



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113490873 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 08

(21) 申请号 201980093079.8

C · 卡尔里斯勒 H · 钟

(22) 申请日 2019.12.20

T · M · 达尔林普尔

(30) 优先权数据

62/786,199 2018.12.28 US

62/800,363 2019.02.01 US

62/911,018 2019.10.04 US

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

代理人 王英杰 于静

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.08.26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/067816 2019.12.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/139752 EN 2020.07.02

(51) Int.Cl.

G02B 6/32 (2006.01)

G02B 27/62 (2006.01)

G02B 6/293 (2006.01)

G02B 6/26 (2006.01)

G02B 27/18 (2006.01)

G02B 27/40 (2006.01)

G02B 6/34 (2006.01)

(71) 申请人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 J · I · 特里斯纳迪

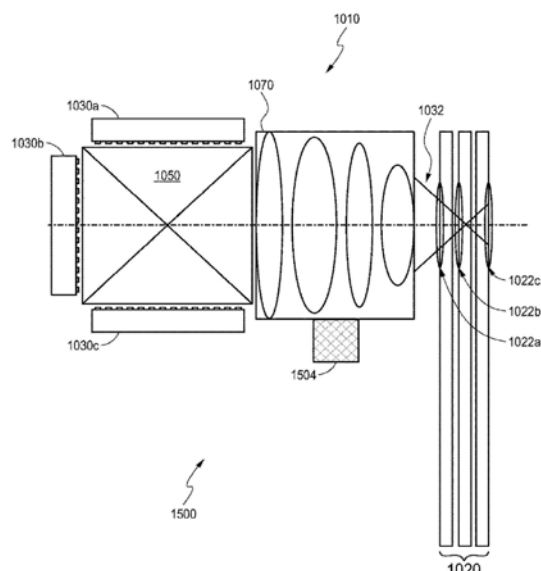
权利要求书3页 说明书59页 附图59页

(54) 发明名称

带有机械致动图像投影仪的可变像素密度
显示系统

(57) 摘要

头戴式虚拟和增强现实显示系统包括光投影仪,该光投影仪包括具有第一分辨率和像素间距的发光微显示器。投影仪输出形成虚拟内容的帧的光,该虚拟内容的帧的至少一部分与大于第一分辨率的第二分辨率相关联。投影仪以第一分辨率输出形成渲染帧的第一子帧的光,并且投影仪的部件经由致动器移动,使得各个像素的光输出的物理位置占据各个像素的光输出的旧位置之间的间隙。投影仪然后输出形成渲染帧的第二子帧的光。第一和第二子帧在闪烁融合阈值内输出。有利地,具有低分辨率的发光微显示器(例如微型LED显示器)可通过使用相同的光发射器作为帧的多个像素来形成具有更高分辨率的帧。



1. 一种头戴式显示系统,包括:
支撑结构,其被配置为安装在用户头部上;
光投影系统,其由所述支撑结构支撑并包括:
微显示器,其包括与第一分辨率相关联的光发射器阵列,其中所述光发射器阵列被配置为输出形成虚拟内容的帧的光;
投影光学器件;以及
一个或多个致动器;
目镜,其由所述支撑结构支撑并被配置为接收来自所述光投影系统的光并将所接收到的光引导到用户;以及
一个或多个处理器,所述一个或多个处理器被配置为:
接收虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分,其中所述第二分辨率高于所述第一分辨率;
使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,其中所述第一子帧和所述渲染帧的尺寸基本相同;
经由所述一个或多个致动器移动所述光投影系统的一个或多个部件,以调整与从所述光投影系统输出的光发射器光相关联的位置;以及
使所述光投影系统输出形成所述渲染帧的第二子帧的光。
2. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中与所述第二分辨率相关联的所述部分与用户眼睛的中央凹区域相关联。
3. 根据权利要求2所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为确定形成所述部分的光落入所述用户的中央凹的阈值角距离内。
4. 根据权利要求2所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为:
对于所述第二子帧,使光发射器更新形成所述部分的发射光;以及
对于所述第一子帧,使光发射器不更新形成所述部分之外的渲染帧的各部分的发射光。
5. 根据权利要求1所述的头戴式显示系统,其中每个发光微显示器阵列具有相关联的发射器尺寸,其中所述发射器尺寸小于像素间距。
6. 根据权利要求5所述的头戴式显示器,其中基于与所述像素间距相关联的尺寸和所述发射器尺寸来确定所述渲染帧的子帧总数。
7. 根据权利要求6所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述光投影系统连续输出形成所述子帧总数的光。
8. 根据权利要求7所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为通过使所述一个或多个致动器针对每个子帧移动所述光投影系统的部件来对所述渲染帧进行时间多路复用。
9. 根据权利要求8所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器移动所述光投影系统的所述部件,使得与所述光发射器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。
10. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器根据移动模式移动所述光投影系统的所述部件,并且其中所述移动模式

