度P1和第二光焦度P2可以具有不同的大小，以使得净光焦度Pnet可以具有非零值。例如，在一些实施例中，非零Pnet可以等于用户的眼镜处方，从而允许校正用户的眼睛的聚焦误差(例如，屈光聚焦误差)。

[0322] 应当理解，尽管在所示的实施例中，入射光束1820具有LHCP，但是当入射光束1820具有RHCP时，将产生相似的结果。即，当光束1820具有RHCP时，光束1824和1828A具有LHCP，并且与所示的实施例不同，光束1824和1828A相对于光束1820会聚。同样，L2/HWP2 1808发散由L1/HWP1 1804会聚的光束1828A，以使得净光焦度Pnet可以基本为零。

[0323] L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808的透镜效应以及针对上面参考图18B描述的入射光束的偏振态选择透镜效应仅作为一个示例，其它配置也是可能的。例如，尽管在图18B中，L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808被配置为发散具有LHCP的光，同时会聚具有RHCP的光，但是在其它实施例中，L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808可被配置为会聚具有LHCP的光，同时发散具有RHCP的光。

[0324] 总之，在一些实施例中，当自适应透镜组件1800A的HWP3 1812A处于停用状态时，出射光束1832A可以具有与入射光束1820相同的HCP，并且在透镜效应方面基本与入射光束1820匹配，这是由于L1/HWP1 1804的P1和L2/HWP2 1808的P2之间的透镜效应得到补偿。因此，例如，当用户不观看虚拟内容时，世界视图相对地不受自适应透镜组件的影响。

[0325] 图18C示出了根据一些实施例的在激活可切换波片的情况下操作的图18A的自适应透镜组件的示例。当可切换波片1812B被激活时，例如当开关电路1816将电流或电压施加到可切换波片1812B时，可激活自适应透镜组件1800B。自适应透镜组件1800B例如可以与第一自适应透镜组件(在世界侧)或第二自适应透镜组件(在用户侧)相对应。

[0326] 当被配置为位于用户侧的第二自适应透镜组件时，L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808

中的每一者可被配置为发散通过其传播的具有一种HCP(例如LHCP)的光。L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808中的每一者还可被配置为会聚通过其传播的具有另一HCP(例如RHCP)的光。

[0327] 来自透明发射显示器1010的光可作为具有LHCP的圆偏振光束1820入射在可切换透镜组件1800B上。在一些实施方式中,可以包括一个或多个偏振器和/或偏振控制元件(例如,一个或多个线性偏振器、延迟器或它们的组合和/或圆偏振器)以提供适当的偏振光(例如,在一些情况下的圆偏振光)。例如,可以相对于透明发射显示器1010设置一个或多个偏振器或偏振控制元件(例如,一个或多个线性偏振器、延迟器或它们的组合和/或圆偏振器)以变换来自透明发射显示器的光输出,这些光输出例如可以被反偏振为合适的偏振(例如,在一些情况下的圆偏振光)。可以包括其它偏振器和/或偏振控制部件和/或它们的配置,并且位置可以变化。光束1820例如沿着正的z方向行进,直到光束1820照射在L1/HWP 1804上并通过其传中。L1/HWP1 1804将具有LHCP的光束1820变换为具有RHCP的光束1824。由于L1/HWP1 1804被配置为发散具有LHCP的光,因此光束1824也被根据L1/HWP1 1804的第一光焦度P1发散。

[0328] 具有RHCP的光束1824顺序入射在处于激活状态的HWP3 1812B上。与上面参考图18B示出的停用的HWP 1812A不同,由于HWP3 1812B被激活,因此通过HWP3 1812B透射的具有RHCP的光束1824被变换为具有LCHP的光束1828B。顺序地,具有LHCP的光束1828B入射在L2/HWP2 1808上。由于与上面参考图18B所示的光束1828A不同,入射在L2/HWP2 1808上的光束1828B具有LHCP,因此L2/HWP2 1808根据第二光焦度P2进一步将光束1828B发散为具有RHCP的光束1832B。即,与参考图18B所示的HWP 1812A的停用状态不同,由于HWP 1812B被激活,因此L1/HWP1 1804和L2/HWP1 1804被配置为透射具有相同偏振LHCP的光束。因此,与具有参考图18B所示的补偿效应的L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808不同,图18C中的L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808对通过其传播的光具有叠加的透镜效应。即,由于入射在L1/HWP1上的光束1820和入射在L2/HWP2 1804上的光束1828B都具有LHCP,因此,从L2/HWP2 1808出射的光束1832B除了被L1/HWP1 1804发散之外,还被进一步发散。此后,当从处于激活状态的自适应透镜组件1800B出射时,光束1832A可以被眼睛观看到。

[0329] 在一些实施例中,L1/HWP1 1804的第一光焦度P1和L2/HWP2 1808的第二光焦度P2都可以为负(即,发散的)并且可以具有基本相同或匹配的大小。在这些实施例中,由于L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808的组合的叠加透镜效应,自适应透镜组件1800B的净光焦度Pnet(可以近似为P1+P2)可以基本为P1或P2的两倍。然而,实施例不限于此,并且第一光焦度P1和第二光焦度P1、P2可以具有不同的大小。

[0330] 尽管在所示的实施例中,入射光束1820具有LHCP,但是当入射光束1820具有RHCP时,将产生平行输出。即,当光束1820具有RHCP时,与所示的实施例不同,所产生的光束1832B具有LHCP,并且由L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808根据净光焦度Pnet会聚,该净光焦度的大小近似地等于第一光焦度P1和第二光焦度P2的大小之和。

[0331] 应当理解,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808的透镜效应以及这些透镜效应对上面参考图18C描述的入射光束的偏振态的依赖性仅是一个示例,其它配置也是可能的。例如,尽管在图18B中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808被配置为发散具有LHCP的光,同时会聚具有RHCP的光,但是在其它实施例中,L1/HWP1 1804和L2/HWP2 1808可以被相反地配置为发散具有LHCP的光,同时会聚具有RHCP的光。

[0332] 因此,在一些实施例中,当自适应透镜组件1800B的可切换半波片1812B处于激活状态时,出射光束1832B相对于入射光束1820具有相反的HCP,并且可以根据L1/HWP1 1804的附加光焦度P1和L2/HWP2 1808的光焦度P2的叠加光焦度发散。因此,当用户观看虚拟内容时,虚拟内容根据其值近似为 $P_{net}=P_1+P_2$ 的净光焦度聚焦到眼睛210中。

[0333] 在上文中,已经对被配置为在上文描述的显示设备中位于用户侧的第二自适应透镜组件的处于激活状态的自适应透镜组件进行了描述。然而,如上所述,在没有任何补偿效应的情况下激活第二自适应透镜组件以向用户的眼睛210显示虚拟内容可能导致不期望的真实世界视图脱焦或畸变的情况。因此,需要将位于世界侧的第一自适应透镜组件配置为至少部分地补偿或抵消被激活的第二自适应透镜组件的透镜效应以显示虚拟内容。

[0334] 参考图18C,当被配置为用于抵消位于用户侧的第二自适应透镜组件的透镜效应的位于世界侧的第一自适应透镜组件时,自适应透镜组件1800B的部件可被配置为使得当从世界510向眼睛210透射的光遍历(traverse)第一自适应透镜组件和第二自适应透镜组件时,可以按照上面关于参考图18C描述的自适应透镜组件1800B描述的方式来配置每个部件。在操作中,如上所述,通过第一自适应透镜组件从世界透射的光的偏振从第一偏振态被变换为第二偏振态,例如从RHCP变换为LHCP。随后,通过第二自适应透镜组件透射的光的偏振从第二偏振态变换回第一偏振态,例如从LHCP变换为RHCP。此外,通过第一自适应透镜组件从世界透射的光根据具有第一符号(例如正号)的第一净光焦度 $P_{net1}=P_1+P_2$ 经历第一透镜效应(例如,会聚效应)。随后,通过第二自适应透镜组件透射的光根据具有第二符号(例如负号)的第二净光焦度 $P_{net2}=P_1'+P_2'$ 经历与第一透镜效应相反的第二透镜效应(例如,发散效应),因为入射在第二自适应透镜组件上的光具有与入射在第一自适应透镜组件上的光相反的偏振。当 $P_{net1}$ 和 $P_{net2}$ 具有基本相似的大小时,近似于 $P=P_{net1}+P_{net2}$ 的总透镜效应可能基本为零。因此,当用户通过激活第二透镜组件来观看虚拟内容以及观看周围世界中的真实对象时,世界视图相对不受第一透镜组件的补偿效应的影响。如上所述,在一些实施方式中,可以包括一个或多个偏振器和/或偏振控制元件(例如,一个或多个线性偏振器、延迟器或它们的组合和/或圆偏振器)以提供合适的偏振光(例如,在一些情况下的圆偏振光)。例如,可以相对于用户前方的世界或环境设置一个或多个偏振器或偏振控制元件(例如,一个或多个线性偏振器、延迟器或它们的组合和/或圆偏振器)以转换来自其中的光,这些光例如可以被反偏振为合适的偏振(例如,在一些情况下的圆偏振光)。可以包括其它偏振器和/或偏振控制部件和/或它们的配置,并且位置可以变化。

[0335] 在各种实施例中,当被激活时,第一自适应透镜组件和第二自适应透镜组件中的每一者例如可以提供在约 $\pm 5.0$ 屈光度和0屈光度之间的范围、 $\pm 4.0$ 屈光度和0屈光度之间的范围、 $\pm 3.0$ 屈光度和0屈光度之间的范围、 $\pm 2.0$ 屈光度和0屈光度之间的范围、 $\pm 1.0$ 屈光度和0屈光度之间的范围,包括由这些值定义的任何范围,例如 $\pm 1.5$ 屈光度之间的范围内的净光焦度(正或负)。这些范围之外的其它值以及其它范围也是可能的。

[0336] 可以采用多个透镜组件,可能是多个可切换透镜组件,以获得宽范围的光焦度值。在一些配置中,可以通过切换,诸如使用施加到诸如透镜和/或波片之类的光学元件的电信号或以其它方式进行切换,来选择性地提供多个光焦度。图16示意性地示出了默认虚拟图像深度 $fs_0$ ,以及可以通过在本文公开的显示设备中的第二自适应透镜组件1508中选择子堆叠1508-1、1508-2、1508-3中的一者或者来为用户1604选择的第一虚拟图像深度 $fs_1$ 至

第六虚拟图像深度fs6的示例。另外，第二自适应透镜组件1508中的子堆叠1508-1、1508-2、1508-3中的选定一者与第一自适应透镜1504中的子堆叠1504-1、1504-2、1504-3中的对应子堆叠配对，以使得真实世界视图中不期望的脱焦或畸变被减少或最小化。

[0337] 其它提供光焦度的设计和配置也是可能的。例如，可以采用反射光学元件，诸如反射液晶元件(诸如胆甾型液晶光学元件)。

[0338] 如本文所述，一些显示设备包括目镜，该目镜被配置为非对称地向世界投射光(例如，远离用户的眼睛4朝向世界)，然后将光投射到使光的方向反转回(例如，通过反射或衍射)用户的眼睛4的光学结构(例如，图14至图16的反射波片透镜或小透镜阵列1410)。

[0339] 图20A和图20B示出了可被实现为显示设备的一部分的反射型衍射透镜3100A，其中反射型衍射透镜3100A由图案化CLC材料形成，用作反射偏振镜。图20A示出了在菲涅耳(Fresnel)图案(例如，二进制菲涅耳透镜图案)顶部的液晶指向矢(箭头)的局部取向。因此，CLC透镜3100A可被配置为具有光焦度(其诸如可以通过施加的电场来调节)。CLC透镜3100A的实施例可用于在图14至图16的显示器中提供反射率和光焦度。

[0340] 参考图20B，当通过具有与CLC手性的旋向性(例如RHCP)相对应(例如，具有相同的旋向性)的圆偏振的圆偏振入射光3012照射透镜3100A时，反射光3016表现出类似于透射透镜的透镜效应。另一方面，具有正交偏振(例如LHCP)的光在没有任何干涉的情况下透射。透镜3100A可被配置为具有小于约10nm，小于约25nm，小于约50nm，小于约100nm的范围内或某个其它范围内的带宽。

[0341] 图20C示出了包括多个反射型衍射透镜3100-R、3100-G和3100-B的反射型衍射透镜3100C。在所示的实施例中，反射型衍射透镜3100-R、3100-G和3100-B采取堆叠配置，并且被配置为分别反射红色、绿色和蓝色光谱内的波长 $\Delta\lambda$ 范围内的光。当通过具有与CLC手征性的旋向性(例如RHCP)相对应的圆偏振的，并且波长在红色、绿色和蓝色光谱内的波长 $\Delta\lambda$ 范围内的圆偏振入射光3012照射透镜3100C时，反射光3016表现出类似于透射透镜的透镜效应。另一方面，具有正交偏振(例如LHCP)的光在没有任何干涉的情况下透射。

[0342] 当焦距3204取决于光波长变化时，衍射透镜(例如，基于菲涅耳的透镜/菲涅耳透镜)经常产生严重的色差。这种色差在图21A中相对于衍射透镜3200A示出，其显示出入射的红色、绿色和蓝色光聚焦在距透镜3200A不同距离处。

[0343] 受益于CLC材料的适度带宽，可以将透镜的堆叠实现为对于不同颜色具有基本相同的焦距。图21B示出了包括采用与参考图20C所示的反射型衍射透镜3100C相似的堆叠配置的多个反射型衍射透镜3200-R、3200-G和3200-B的反射型衍射透镜3200B。如图21B所示，三个单独的透镜3200-R、3200-G和3200-B被设计为分别对于红色、绿色和蓝色波长具有基本相同的焦距或光焦度。由于在许多实施方式中CLC材料的带宽大约在50nm至100nm之间，因此可以减小或最小化三个波长之间的串扰。尽管示出了3个CLC层，但是可以与入射在透镜3200B上的光的颜色对应地使用更少或更多数量的层。

[0344] 波片透镜或小透镜阵列可以通过产生例如在阵列(诸如矩形阵列)中横向地间隔开的多个这样的透镜(例如，液晶透镜)而产生。透射波片透镜或小透镜阵列可以通过产生例如在阵列(诸如矩形阵列)中横向地间隔开的多个透射波片透镜而产生。反射波片透镜或小透镜阵列可以通过产生例如在阵列(诸如矩形阵列)中横向地间隔开的多个反射波片透镜而产生。在一些实施方式中，透镜阵列中的这些透镜可以小于单透镜实施方式。

[0345] 多种变化是可能的。例如,如图所示,可以使用诸如单透镜1018、1016或透镜阵列1030、1020、1014、106之类的透镜。也可以使用带电或不带电的反射器。如图所示,可以使用反射小透镜1410。在一些实施中,尽管可以使用透镜或小透镜阵列或反射透镜或小透镜阵列,但是也可以使用单透镜1018、1016或反射器(近端和/或远端)。液晶透镜和/或反射器可以包括在系统中。可以使用波片透镜或小透镜阵列。这些波片透镜或小透镜阵列可以是反射的或透射的。任何组合都是可能的。也可以从系统中排除任何元件。例如,使用小透镜阵列1020、1030、1012、1014或单透镜1016、1018(近端和/或远端)而不需要变焦透镜(近端或远端)。此外,顺序可以变化。例如,在一些实施方式中,一个或多个变焦阵列1040、1050(近端或远端)可能比其它单透镜1016、1018或小透镜阵列1020、1030、1012、1014(近端或远端)更靠近透明发射阵列1010。多种其它变化也是可能的。

[0346] 应当理解,在此描述和/或在附图中示出的处理、方法和算法中的每一者可以体现以下项中并通过以下项被全部或部分自动化:代码模块,其由一个或多个物理计算系统、硬件计算机处理器、专用电路执行,和/或电子硬件,其被配置为执行具体和特定计算机指令。例如,计算系统可以包括用具体计算机指令编程的通用计算机(例如,服务器)或专用计算机、专用电路等。代码模块可以被编译并链接到可执行程序中,安装在动态链接库中,或者可以用解译性编程语言编写。在一些实施例中,特定操作和方法可以由专用于给定功能的电路来执行。

[0347] 此外,本公开的功能的某些实施例在数学上、计算上或技术上都足够复杂,以至于为了执行功能(例如由所涉及的计算量或复杂性决定)或为了基本实时地提供结果,必需专用硬件或一个或多个物理计算设备(利用适当的专用可执行指令)。例如,视频可以包括许多帧,每帧具有数百万个像素,并且需要专用编程的计算机硬件来处理视频数据以在商业上合理的时间内提供所需的图像处理任务或应用。

[0348] 代码模块或任何类型的数据可以存储在任何类型的非暂时性计算机可读介质上,诸如物理计算机存储装置,其中包括硬盘驱动器、固态存储器、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘、易失性或非易失性存储装置以及相同或相似元件的组合等。在一些实施例中,非暂时性计算机可读介质可以是本地处理和数据模块(140)、远程处理模块(150)和远程数据存储库(160)中的一者或者的一部分。方法和模块(或数据)也可以在各种计算机可读传输介质上作为生成的数据信号(例如,作为载波或其它模拟或数字传播信号的一部分)传输,所述传输介质包括基于无线和基于导线/电缆的介质,可以采取多种形式(例如,作为单个或多路复用模拟信号的一部分,或者作为多个离散数字包或帧)。所公开的处理或处理步骤的结果可以持久地或以其它方式存储在任何类型的非暂时性有形计算机存储装置中,或者可以经由计算机可读传输介质来传送。

[0349] 在此描述的和/或在附图中示出的流程图中的任何处理、方框、状态、步骤或功能应该被理解为潜在地表示代码模块、片段或代码部分,其包括用于实现处理中的特定功能(例如,逻辑或算术功能)或步骤的一个或多个可执行指令。各种处理、方框、状态、步骤或功能可以与本文提供的示例性示例一起执行以下操作:组合、重排、添加、删除、修改或其它改变。在一些实施例中,附加的或不同的计算系统或代码模块可以执行本文描述的功能中的部分或全部。本文描述的方法和处理也不限于任何特定的顺序,并且与其相关的方框、步骤或状态可以以其它合适的序列来执行,例如以串行、并行或某种其它方式执行。可以向所公

开的示例实施例添加任务或事件或者从中移除任务或事件。此外,本文描述的实施例中的各种系统组件的分离是出于说明的目的,不应该被理解为在所有实施例中都需要这种分离。应该理解,所描述的程序组件、方法和系统通常可以一起集成在单个计算机产品中或者封装到多个计算机产品中。