是连续移动模式。

11. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述第一子帧和所述第二子帧均包括与所述渲染帧的相应部分相关联的像素。

12. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述光投影系统包括多个光发射器阵列。

13. 根据权利要求12所述的头戴式显示器,还包括X-立方体棱镜,其中所述光发射器阵列中的每一个面向所述X-立方体棱镜的不同面。

14. 根据权利要求12所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列中的每一个被配置为将光引导到专用的关联投影光学器件中。

15. 根据权利要求12所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列附接到公共背板。

16. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器被配置为移动所述投影光学器件。

17. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器是压电电动机。

18. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器沿两个轴移动所述发光微显示器投影仪。

19. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述光发射器包括发光二极管。

20. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列被配置为发射多种分量颜色的光。

21. 根据权利要求20所述的头戴式显示器,其中每个光发射器包括一叠组成光发生器,其中每个组成光发生器发射不同颜色的光。

22. 根据权利要求1所述的头戴式显示器,其中所述目镜包括波导组件,所述波导组件包括一个或多个波导,每个波导包括:

耦入光学元件,其被配置为将来自所述微显示器的光耦入所述波导;以及

耦出光学元件,其被配置为将耦入光耦出所述波导。

23. 一种由头戴式显示系统的一个或多个处理器实现的方法,所述方法包括:

提供虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分;

使发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,所述第一子帧具有小于所述第二分辨率的第一分辨率,其中所述发光微显示器投影仪包括与所述第一分辨率相关联并且具有像素间距的光发射器阵列;

经由一个或多个致动器移动所述发光微显示器投影仪,以调整与由所述发光微显示器投影仪的光输出相关联的几何位置,其中所述几何位置被调整小于所述像素间距的距离;以及

使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第二子帧的光,所述第二子帧具有第一分辨率。

24. 一种系统,包括:

一个或多个处理器;以及

一个或多个存储指令的计算机存储介质,当由所述一个或多个处理器执行时,所述指令使所述一个或多个处理器执行包括以下项的操作:

生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述系统的发光微显示器投影仪系统显示为

增强现实内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括一个或多个光发射器阵列,所述光发射器阵列被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光;

将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括包含在所述渲染帧中的像素子集;以及

经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧经由一个或多个致动器根据移动模式移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上的一個或多个轴移动。

25. 根据权利要求24所述的系统,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器移动所述发光微显示器投影仪,使得与所述发光微显示器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。

26. 根据权利要求25所述的系统,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述光发射器阵列。

27. 根据权利要求25所述的系统,其中所述微显示器投影仪系统包括投影光学器件,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述投影光学器件,所述投影光学器件被配置为向所述系统的用户输出光。

28. 一种由一个或多个处理器头戴式显示系统实现的方法,所述方法包括:

生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述头戴式显示系统的发光微显示器投影仪系统显示为虚拟内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括发射器,所述发射器被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光;

将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括包含在所述渲染帧中的像素子集;以及

经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧中的每一个经由一个或多个致动器根据移动模式沿着一个或多个轴移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上的一個或多个轴移动。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中所述发光微显示器投影仪系统被移动,使得与光发射器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。

30. 根据权利要求29所述的方法,其中所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述光发射器阵列。

31. 根据权利要求29所述的方法,其中所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述微型LED投影仪系统的投影光学器件,所述投影光学器件被配置为向所述头戴式显示系统的用户输出光。