[0350] 在上述说明书中,已经参考本发明的特定实施例对其进行了描述。但是显而易见的是,在不脱离本发明的较广泛的精神和范围的情况下,可以对本发明做出各种修改和更改。因此,说明书和附图应该被视为出于说明的目的,而非限制的目的。

[0351] 实际上,应当理解,本公开的系统和方法各自具有若干创新性方面,这些方面中的任一单个方面不单独负责本文所公开的期望特性或不是本文所公开的期望特性所必需的。上述各种特征和处理可以彼此独立地使用,或者可以以各种方式组合使用。所有可能的组合和子组合均旨在落入本公开的范围内。

[0352] 本说明书中通过分开的实施例的上下文描述的某些特征也可以在单个实施例中组合地实现。相反地,在单个实施例的上下文中描述的各种特征也可以在多个实施例中单独实施,或以任何合适的子组合实施。此外,尽管特征可以像上文描述的那样以特定组合起作用,甚至最初以此方式要求保护,但是在一些情况下,所要求保护的组合中的一个或多个特征可以从组合中剔除,并且所要求保护的组合可以涉及子组合或子组合的变体。对于每个实施例而言,没有任何单个特征或特征组是必需的或不可或缺的。

[0353] 应当理解,除非另有具体说明,或者在上下文中另有理解,否则在此使用的诸如“可”、“可以”、“可能”、“能够”、“例如”等条件语通常旨在表达某些实施例包括,而其它实施例不包括某些特征、元素和/或步骤。因此,这种条件语通常不旨在暗示特征、元素和/或步骤以任何方式对于一个或多个实施例是必需的,也不旨在暗示一个或多个实施例必然包括用于在具有或者没有程序设计者输入或提示的情况下决定这些特征、元素和/或步骤是否包括在或者是否将在任何具体实施例中执行的逻辑。术语“包括”、“包含”、“具有”等是同义词,并且以开放的方式包含性地使用,并且不排除其它元素、特征、动作、操作等。此外,术语“或”以其包含性含义(而非排他性含义)使用,因此,当被用于例如连接元素列表时,术语“或”意味着列表中的一个、一些或全部元素。另外,除非另有说明,否则在本申请和所附权利要求书中使用的冠词“一”、“一个”和“所述”应被解释为表示“一个或多个”或“至少一个”。类似地,尽管操作在附图中可以以特定顺序示出,但应认识到,这些操作不需要以所示的特定顺序或按顺序执行,或者执行所有示出的操作以实现所需的结果。此外,附图可以以流程图的形式示意性地示出一个或多个示例处理。然而,其它未示出的操作可以并入示意性示出的示例方法和处理中。例如,一个或多个附加操作可以在任何所示的操作之前、之后、同时或者期间。另外,在其它实施例中,操作可以被重新排列或排序。在某些情况下,多任务和并行处理是有利的。此外,上述实施例中的各种系统组件的分离不应该被理解为在所有实施例中都需要这种分离,且应该理解,所述的程序组件和系统通常可以一起集成在单个软件产品中或者封装到多个软件产品中。另外,其它实施例在以下权利要求的范围内。在一些情况下,权利要求中列出的动作可以以不同的顺序执行并且仍能实现所需的结果。

[0354] 因此,权利要求并非旨在限于本文所示的实施例,而是被赋予与本文披露的本公开、原理和新颖特征一致的最广泛的范围。

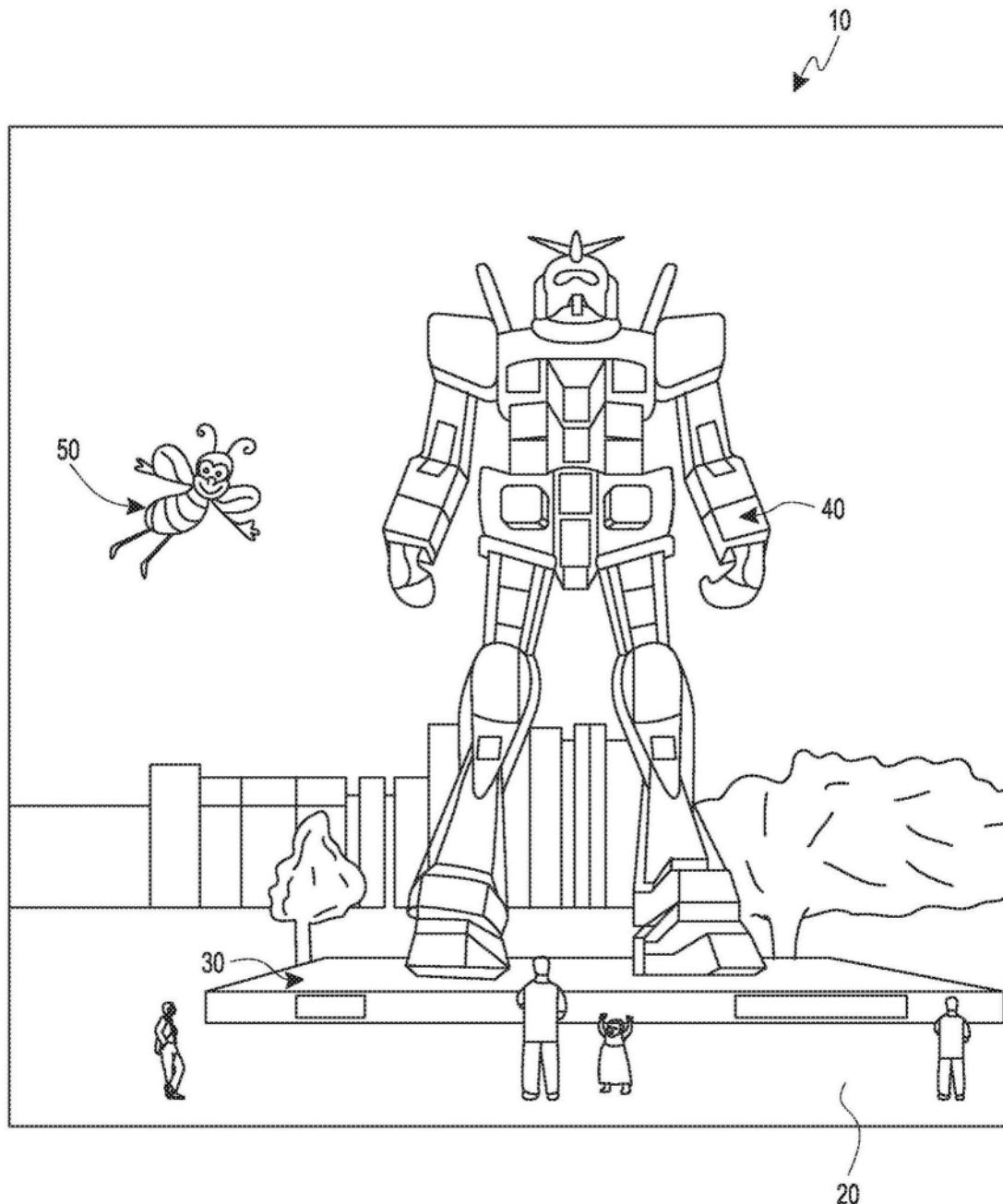


图1

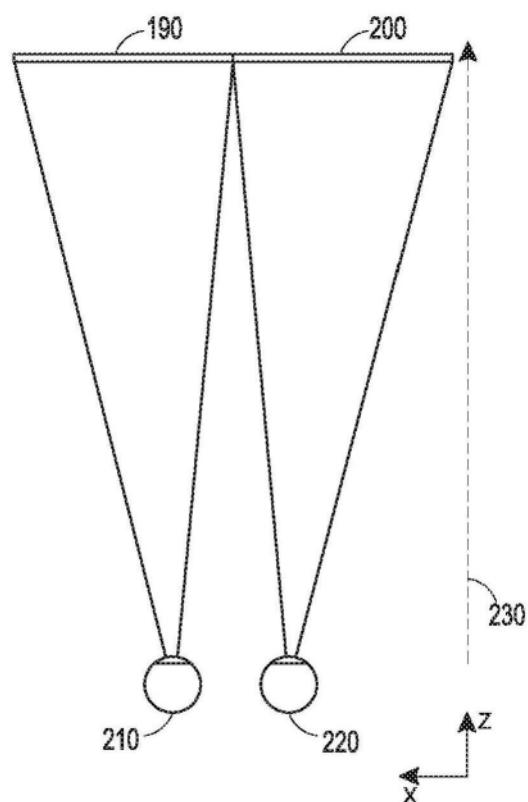


图2

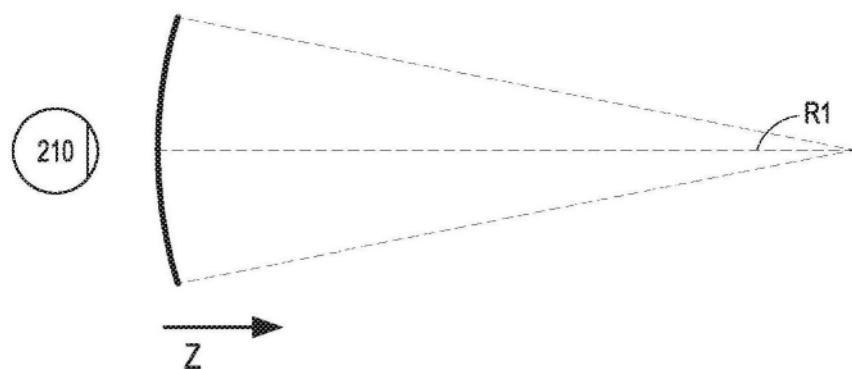


图3A

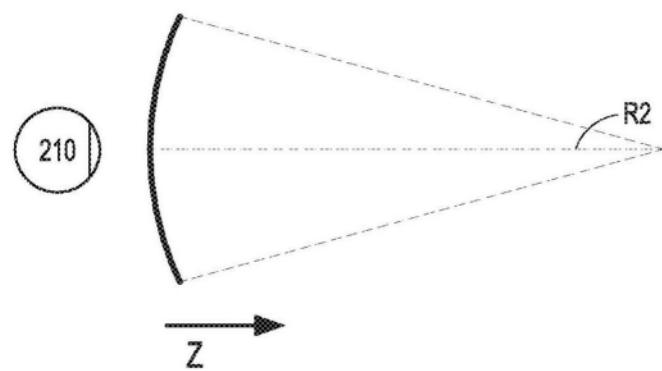


图3B

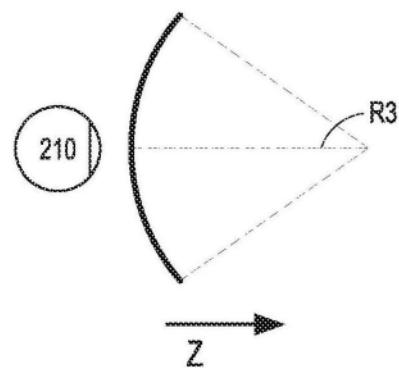


图3C

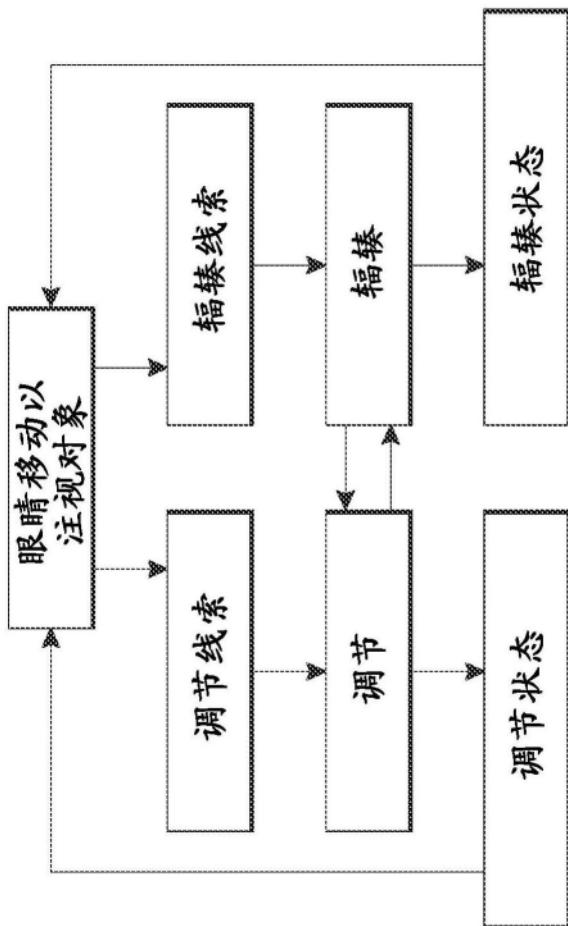


图4A

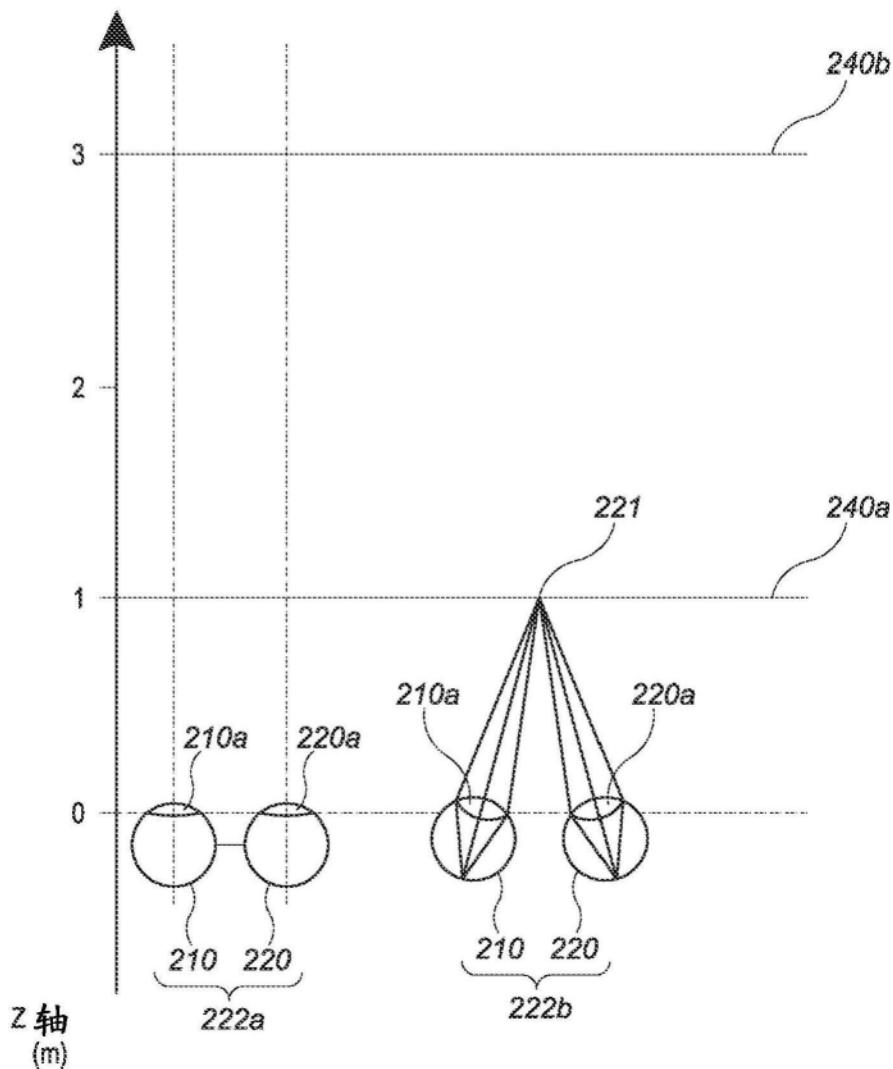