带有机械致动图像投影仪的可变像素密度显示系统

[0001] 优先权利要求

[0002] 本申请主张来自以下专利申请的优先权:2019年10月4日提交的题为“AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY DISPLAY SYSTEMS WITH SHARED DISPLAY FOR LEFT AND RIGHT EYES (具有左右眼共享显示的增强型和虚拟现实显示系统)”的美国临时申请号62/911,018;2019年2月1日提交的题为“VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY DISPLAY SYSTEMS WITH EMISSIVE MICRO-DISPLAYS (具有发光微显示器的虚拟和增强现实显示系统)”的美国临时申请号62/800,363;以及2018年12月28日提交的题为“LOW MOTION-TO-PHOTON LATENCY ARCHITECTURE FOR AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY DISPLAY SYSTEMS (用于增强和虚拟现实显示系统的动显延迟架构)”的美国临时申请号62/786,199,上述申请的全部内容在此纳入作为参考。

[0003] 纳入参考

[0004] 本申请纳入以下每个专利申请的全部内容作为参考:2014年11月27日提交的美国申请号14/555,585,2015年7月23日作为美国公开号2015/0205126公布;2015年4月18日提交的美国申请号14/690,401,2015年10月22日作为美国公开号2015/0302652公布;2014年3月14日提交的美国申请号14/212,961,现为2016年8月16日公布的美国专利号9,417,452;2014年7月14日提交的美国申请号14/331,218,2015年10月29日作为美国公开号2015/0309263公布;2018年3月1日公布的美国专利申请公开号2018/0061121;2018年12月14日提交的美国专利申请号16/221065;2018年9月27日公布的美国专利申请公开号2018/0275410;2018年12月28日提交的美国临时申请号62/786,199;以及2018年12月14日提交的美国申请号16/221,359;2018年7月24日提交的美国临时申请号62/702,707;2017年4月6日提交的美国申请号15/481,255;以及2018年4月21日提交的美国申请号15/927,808,2018年9月27日作为美国专利申请公开号2018/0275410公布。

技术领域

[0005] 本公开涉及显示系统,更具地说,涉及增强和虚拟现实显示系统。

背景技术

[0006] 现代计算和显示技术已经利于用于所谓的“虚拟现实”或者“增强现实”体验的系统的发展,其中,数字再现图像或其部分以其看起来真实或者可以被感知为真实的方式被呈现给用户。虚拟现实或者“VR”场景典型地涉及数字或者虚拟图像信息的呈现,而对于其他实际现实世界视觉输入不透明;增强现实或者“AR”场景典型地涉及将数字或者虚拟图像信息呈现为对用户周围的实际世界的可视化的增强。混合现实或者“MR”场景是一种类型的AR场景并且典型地涉及被集成到自然界中并且响应于自然界的虚拟对象。例如,MR场景可以包括看起来由现实世界中的对象阻挡或另外被感知为与现实世界中的对象相互作用的AR图像内容。

[0007] 参考图1,其中描绘了AR场景10。AR技术的用户看到以背景中的人、树、建筑为特征

的现实世界公园般的设置20,以及混凝土平台30。用户还感知到他/她“看到”“虚拟内容”,诸如站在现实世界平台30上的机器人雕像40,以及飞行的卡通式的化身人物50,其似乎是大黄蜂的拟人化。这些元素50、40是“虚拟的”,因为其不存在于现实世界中。由于人类视觉感知系统是复杂的,因而产生利于其他虚拟或现实世界影像元素中间的虚拟图像元素的舒适的、自然感觉的、丰富呈现的AR技术是具挑战性的。