图4B

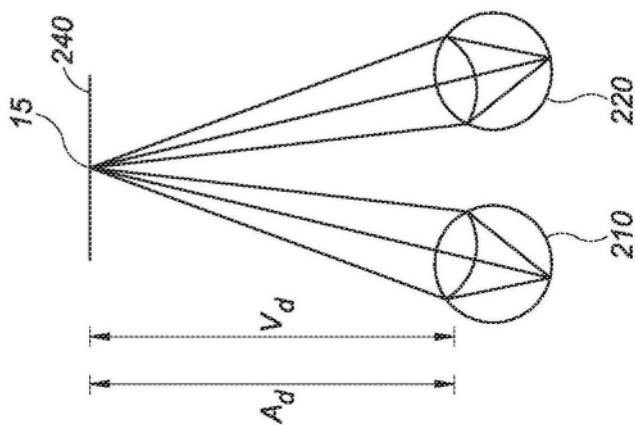


图4C

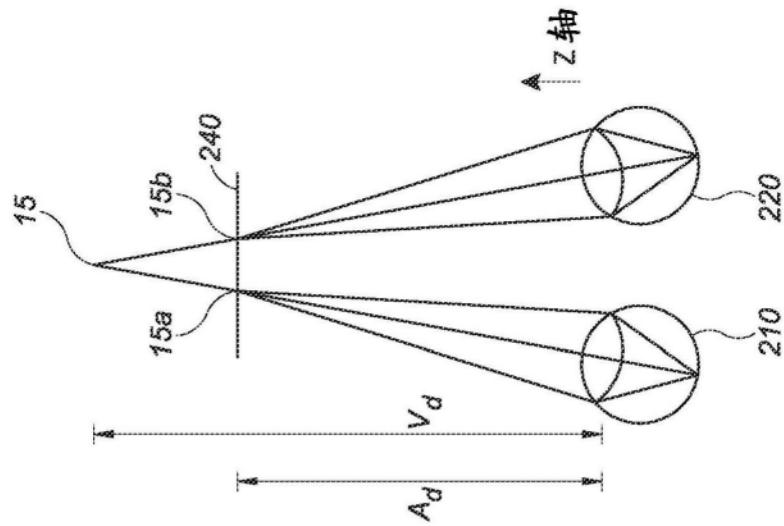


图4D

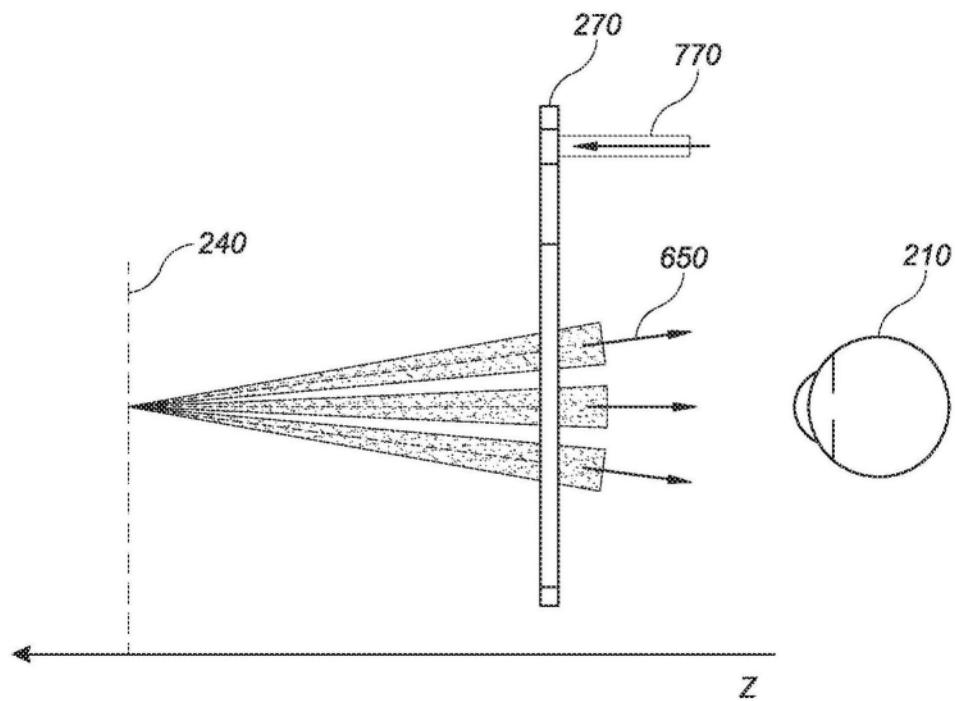


图5

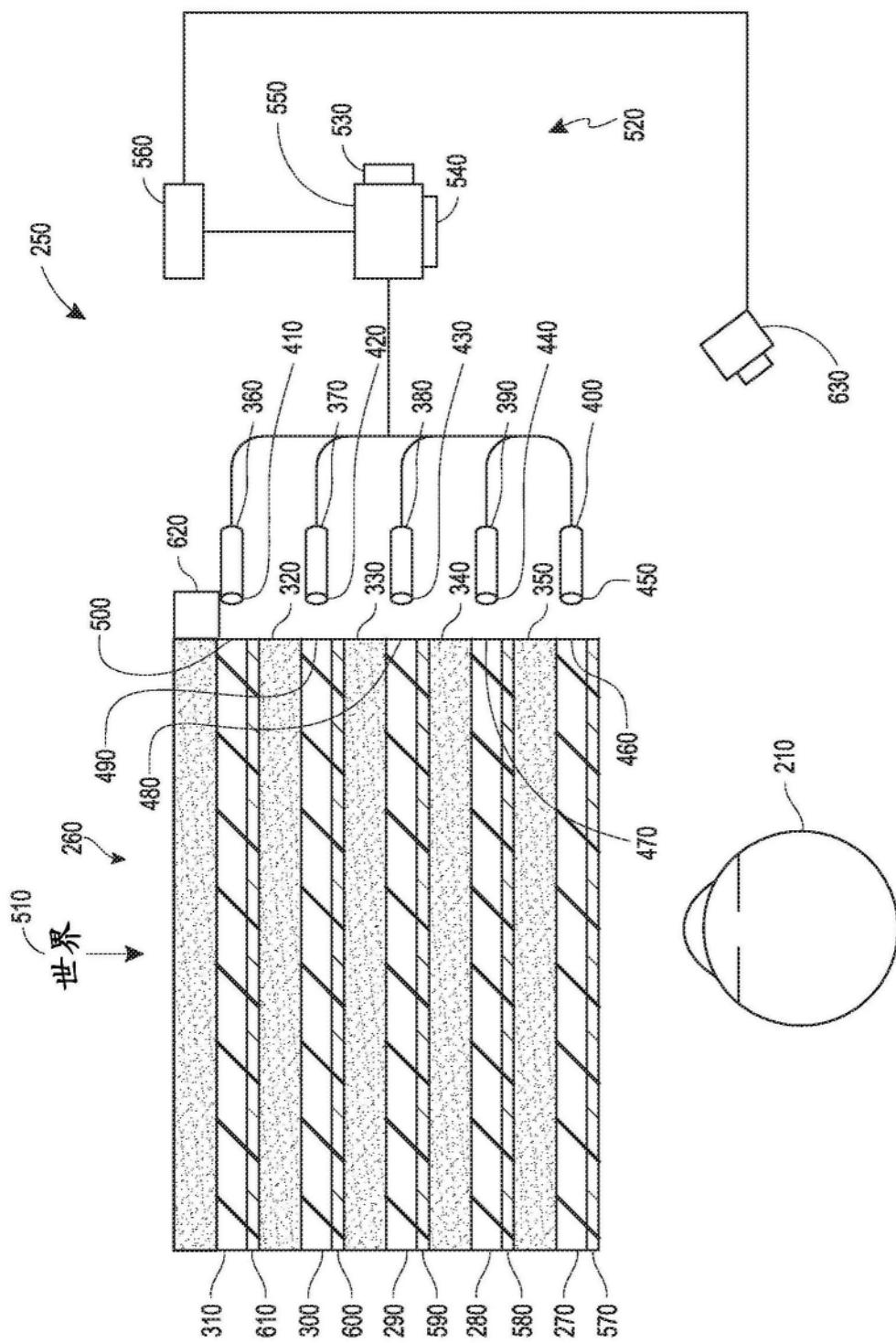


图6

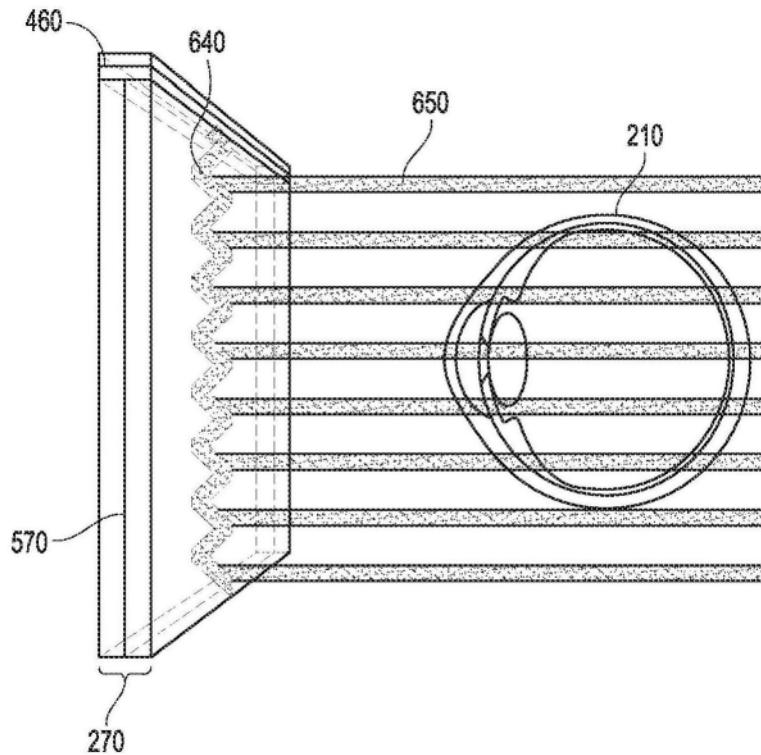


图7

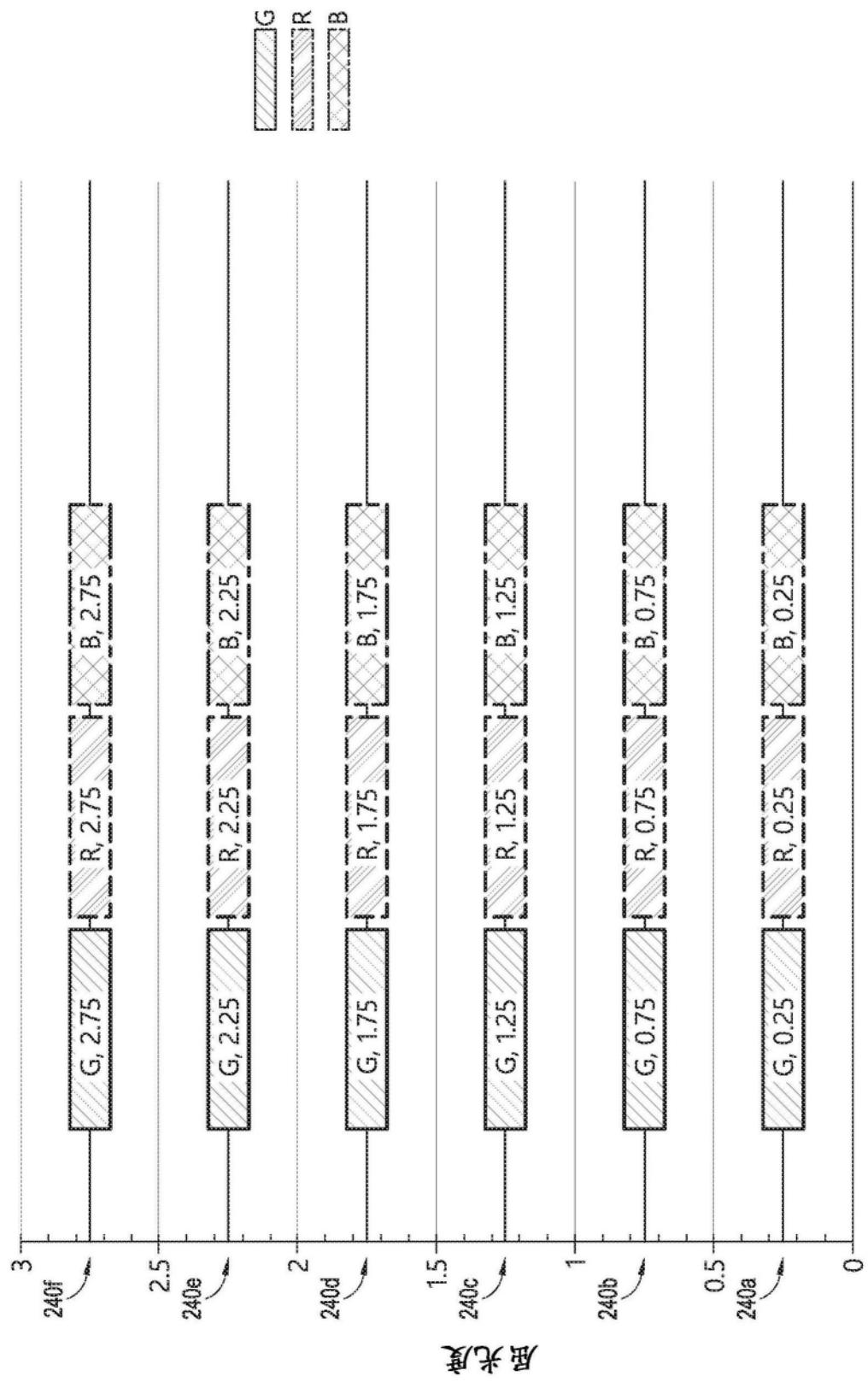


图8

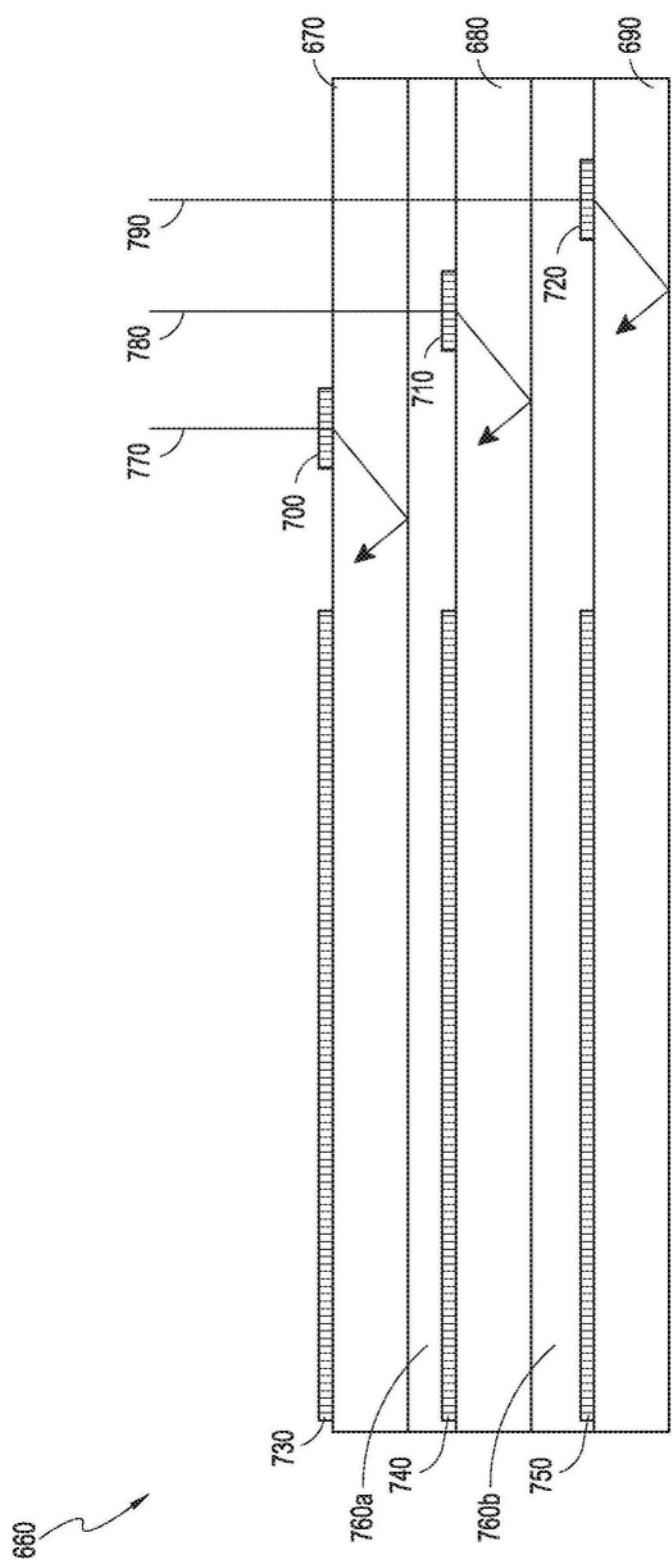


图9A

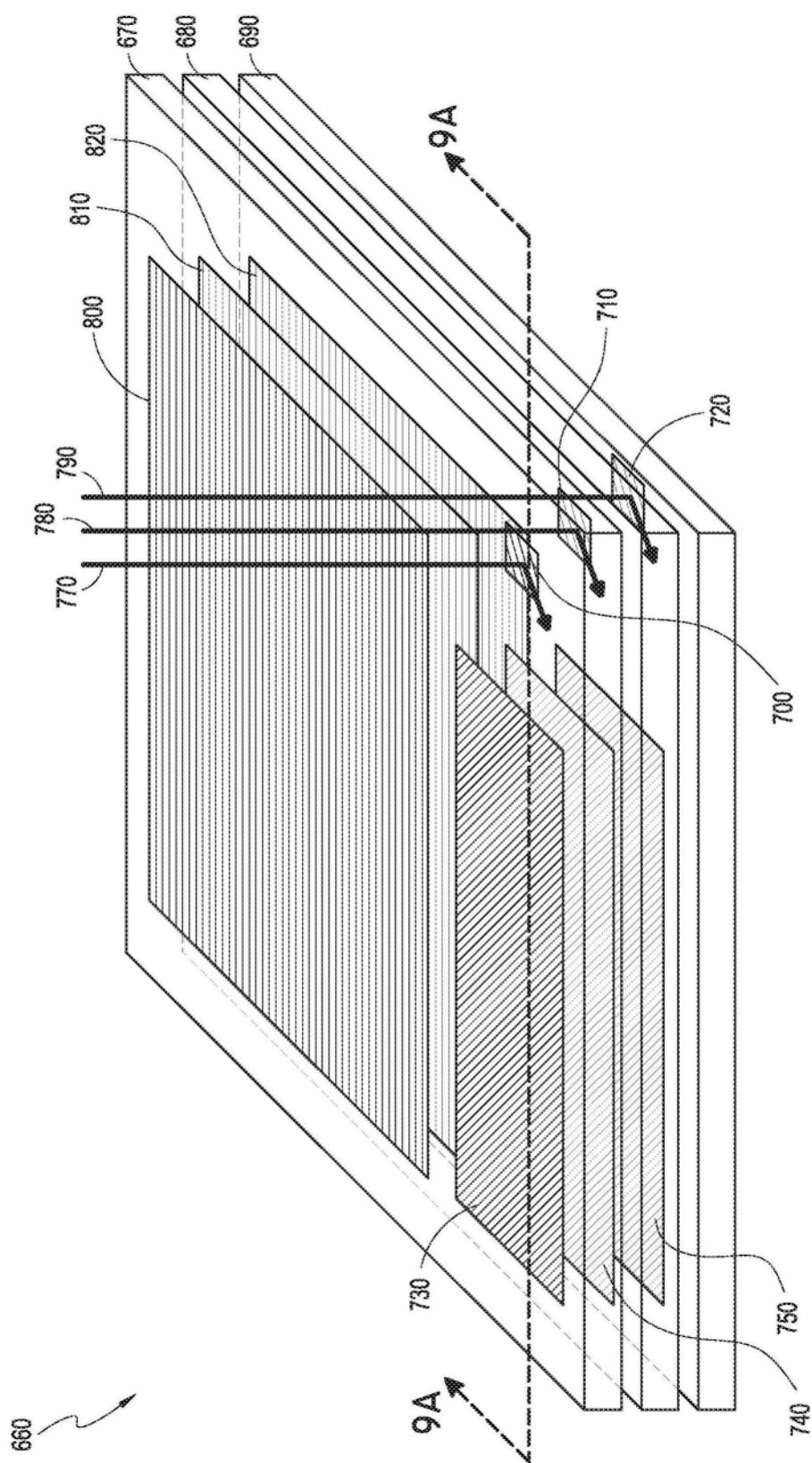


图9B

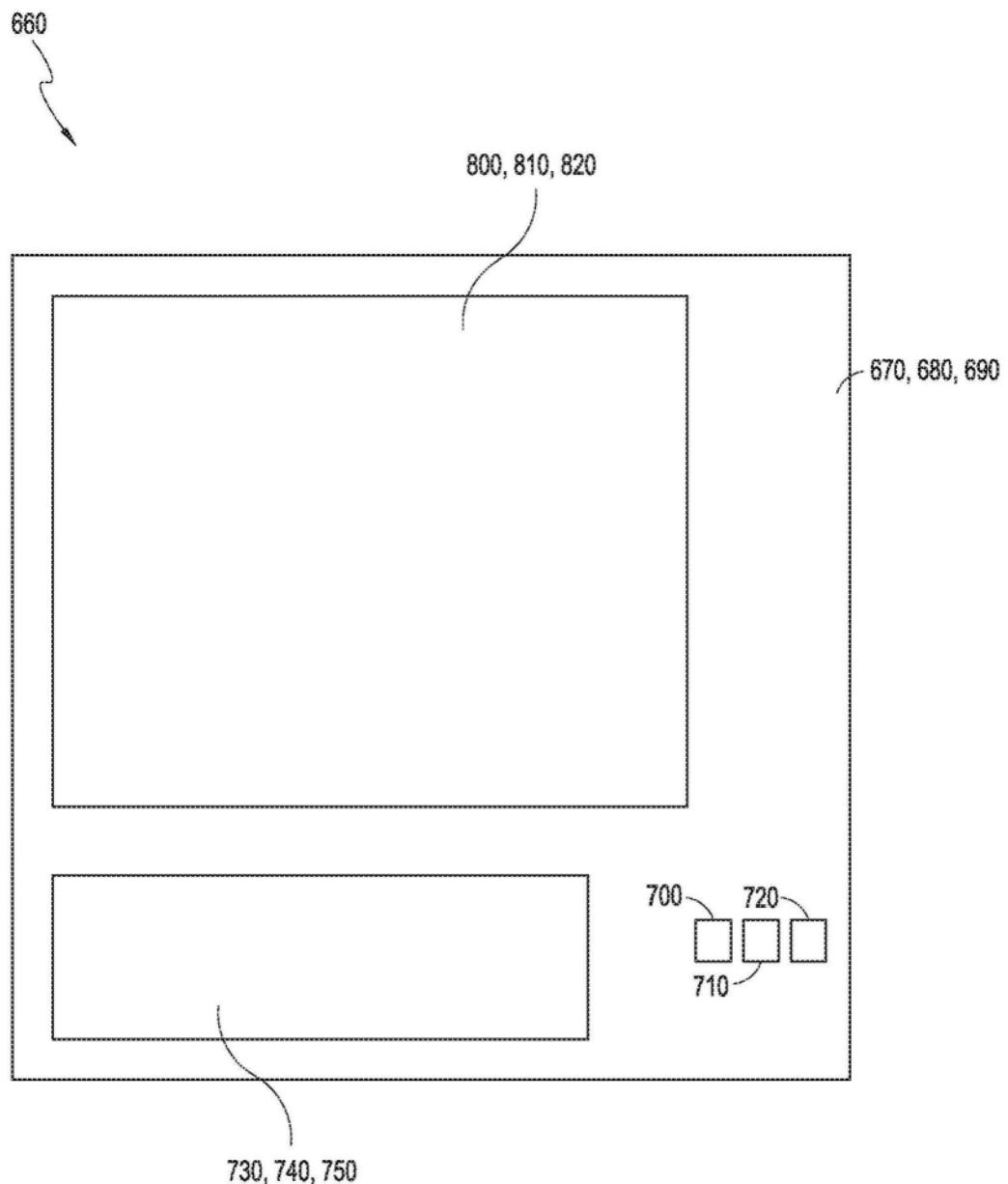


图9C

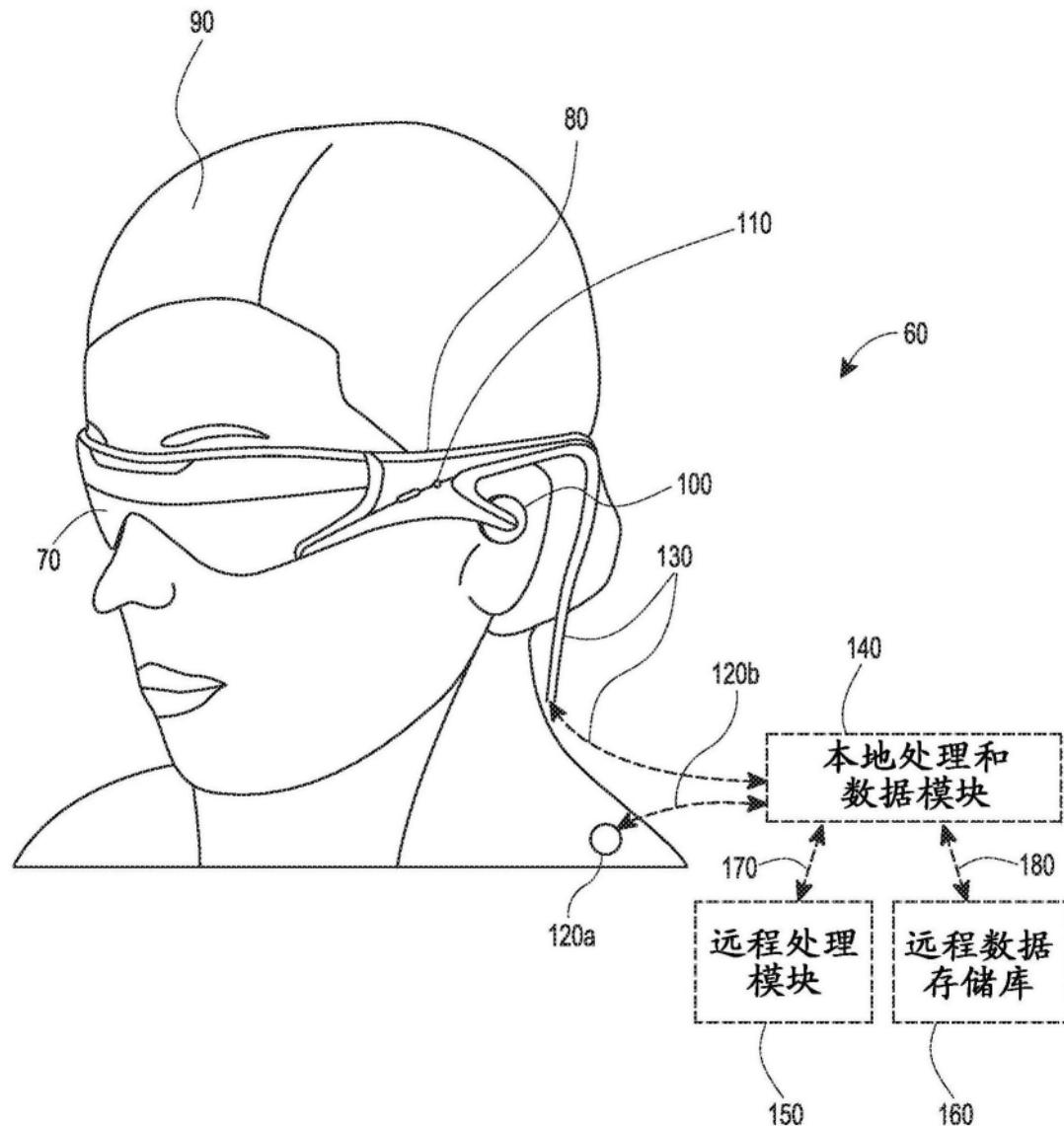


图9D

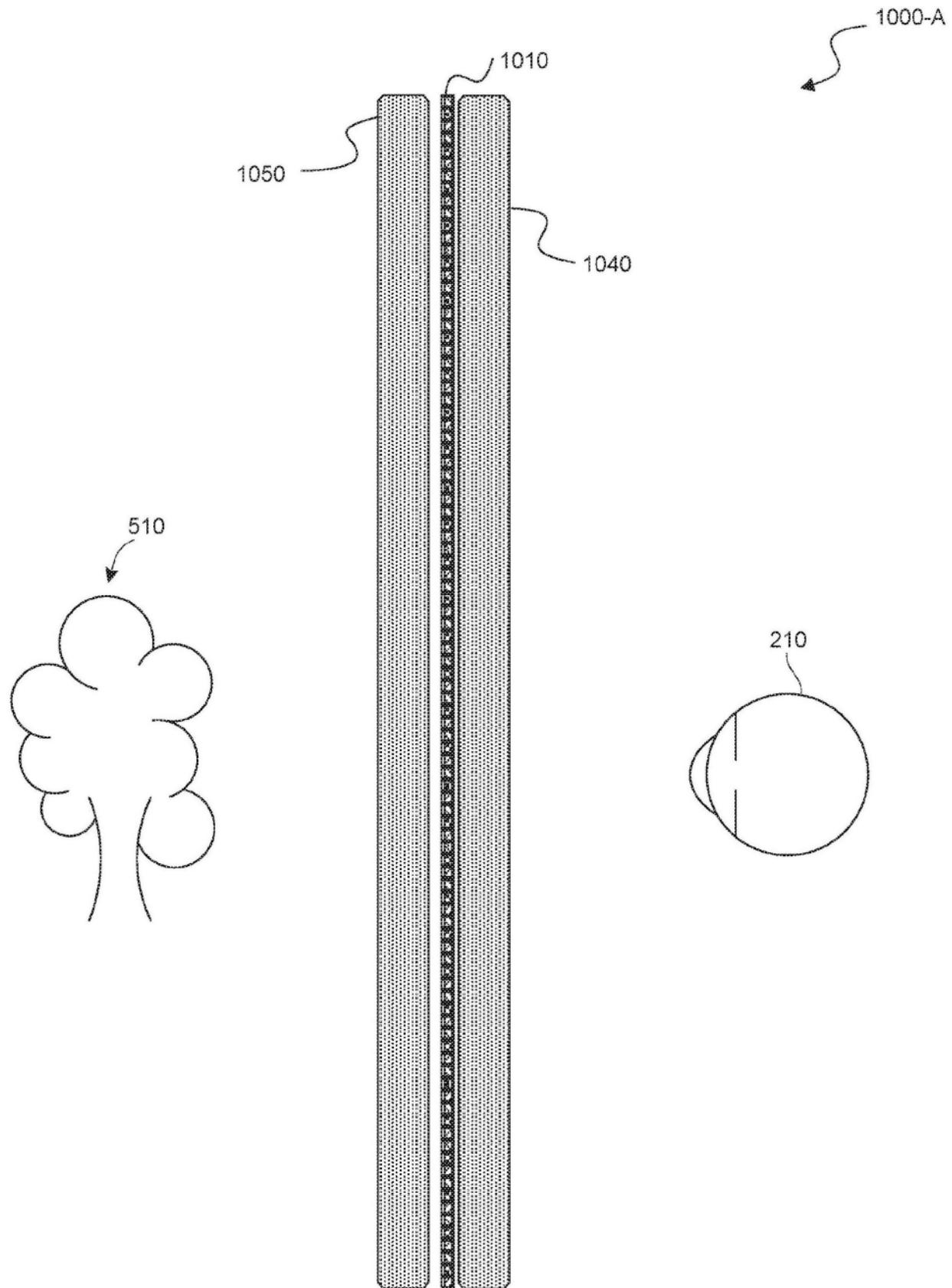


图10A

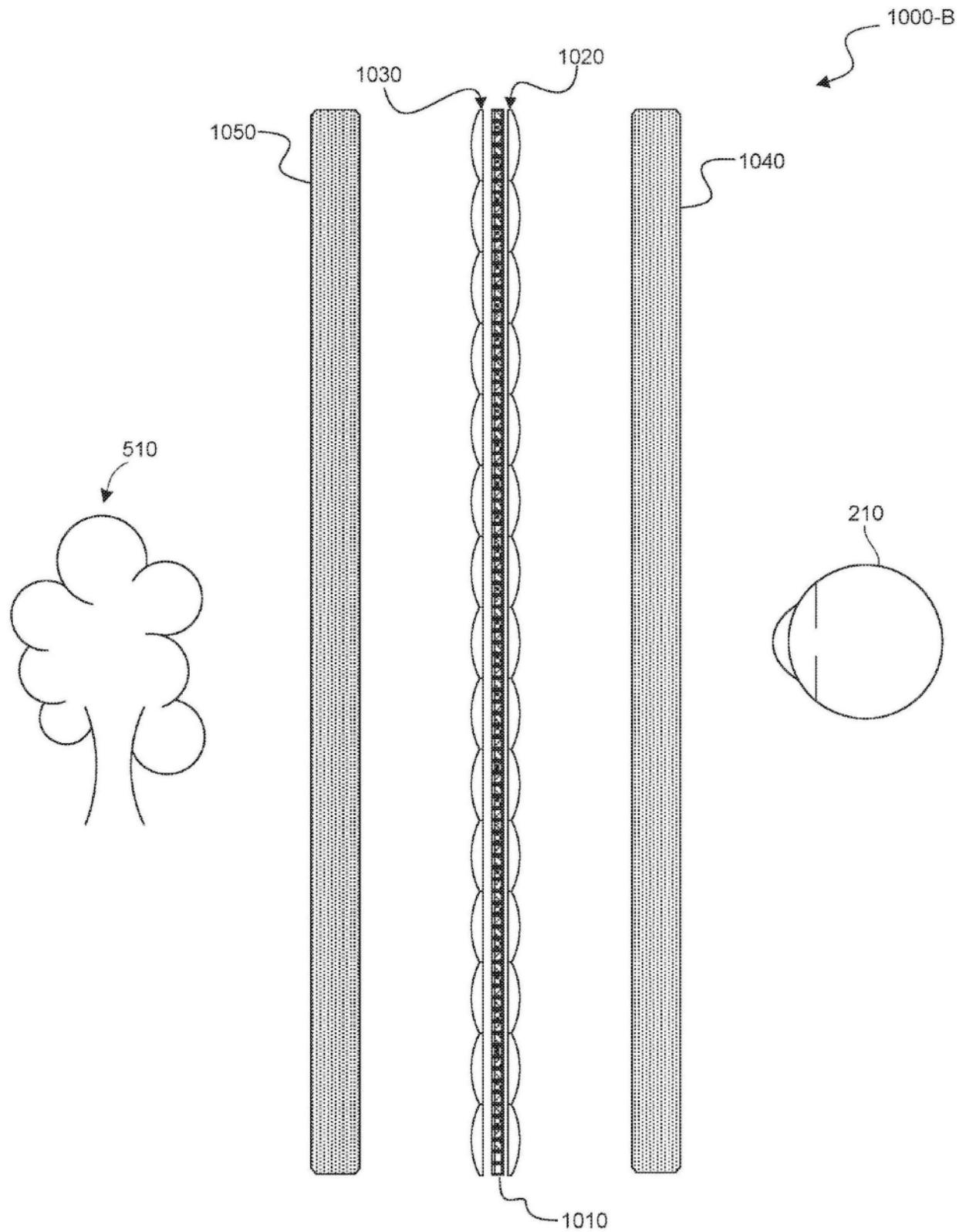


图10B

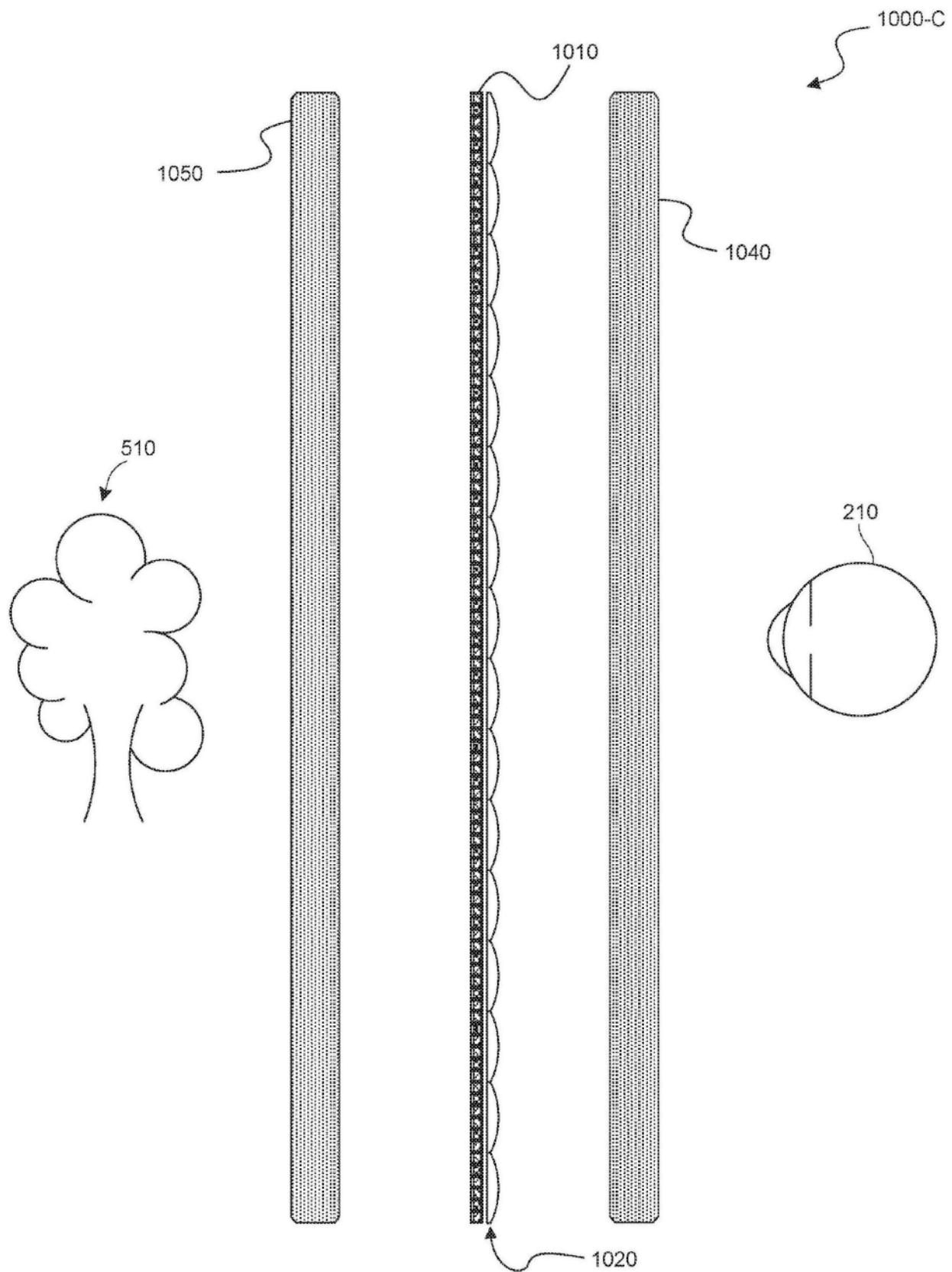


图10C

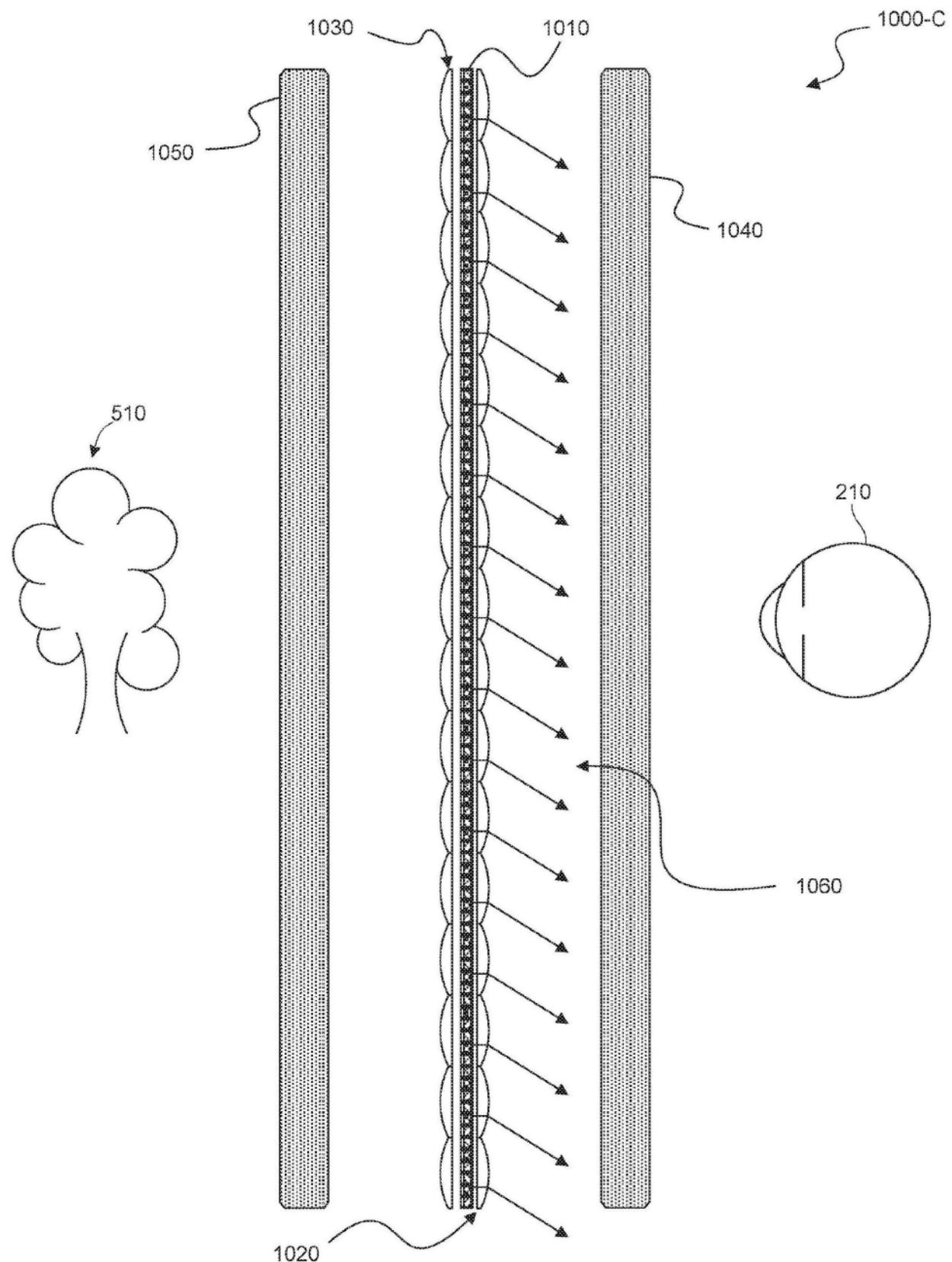


图10D

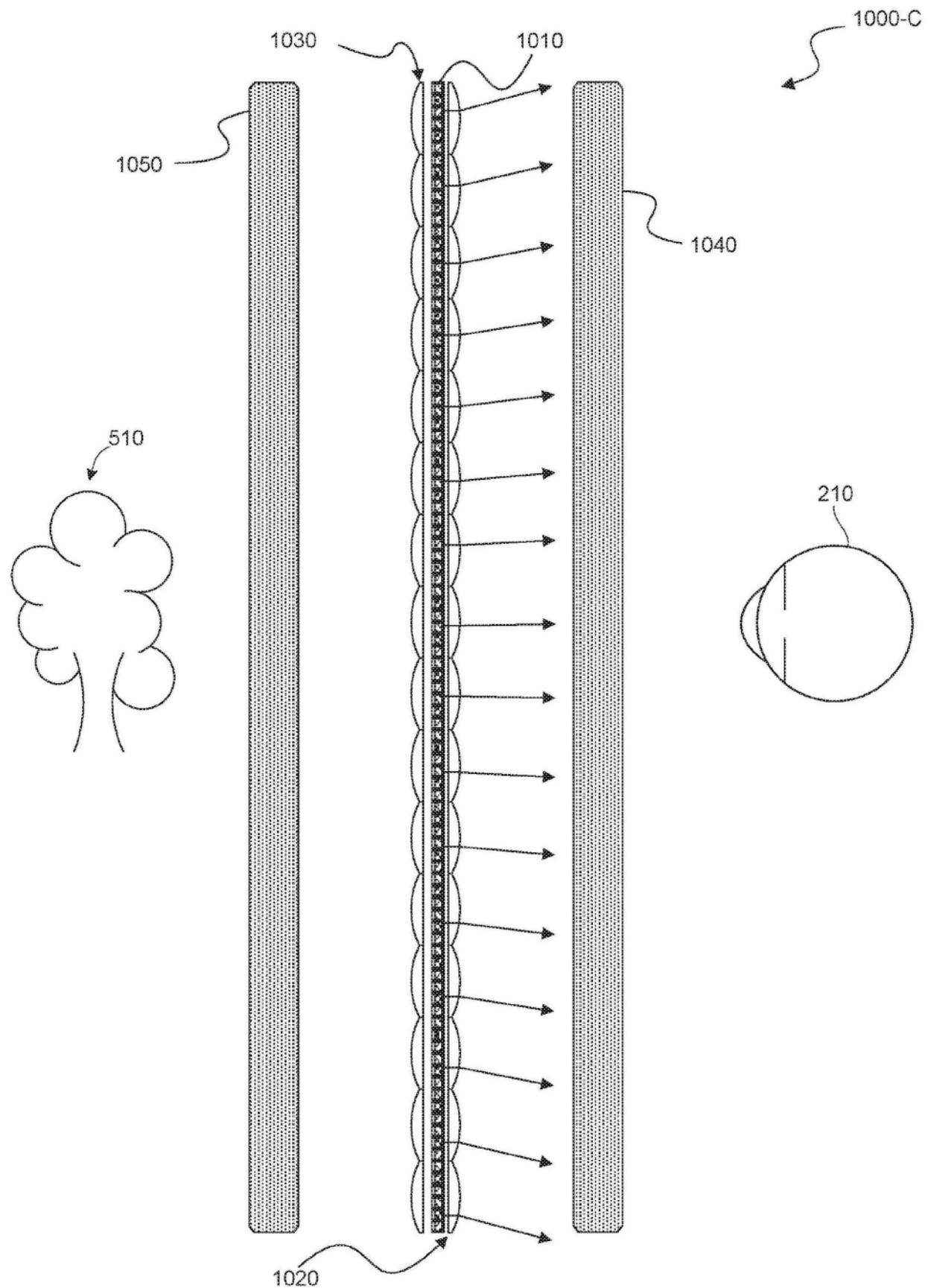


图10E

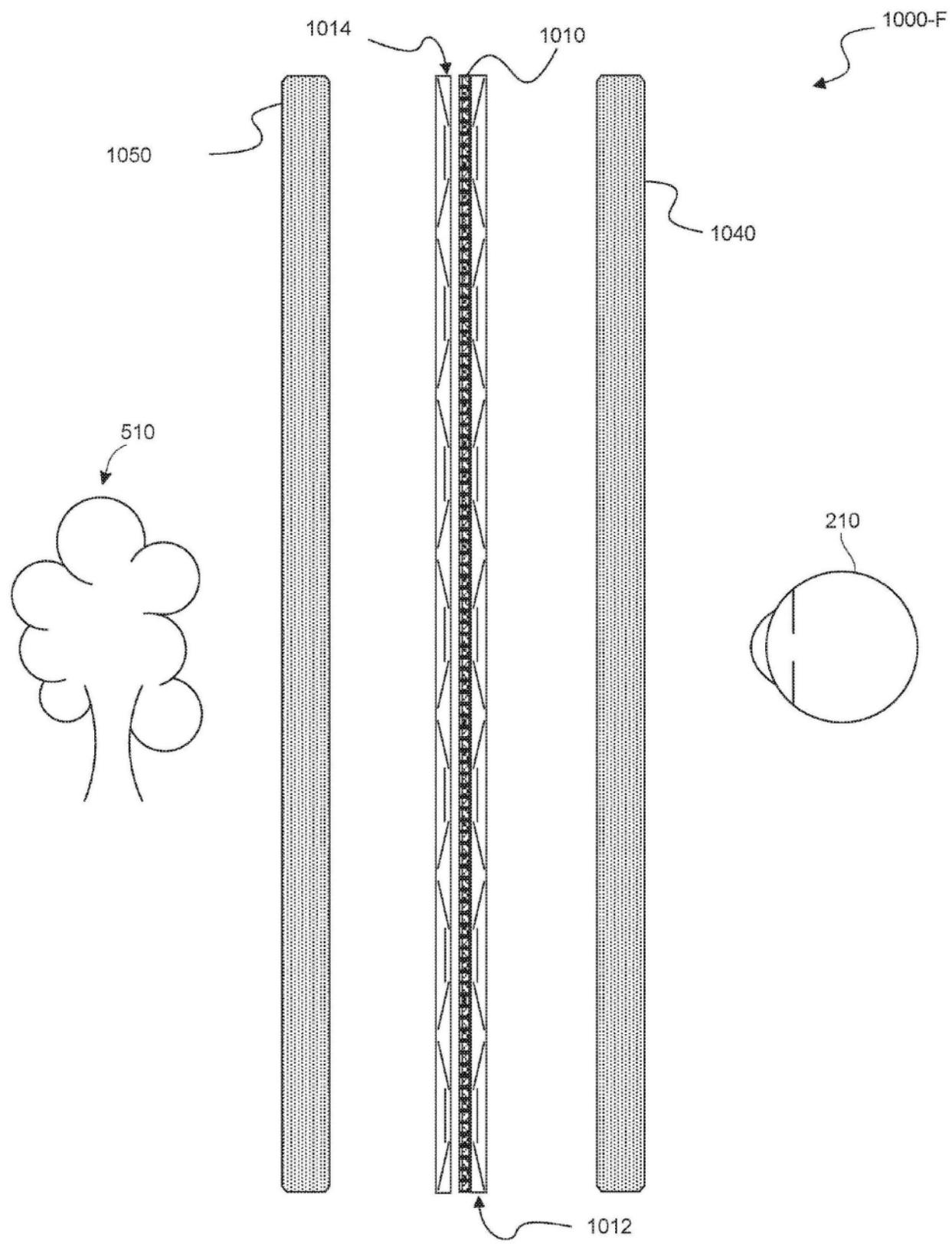