发明内容

[0008] 根据一些实施例,一种头戴式显示系统包括支撑结构,其被配置为安装在用户头部上;光投影系统,其由所述支撑结构支撑;目镜;以及一个或多个处理器。所述光投影系统包括微显示器,其包括与第一分辨率相关联的光发射器阵列,其中所述光发射器阵列被配置为输出形成虚拟内容的帧的光;投影光学器件;以及一个或多个致动器。所述目镜由所述支撑结构支撑并被配置为接收来自所述光投影系统的光并将所接收到的光引导到用户。一个或多个处理器,所述一个或多个处理器被配置为接收虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分,其中所述第二分辨率高于所述第一分辨率。所述一个或多个处理器还被配置为使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,其中所述第一子帧和所述渲染帧的尺寸基本相同。所述一个或多个处理器还被配置为经由所述一个或多个致动器移动所述光投影系统的一个或多个部件,以调整与从所述光投影系统输出的光发射器光相关联的位置;以及使所述光投影系统输出形成所述渲染帧的第二子帧的光。

[0009] 根据一些其他实施例,一种由一个或多个处理器的头戴式显示系统实现的方法包括提供虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分。使发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,所述第一子帧具有小于所述第二分辨率的第一分辨率,其中所述发光微显示器投影仪包括与所述第一分辨率相关联并且具有像素间距的光发射器阵列。经由一个或多个致动器移动所述发光微显示器投影仪,以调整与由所述发光微显示器投影仪的光输出相关联的几何位置,其中所述几何位置被调整小于所述像素间距的距离。使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第二子帧的光,所述第二子帧具有第一分辨率。

[0010] 根据另外一些实施例,一种系统包括一个或多个处理器和一个或多个存储指令的计算机存储介质,当由所述一个或多个处理器执行时,所述指令使所述一个或多个处理器执行操作。所述操作包括生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述系统的发光微显示器投影仪系统显示为增强现实内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括一个或多个光发射器阵列,所述光发射器阵列被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光。将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括包含在所述渲染帧中的像素子集。经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧经由一个或多个致动器根据移动模式移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上的一个或多个轴移动。

[0011] 根据一些其他实施例,一种由一个或多个处理器的头戴式显示系统实现的方法包括生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述头戴式显示系统的发光微显示器投影仪系

统显示为虚拟内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括发射器,所述发射器被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光。将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括包含在所述渲染帧中的像素子集。经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧中的每一个经由一个或多个致动器根据移动模式沿着一个或多个轴移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上一个或多个轴移动。

[0012] 下面提供了一些附加示例。

[0013] 示例1:一种头戴式显示系统,包括:支撑结构,其被配置为安装在用户头部上;光投影系统,其由所述支撑结构支撑并包括:微显示器,其包括与第一分辨率相关联的光发射器阵列,其中所述光发射器阵列被配置为输出形成虚拟内容的帧的光;投影光学器件;以及一个或多个致动器;目镜,其由所述支撑结构支撑并被配置为接收来自所述光投影系统的光并将所接收到的光引导到用户;以及一个或多个处理器,所述一个或多个处理器被配置为:接收虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分,其中所述第二分辨率高于所述第一分辨率;使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,其中所述第一子帧和所述渲染帧的尺寸基本相同;经由所述一个或多个致动器移动所述光投影系统的一个或多个部件以调整与从所述光投影系统输出的光发射器光相关联的位置;以及使所述光投影系统输出形成所述渲染帧的第二子帧的光。

[0014] 示例2.根据示例1所述的头戴式显示器,其中与所述第二分辨率相关联的所述部分与用户眼睛的中央凹区域相关联。

[0015] 示例3.根据示例2所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为确定形成所述部分的光落入所述用户的中央凹的阈值角距离内。

[0016] 示例4.根据示例2所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为:针对所述第二子帧,使光发射器更新形成所述部分的发射光;以及针对所述第一子帧,使光发射器不更新形成所述部分之外的渲染帧的各部分的发射光。

[0017] 示例5.根据示例1所述的头戴式显示系统,其中每个发光微显示器阵列具有相关联的发射器尺寸,其中所述发射器尺寸小于像素间距。

[0018] 示例6.根据示例5所述的头戴式显示器,其中基于与所述像素间距相关联的尺寸和所述发射器尺寸确定所述渲染帧的子帧总数。

[0019] 示例7.根据示例6所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述光投影系统连续输出形成所述子帧总数的光。

[0020] 示例8.根据示例7所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为通过使所述一个或多个致动器针对每个子帧移动所述光投影系统的部件,来对所述渲染帧进行时间多路复用。

[0021] 示例9.根据示例8所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器移动所述光投影系统的所述部件,使得与所述光发射器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。

[0022] 示例10.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器根据移动模式移动所述光投影系统的所述部件,并且其中所述移动

模式是连续移动模式。

[0023] 示例11.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述第一子帧和所述第二子帧均包括与所述渲染帧的相应部分相关联的像素。

[0024] 示例12.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述光投影系统包括多个光发射器阵列。

[0025] 示例13.根据示例12所述的头戴式显示器,还包括X-立方体棱镜,其中所述光发射器阵列中的每一个面向所述X-立方体棱镜的不同面。

[0026] 示例14.根据示例12所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列中的每一个被配置为将光引导到专用的关联投影光学器件中。

[0027] 示例15.根据示例12所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列附接到公共背板。

[0028] 示例16.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器被配置为移动所述投影光学器件。

[0029] 示例17.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器是压电电动机。

[0030] 示例18.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述一个或多个致动器沿两个轴移动所述发光微显示器投影仪。

[0031] 示例19.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述光发射器包括发光二极管。

[0032] 示例20.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述光发射器阵列被配置为发射多种分量颜色的光。

[0033] 示例21.根据示例20所述的头戴式显示器,其中每个光发射器包括一叠组成光发生器,其中每个组成光发生器发射不同颜色的光。

[0034] 示例22.根据示例1所述的头戴式显示器,其中所述目镜包括波导组件,所述波导组件包括一个或多个波导,每个波导包括:耦入光学元件,其被配置为将来自所述微显示器的光耦入所述波导;以及耦出光学元件,其被配置为将耦入光耦出所述波导。

[0035] 示例23.一种由一个或多个处理器的头戴式显示系统实现的方法,所述方法包括:提供虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧包括与第二分辨率相关联的至少一部分;使发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第一子帧的光,所述第一子帧具有小于所述第二分辨率的第一分辨率,其中所述发光微显示器投影仪包括与所述第一分辨率相关联并且具有像素间距的光发射器阵列;经由一个或多个致动器移动所述发光微显示器投影仪以调整与由所述发光微显示器投影仪的光输出相关联的几何位置,其中所述几何位置被调整小于所述像素间距的距离;以及使所述发光微显示器投影仪输出形成所述渲染帧的第二子帧的光,所述第二子帧具有第一分辨率。

[0036] 示例24.一种系统,包括:一个或多个处理器;以及一个或多个存储指令的计算机存储介质,当由所述一个或多个处理器执行时,所述指令使所述一个或多个处理器执行包括以下项的操作:生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述系统的发光微显示器投影仪系统显示为增强现实内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括一个或多个光发射器阵列,所述光发射器阵列被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光;将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括

包含在所述渲染帧中的像素子集;以及经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧经由一个或多个致动器根据移动模式移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上一个或多个轴移动。

[0037] 示例25.根据示例24所述的系统,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器移动所述发光微显示器投影仪,使得与所述发光微显示器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。

[0038] 示例26.根据示例25所述的系统,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述光发射器阵列。

[0039] 示例27.根据示例25所述的系统,其中所述微显示器投影仪系统包括投影光学器件,其中所述一个或多个处理器被配置为使所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述投影光学器件,所述投影光学器件被配置为向所述系统的用户输出光。

[0040] 示例28.一种由头戴式显示系统的一个或多个处理器实现的方法,所述方法包括:生成虚拟内容的渲染帧,所述渲染帧经由所述头戴式显示系统的发光微显示器投影仪系统显示为虚拟内容,所述渲染帧与第二分辨率相关联,并且所述发光微显示器投影仪包括发射器,所述发射器被配置为输出形成与第一较低分辨率相关联的虚拟内容的光;将虚拟内容的所述渲染帧划分为多个子帧,其中每个子帧包括包含在所述渲染帧中的像素子集;以及经由所述发光微显示器投影仪系统连续输出光,所述光形成多个子帧,其中所述发光微显示器投影仪系统针对所述子帧中的每一个经由一个或多个致动器根据移动模式沿着一个或多个轴移动,其中所述发光微显示器投影仪系统沿着与所述投影仪系统的输出光瞳平面平行的平面上一个或多个轴移动。