图10F

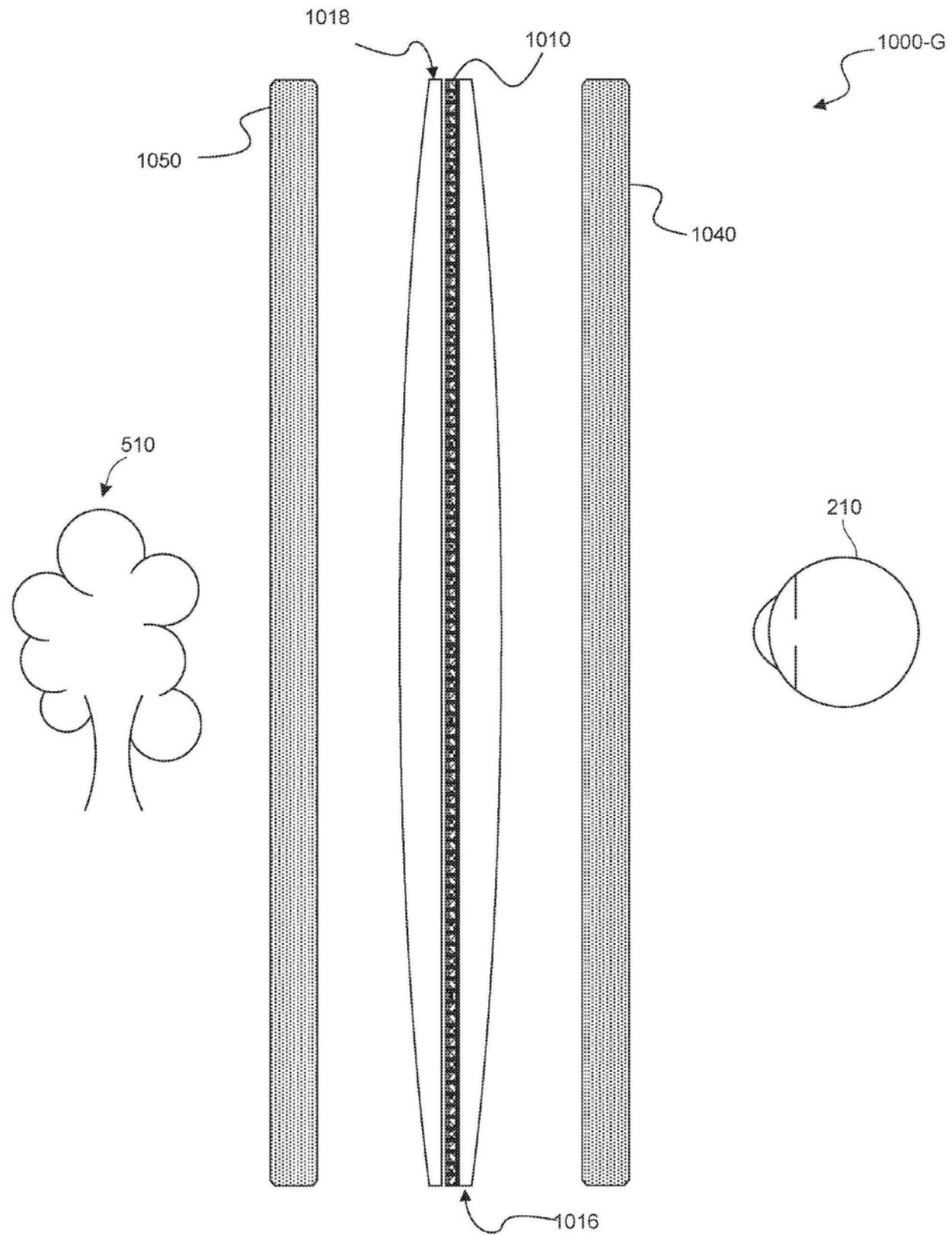


图10G

1010

玻璃基板可以用透镜或小透镜阵列、  
(例如, 物理微透镜、衍射波片小透镜阵列、  
胆甾型液晶反射波片透镜阵列等) 替代。

玻璃基板
阳极
空穴传输层
有机发射器
有机发射器
电子传输层
阴极

图10H

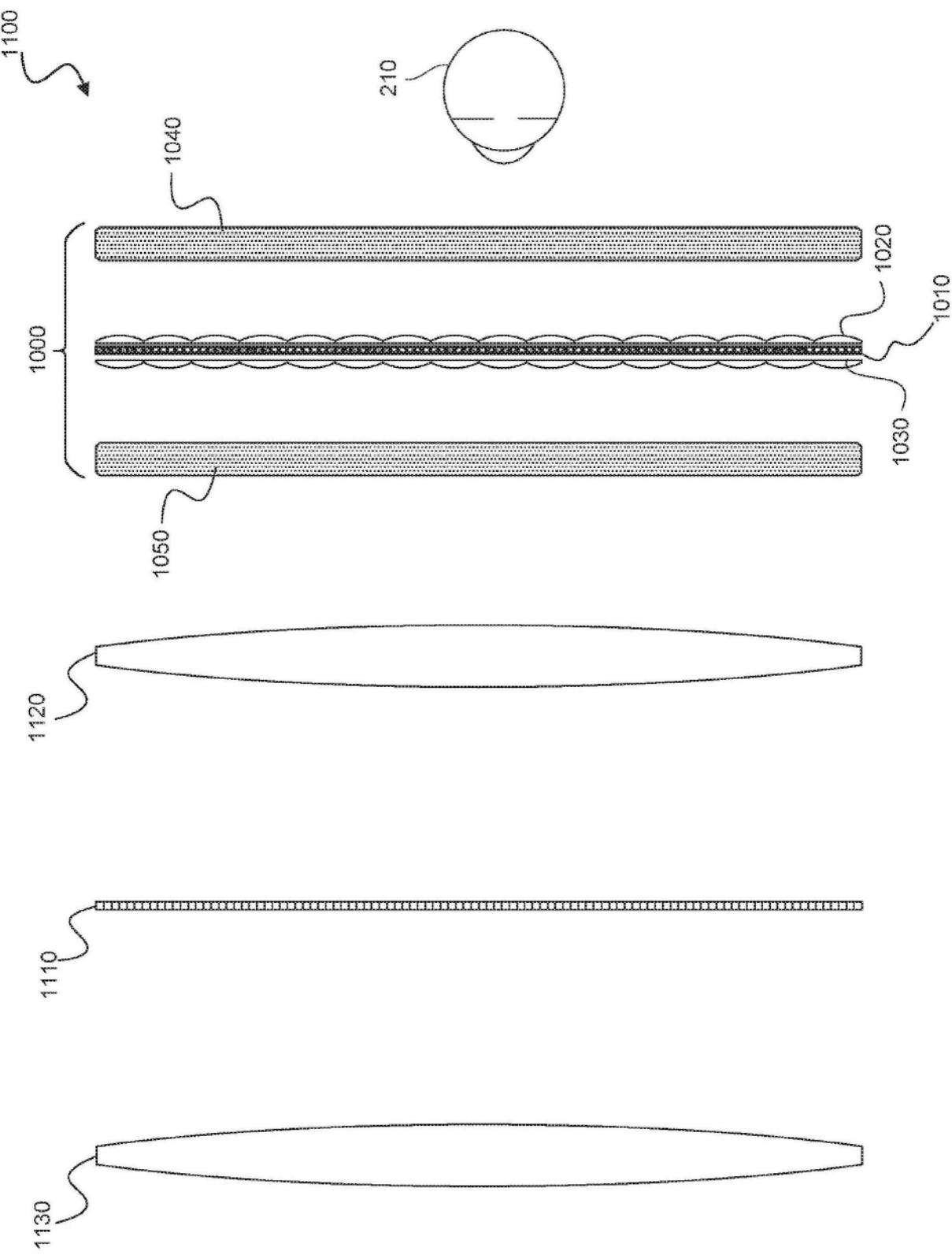


图11

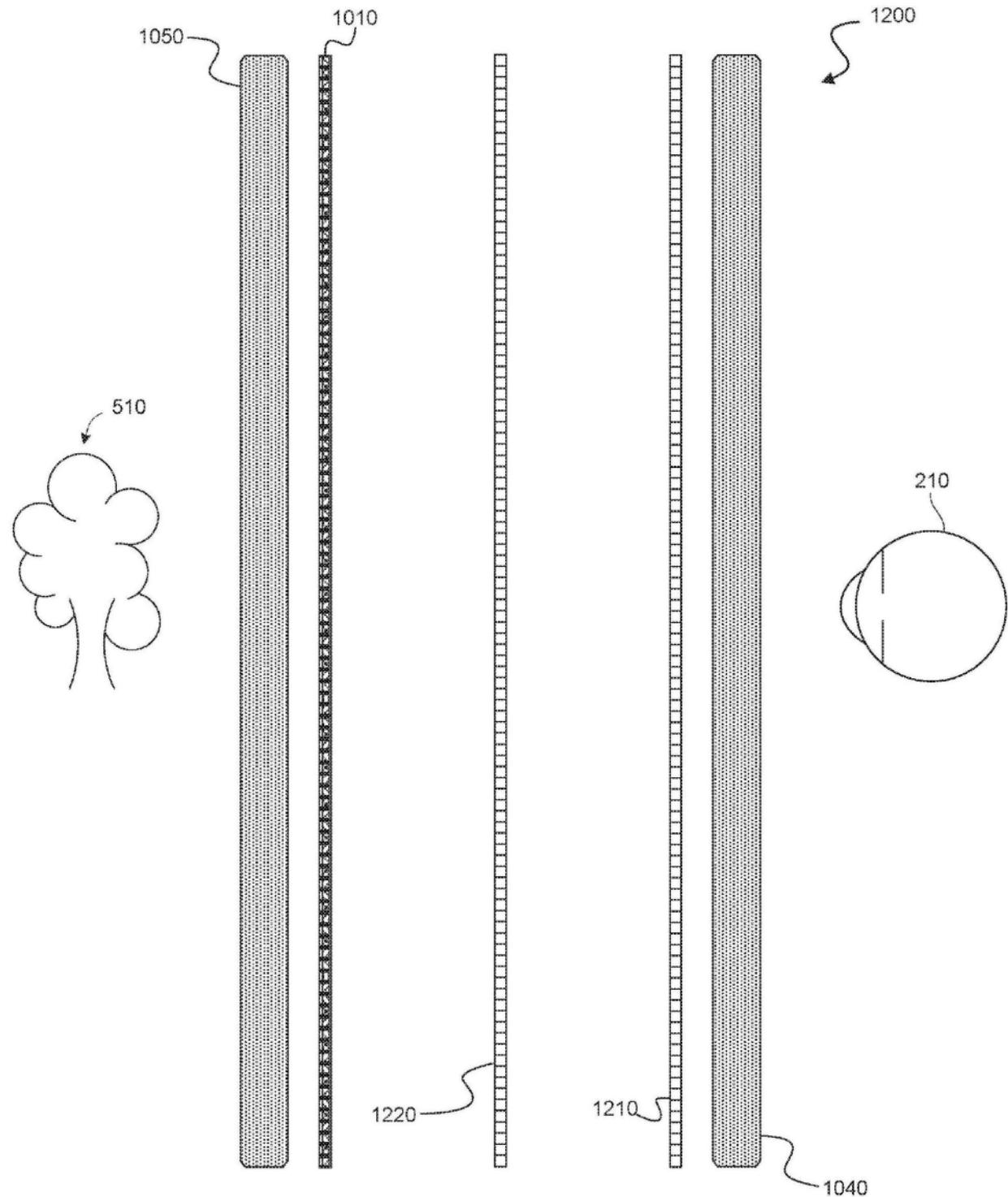


图12A

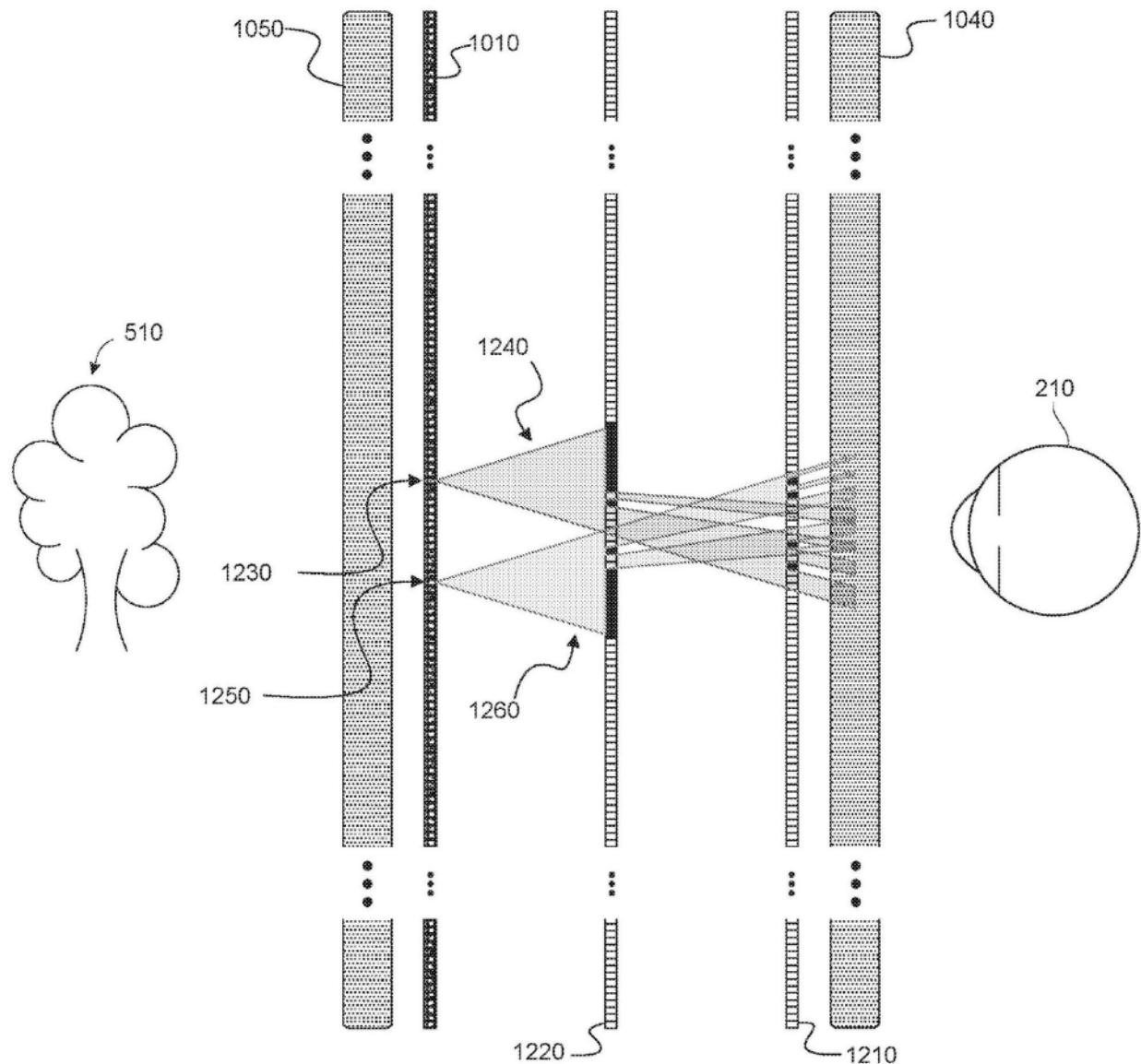


图12B

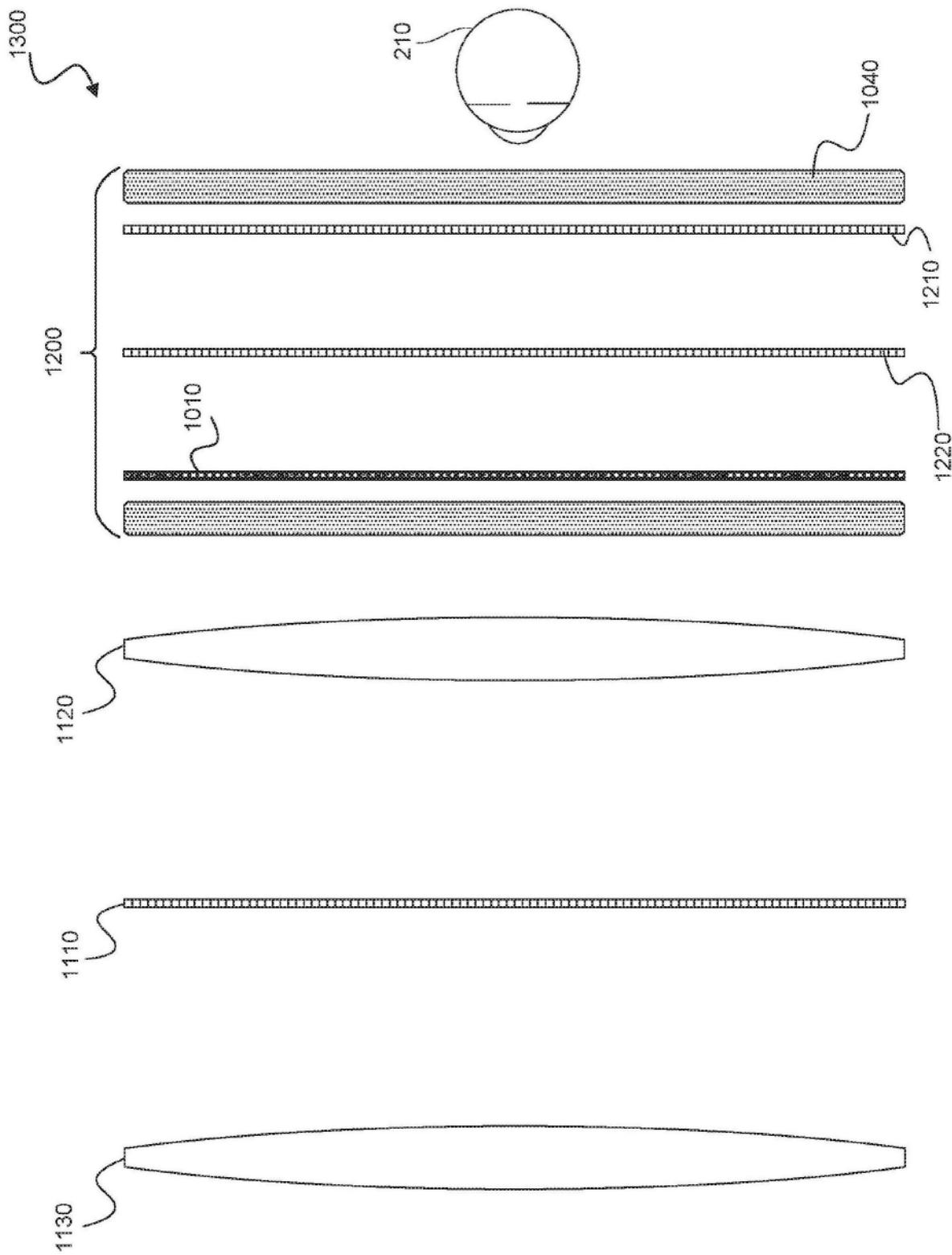


图13

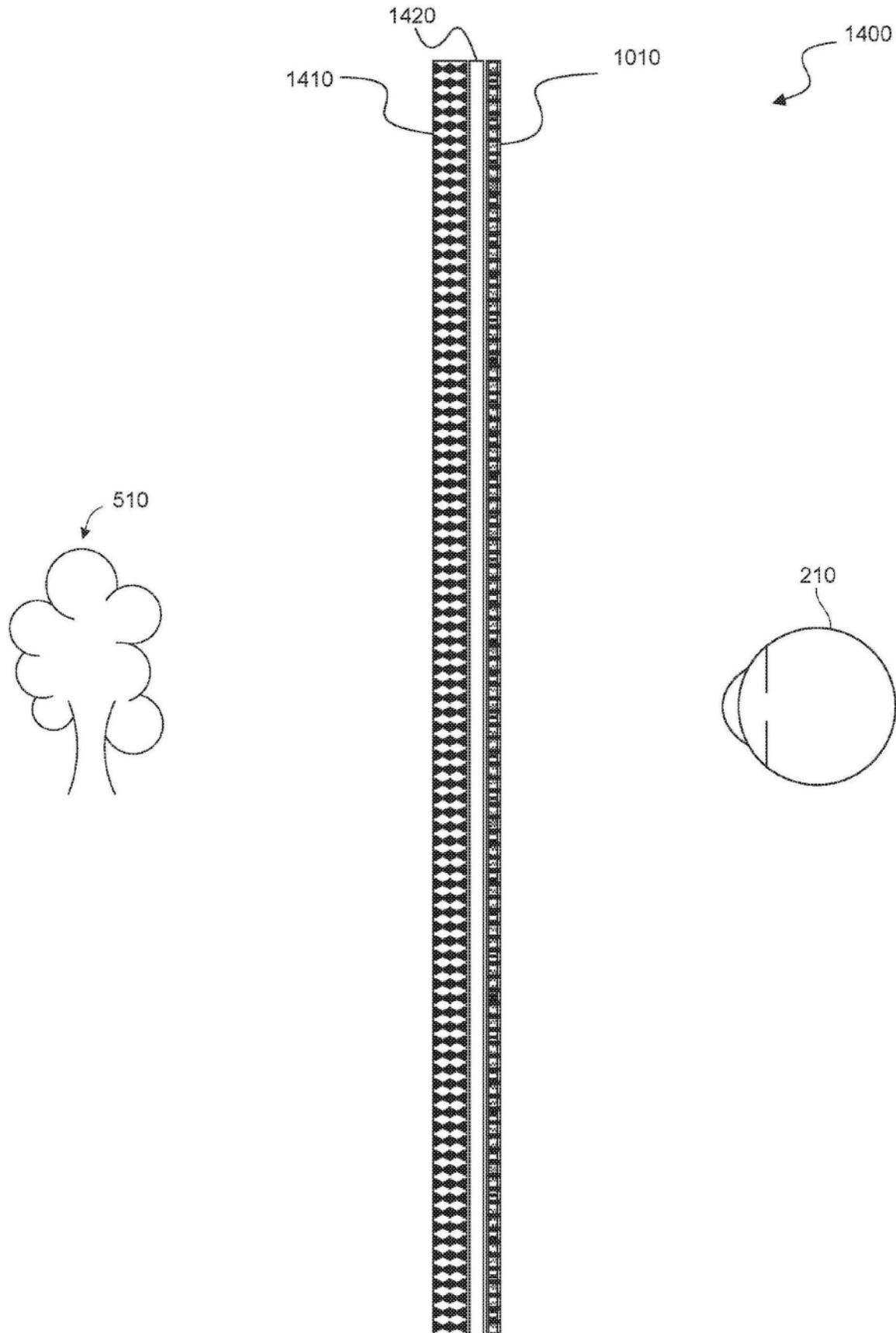


图14

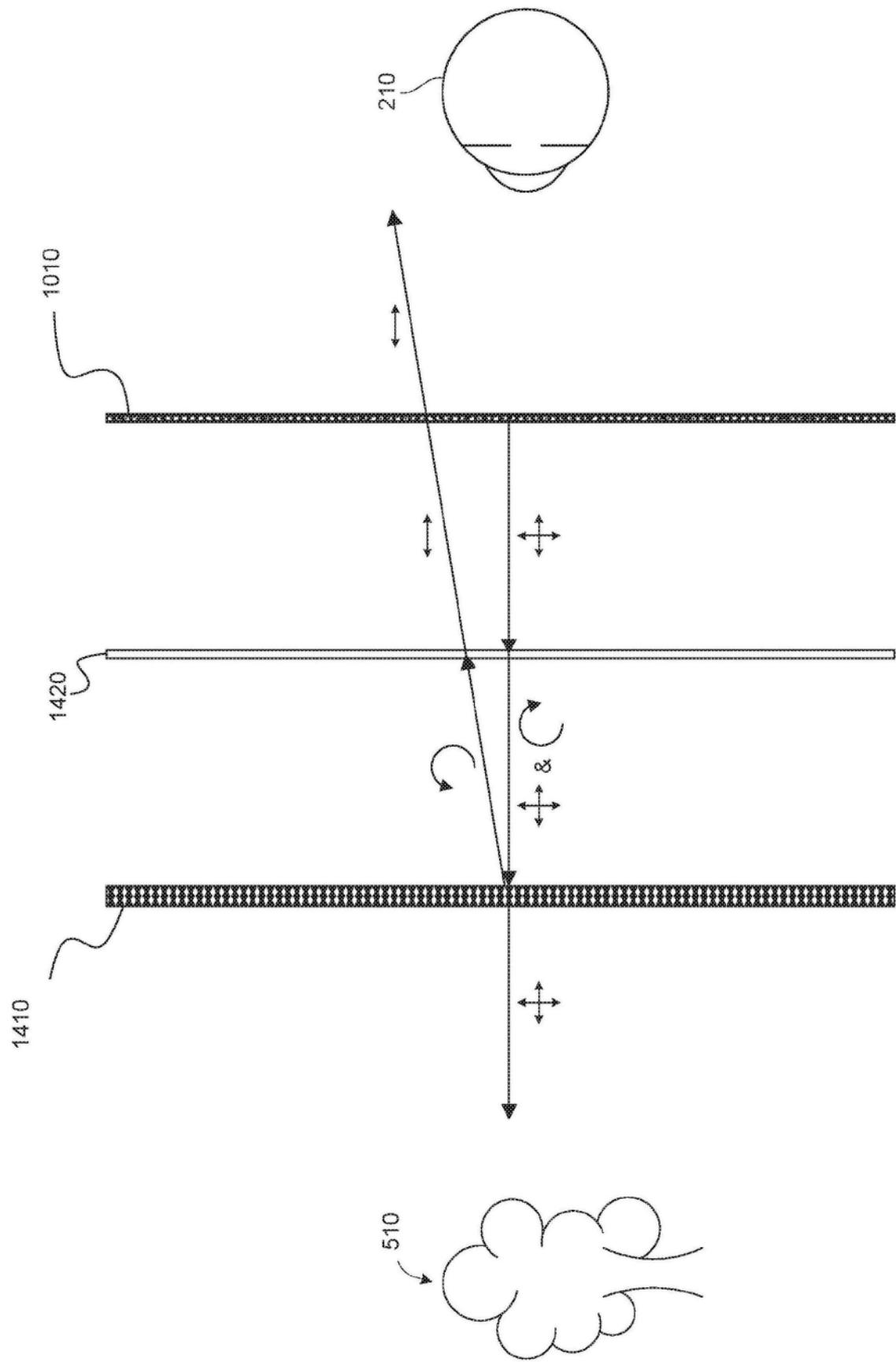


图15

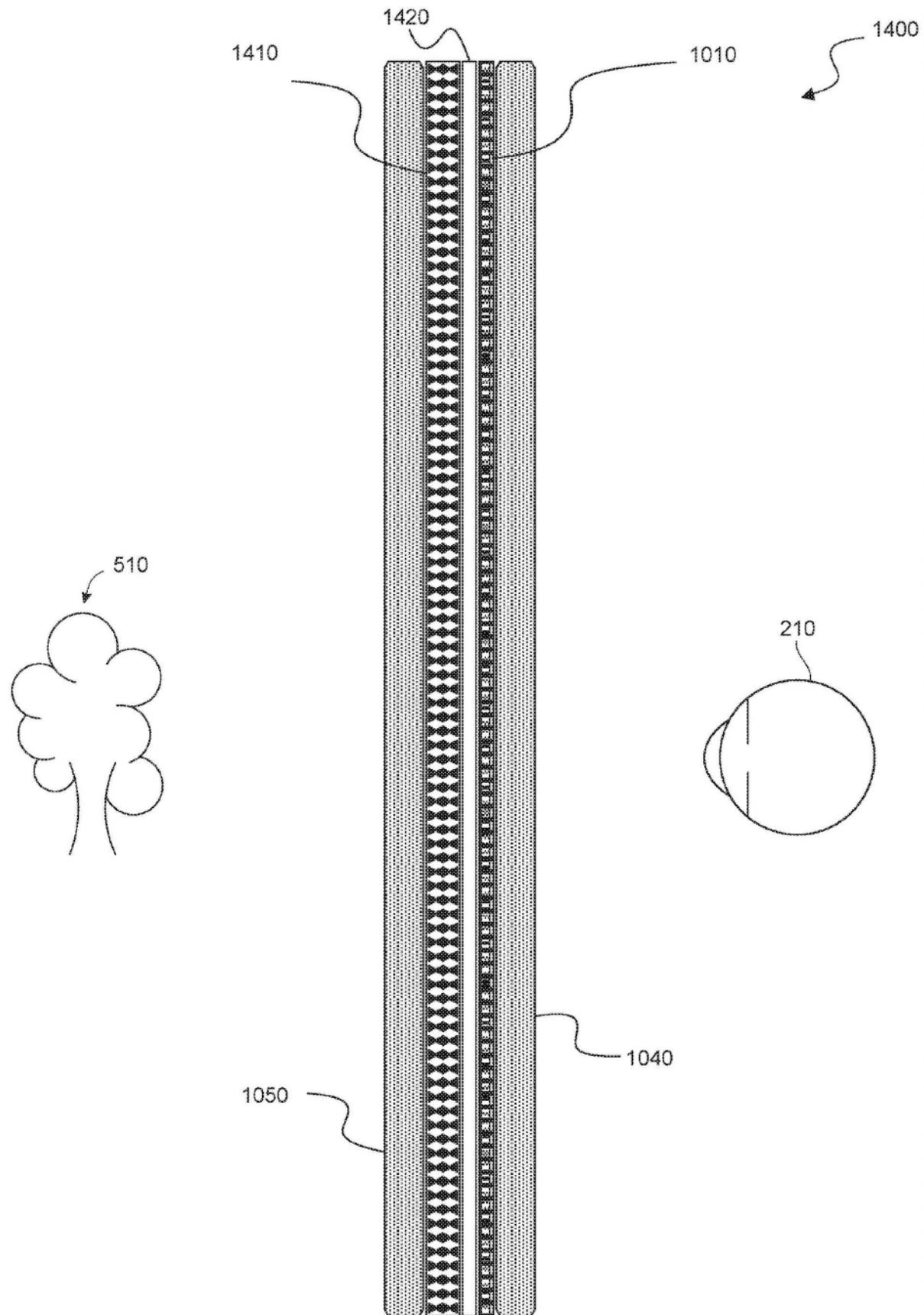


图16

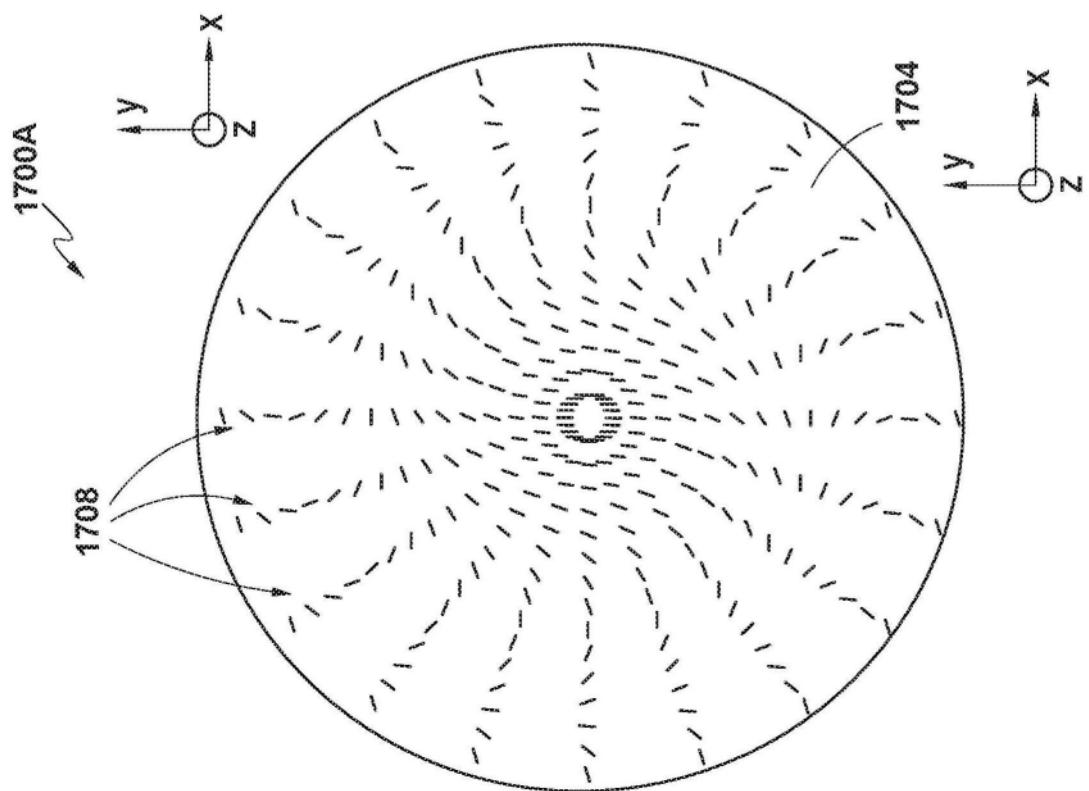


图17A

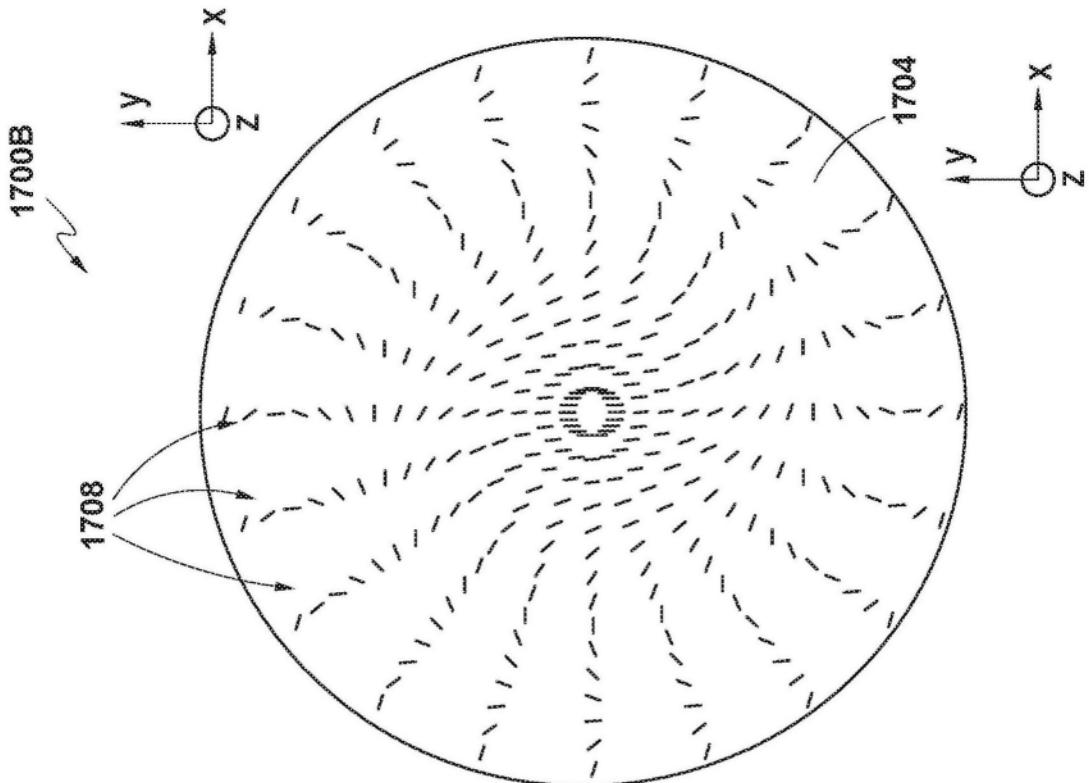


图17B

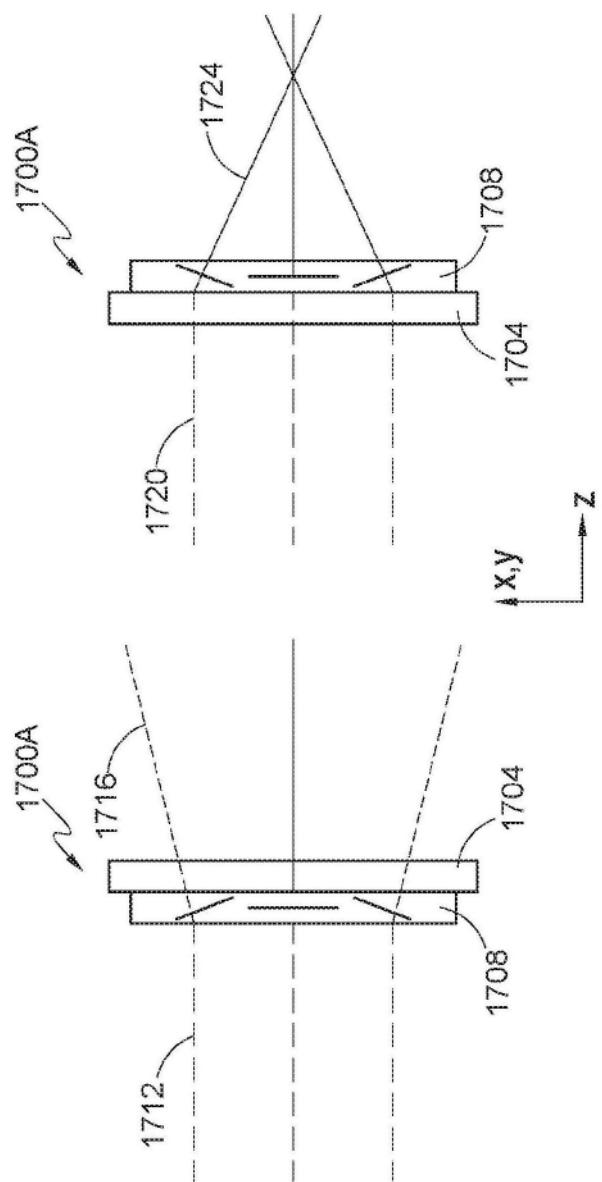


图17C

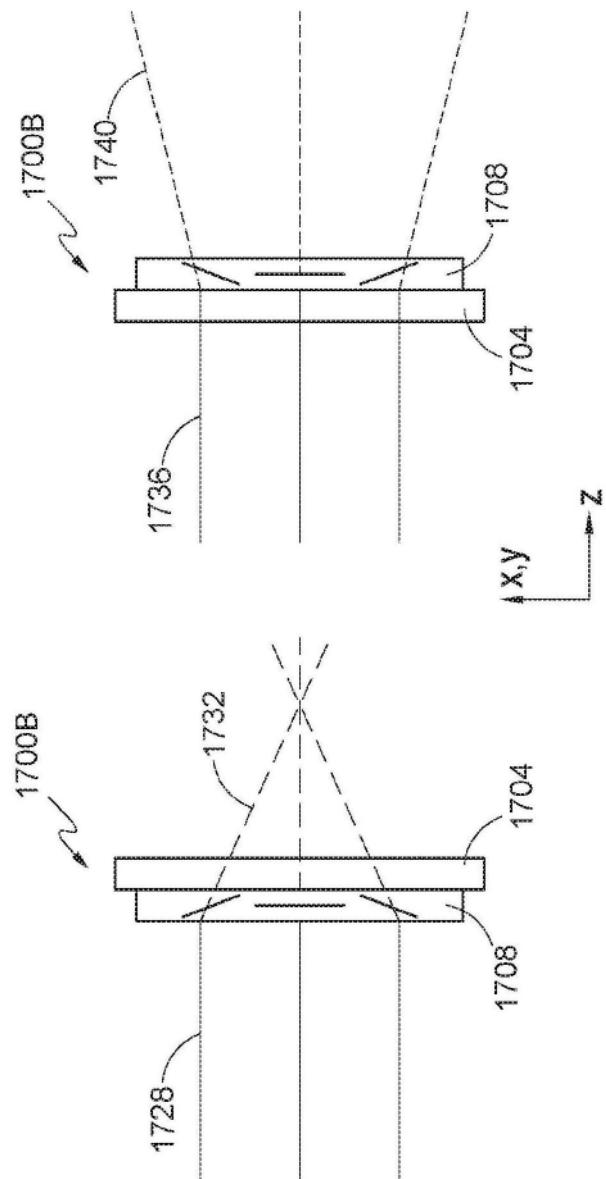


图17D

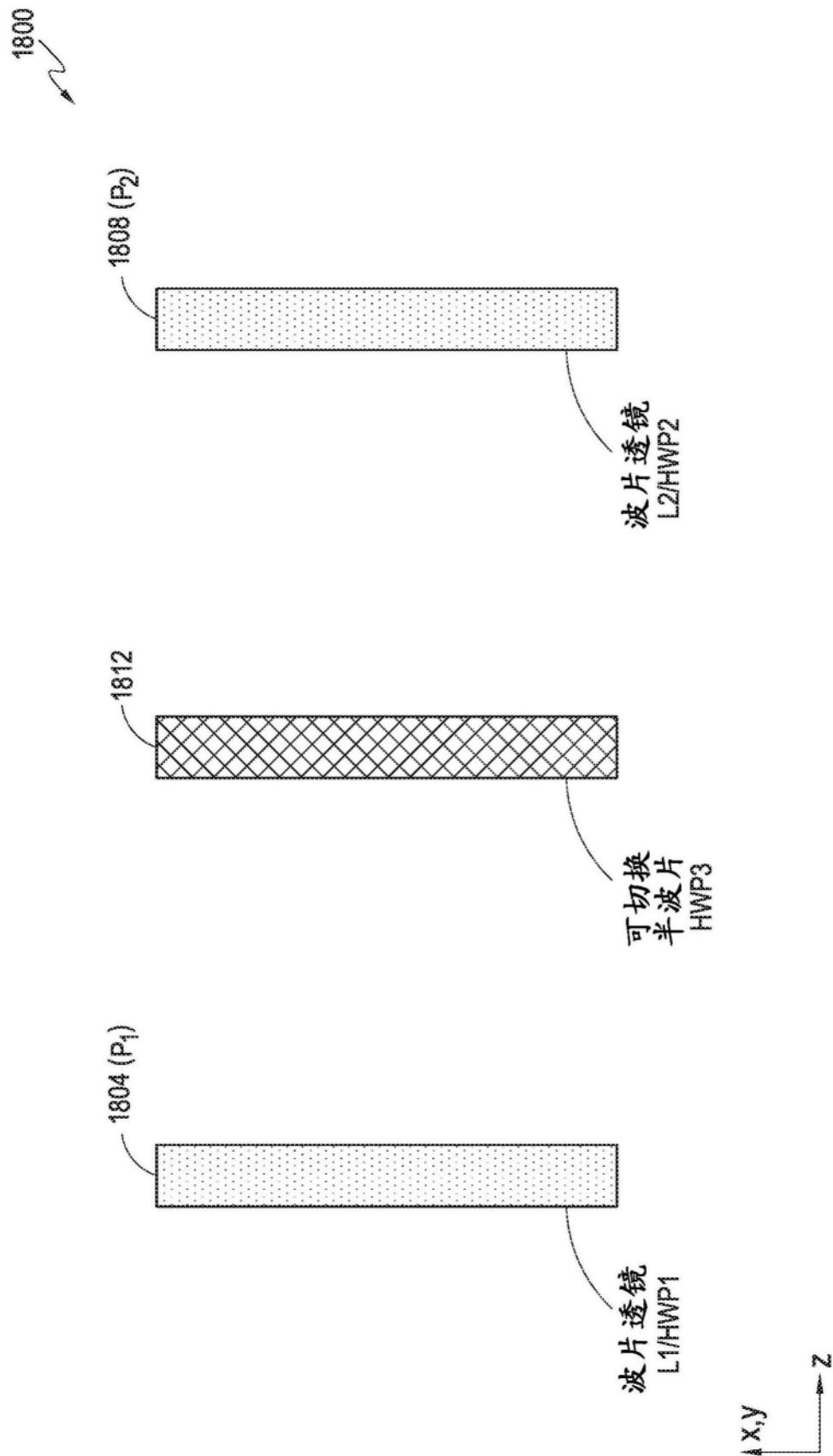


图18A