[0041] 示例28.根据示例28所述的方法,其中所述发光微显示器投影仪系统被移动,使得与光发射器阵列相关联的几何位置平铺在相应的发射器间区域内。

[0042] 示例29.根据示例29所述的方法,其中所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述光发射器阵列。

[0043] 示例30.根据示例29所述的方法,其中所述一个或多个致动器沿着所述一个或多个轴移动所述微型LED投影仪系统的投影光学器件,所述投影光学器件被配置为向所述头戴式显示系统的用户输出光。

附图说明

[0044] 图1示出了用户通过AR设备看到的增强现实 (AR) 的视图。

[0045] 图2示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。

[0046] 图3A至图3C示出了曲率半径和焦半径之间的关系。

[0047] 图4A示出了人类视觉系统的调节-聚散 (vergence) 响应的表示。

[0048] 图4B示出了用户的一双眼睛的不同调节状态和聚散状态的示例。

[0049] 图4C示出了经由显示系统观看内容的用户的俯视图的表示的示例。

[0050] 图4D示出了经由显示系统观看内容的用户的俯视图的表示的另一示例。

[0051] 图5示出了通过修改波前发散来模拟三维图像的方法的一些方面。

[0052] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。

- [0053] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。
- [0054] 图8示出了堆叠目镜的示例,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。
- [0055] 图9A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合入光学元件。
- [0056] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。
- [0057] 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。
- [0058] 图9D示出了多个堆叠波导的另一示例的俯视平面图。
- [0059] 图9E示出了可穿戴显示系统的示例。
- [0060] 图10示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有空间光调制器和单独的光源。
- [0061] 图11A示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有多个发光微显示器。
- [0062] 图11B示出了具有光发射器阵列的发光微显示器的示例。
- [0063] 图12示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的另一示例,该光投影系统具有多个发光微显示器和关联的光重定向结构。
- [0064] 图13A示出了具有光投影系统和目镜的可穿戴显示系统的侧视图的示例,该光投影系统具有多个发光微显示器,该目镜具有包括重叠和横向偏移的光耦合入光学元件的波导。
- [0065] 图13B示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的另一示例,该光投影系统具有多个被配置为将光引导到目镜的单个光耦合入区域的发光微显示器。
- [0066] 图14示出了具有单个发光微显示器的可穿戴显示系统的示例。
- [0067] 图15示出了具有波导堆叠的目镜的示例的侧视图,该波导堆叠具有重叠的耦合入光学元件。
- [0068] 图16示出了波导堆叠的示例的侧视图,该波导堆叠具有用于减轻波导之间的重影或串扰的滤色器。
- [0069] 图17示出了图15和图16的目镜的俯视图的示例。
- [0070] 图18示出了图15和图16的目镜的俯视图的另一示例。
- [0071] 图19A示出了具有波导堆叠的目镜的示例的侧视图,该波导堆叠具有重叠和横向偏移的耦合入光学元件。
- [0072] 图19B示出了图19A的目镜的示例的侧视图,该目镜具有用于减轻波导之间的重影或串扰的滤色器。
- [0073] 图20A示出了图19A和图19B的目镜的俯视图的示例。
- [0074] 图20B示出了图19A和图19B的目镜的俯视图的另一示例。
- [0075] 图21示出了波导中的回弹(rebound)的示例的侧视图。
- [0076] 图22A至图22C示出了具有被配置为减少回弹的耦合入光学元件的目镜的俯视图的示例。
- [0077] 图23A至图23C示出了具有被配置为减少回弹的耦合入光学元件的目镜的俯视图的附加示例。