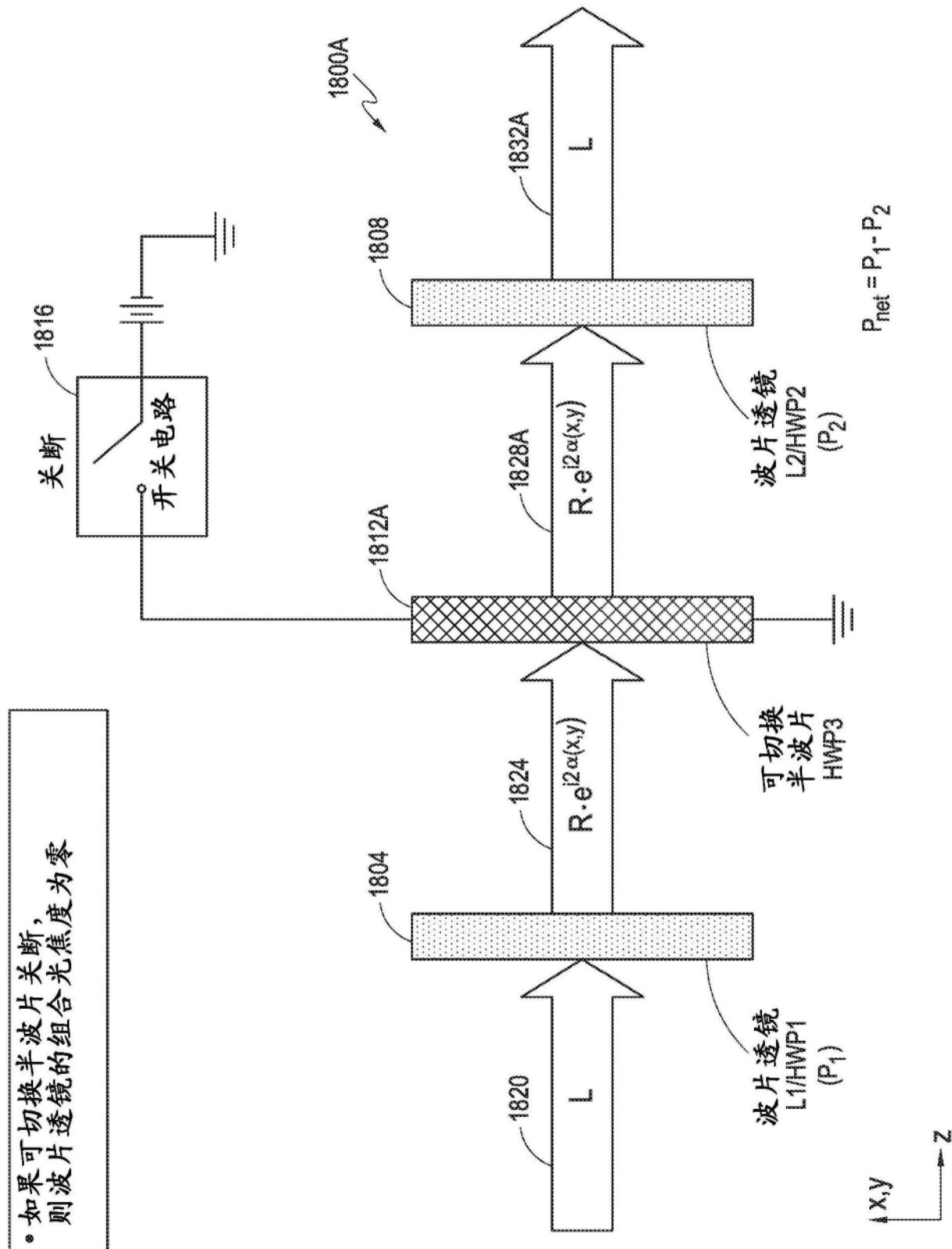


图18B

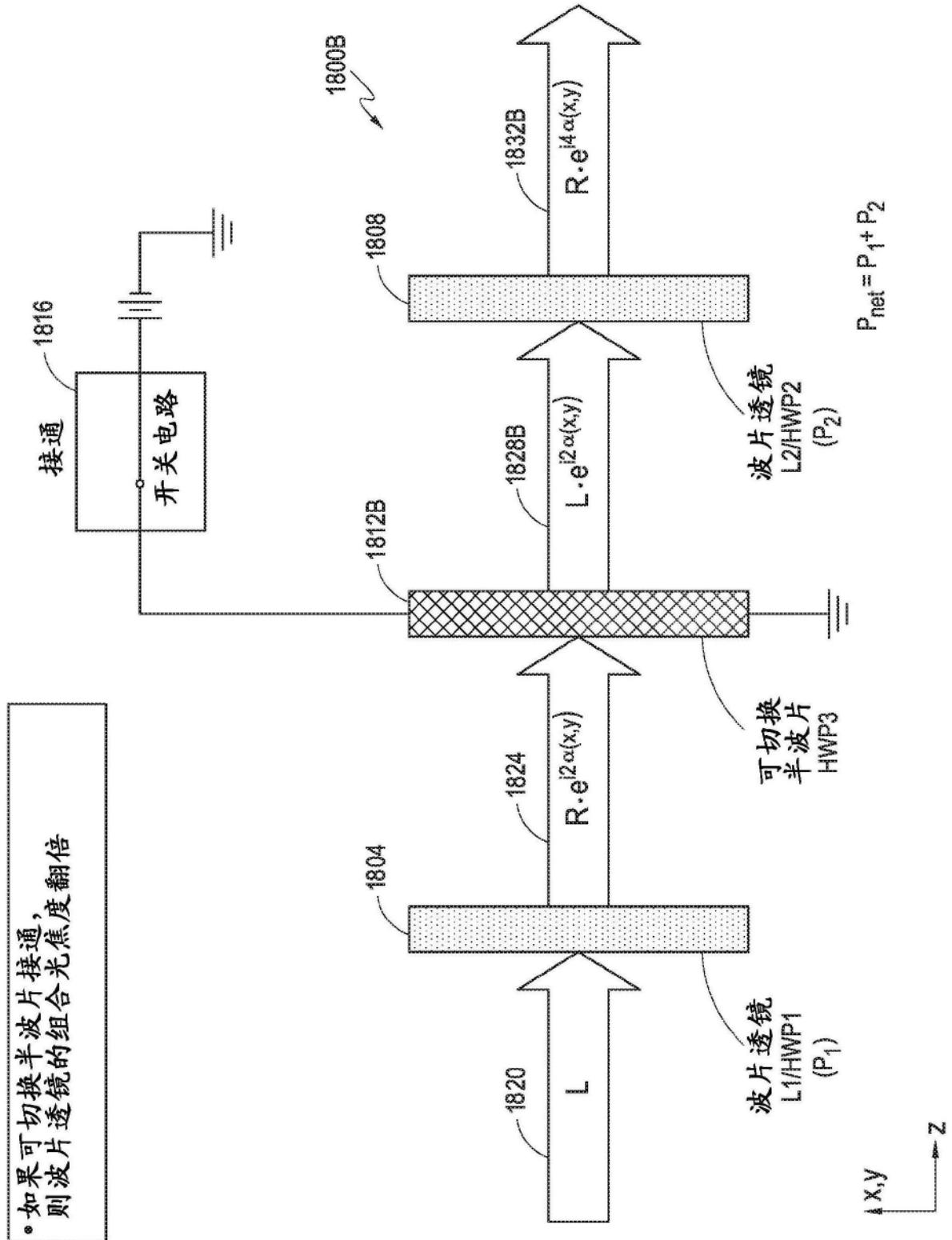


图18C

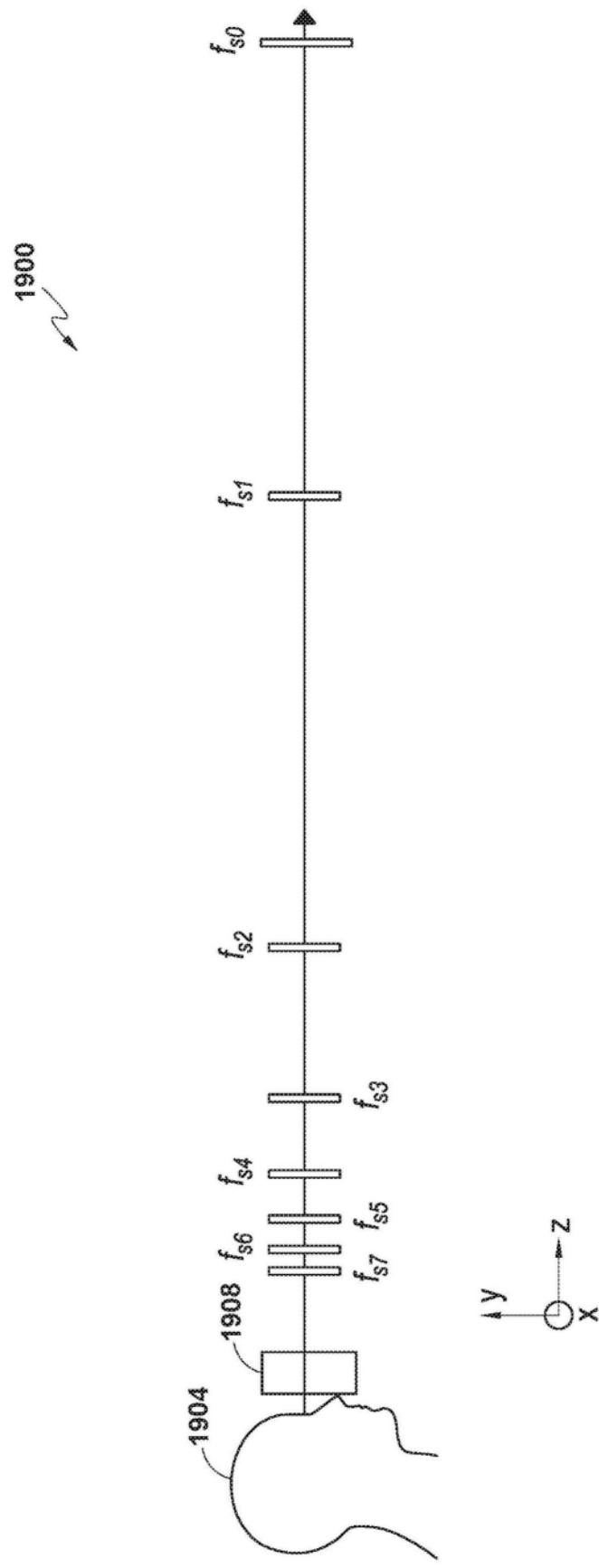


图19

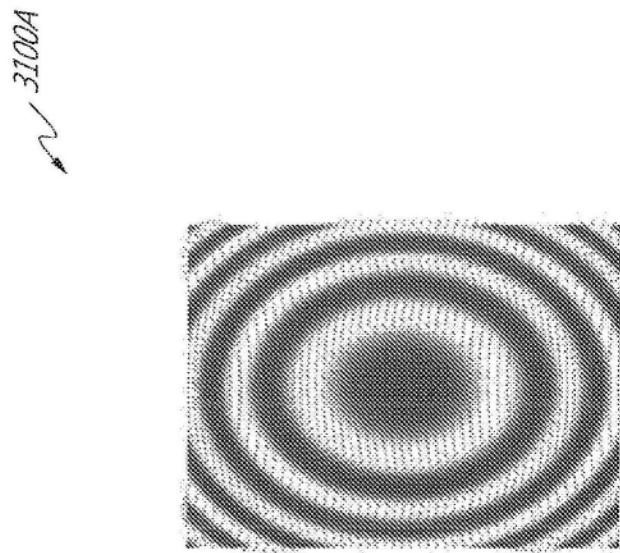


图20A

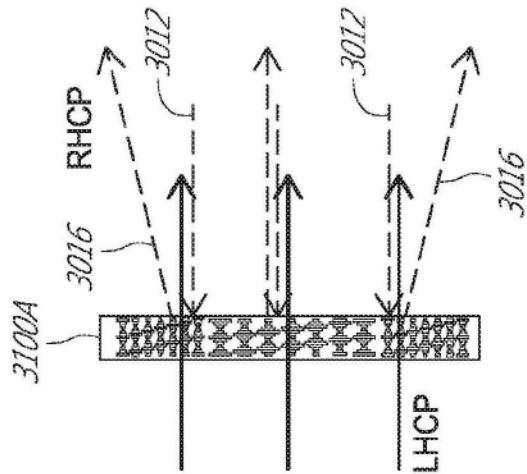


图20B

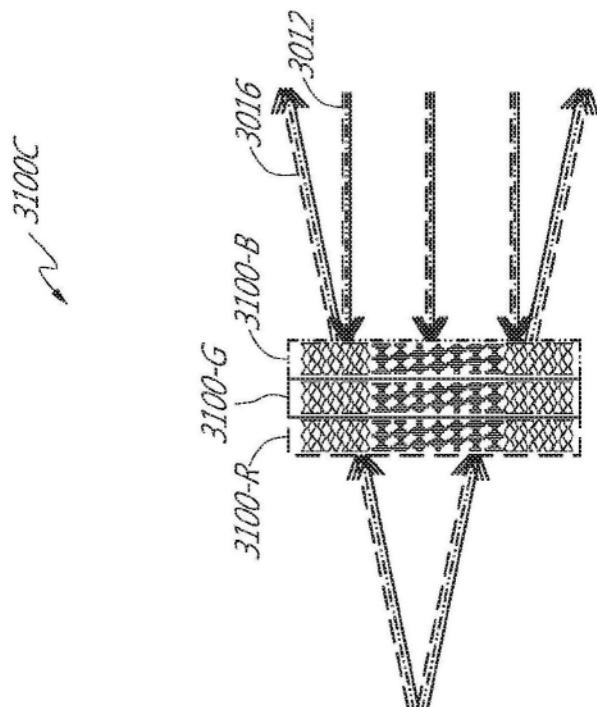


图20C

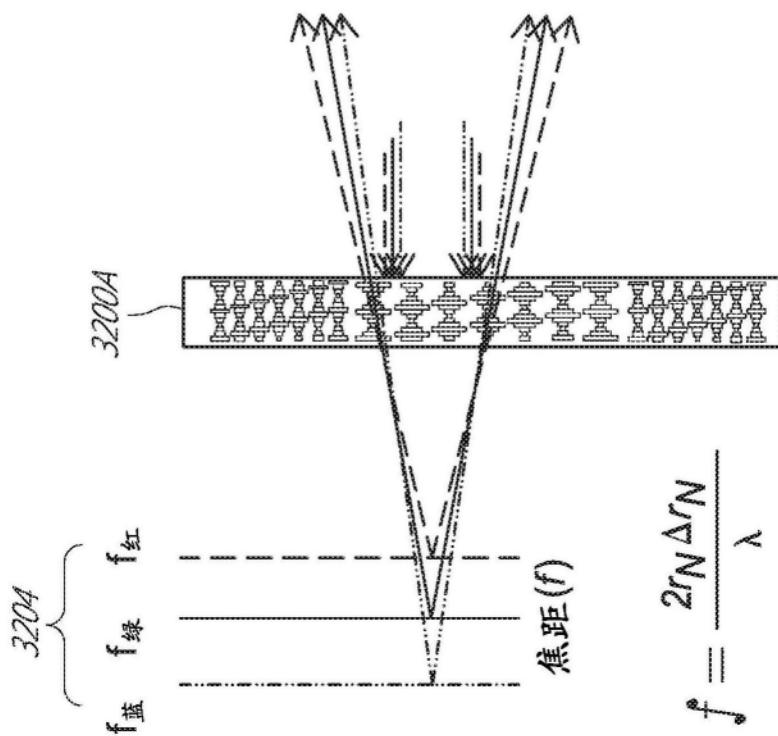


图21A

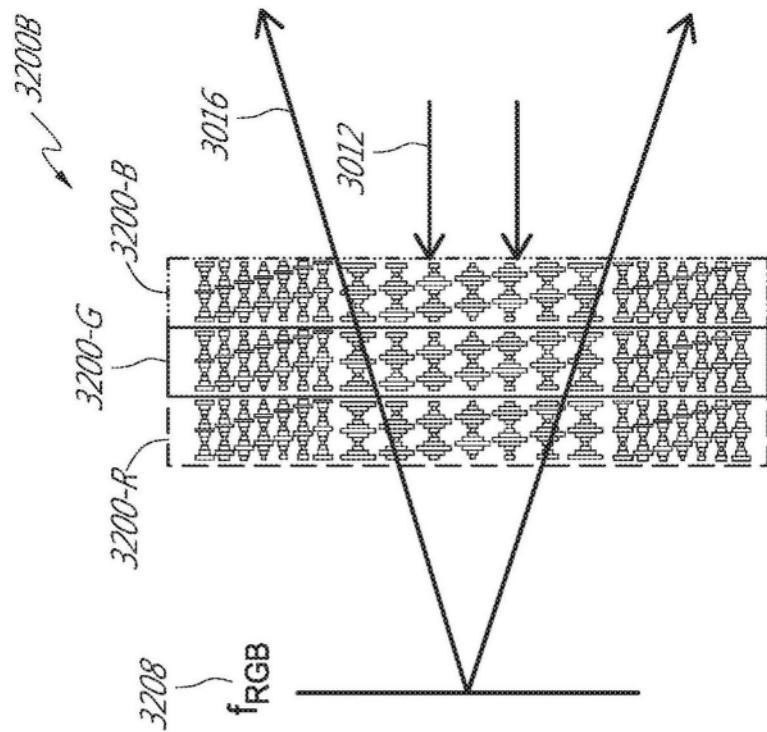


图21B