[0078] 图24A示出了由发光微显示器的各个光发射器发射的光和由投影光学器件捕获的光的角发射分布的示例。

[0079] 图24B示出了使用光准直器阵列收缩角发射分布(profile)的示例。

[0080] 图25A示出了用于将光引导到投影光学器件的锥形反射阱阵列的侧视图的示例。

[0081] 图25B示出了不对称锥形反射阱的侧视图的示例。

[0082] 图26A至图26C示出了相对于上覆透镜的中心线的不同位置处的光发射器的光路差异的示例。

[0083] 图27示出了具有上覆纳米透镜阵列的发光微显示器的各个光发射器的侧视图的示例。

[0084] 图28是图27的发光微显示器的示例的透视图。

[0085] 图29示出了具有图28的全彩发光微显示器的可穿戴显示系统的示例。

[0086] 图30A示出了具有发光微显示器和关联的光准直器阵列的可穿戴显示系统的示例。

[0087] 图30B示出了具有多个发光微显示器的光投影系统的示例,每个发光微显示器具有相关联的光准直器阵列。

[0088] 图30C示出了具有多个发光微显示器的可穿戴显示系统的示例,每个发光微显示器具有相关联的光准直器阵列。

[0089] 图31A和图31B示出了具有可变焦元件的波导组件的示例,该可变焦元件用于改变指向观看者的光的波前发散。

[0090] 图32A示出了具有被间隙隔开的光发射器阵列的发光微显示器的示例。

[0091] 图32B示出了图32A的发光微显示器如何被配置为经由阵列或关联的光学器件的时间多路复用和重新定位来模拟更高填充因子的微显示器的示例。

[0092] 图32C示出了由诸如图32A的发光微显示器之类的发光微显示器形成的中央凹(foveated)图像的示例。

[0093] 图32D示出了诸如图32A的发光微显示器之类的发光微显示器的示例,其被配置为在图像内形成具有三个或更多个分辨率级别的中央凹图像。

[0094] 图33示出了由诸如图32A的发光微显示器之类的发光微显示器提供的中央凹图像的另一示例。

[0095] 图34示出了用于移动显示像素位置的发光微显示器部件的各种示例移动路径。

[0096] 图35A和图35B示出了光发射器和投影光学器件的移位如何改变显示像素的位置。

[0097] 图36A示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有耦合到投影光学器件的致动器。

[0098] 图36B示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有分别耦合到不同微显示器的多个致动器。

[0099] 图37A示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有包括单个波导的目镜。

[0100] 图37B示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,其中单个光发射器阵列通过耦合到投影光学器件的致动器输出不同分量颜色的光。

[0101] 图37C示出了类似于图37B的可穿戴显示系统的可穿戴显示系统的示例,不同之处

在于致动器附接到微显示器而非投影光学器件。

[0102] 图38A示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统将不同分量颜色的光引导到目镜而不使用光学组合器来组合不同颜色的光,并且致动器耦合到投影光学器件。

[0103] 图38B示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的另一示例,该光投影系统将不同分量颜色的光引导到目镜而不使用光学组合器来组合不同颜色的光,并且致动器耦合到投影光学器件。

[0104] 图38C示出了类似于图38A的可穿戴显示系统的可穿戴显示系统的示例,不同之处在于致动器附接到单独的微显示器而非投影光学器件。

[0105] 图38D示出了类似于图38B的可穿戴显示系统的可穿戴显示系统的示例,不同之处在于致动器附接到一体微显示结构而非投影光学器件。

[0106] 图39示出了用于输出虚拟内容的渲染帧的子帧的示例过程的流程图。

具体实施方式

[0107] 增强现实 (AR) 或虚拟现实 (VR) 系统可以向用户或观看者显示虚拟内容。该内容可显示在例如作为眼镜的一部分的头戴式显示器上,该头戴式显示器将图像信息投射到用户的眼睛。此外,当系统为AR系统时,该显示器还可以将来自周围环境的光传输到用户的眼睛,以允许观看周围环境。如本文所使用的,应当理解,“头戴式”或“可头戴的”显示器是可被安装在用户或观看者头部上的显示器。

[0108] 为了提高AR或VR系统(也简称为“显示系统”)的可用性,有利地减小显示系统的尺寸、重量和/或功耗。作为示例,如果显示系统的尺寸和一般突出性 (general obtrusiveness) 减小,则用户更有可能使用该显示系统。作为另一示例,如果用户头上的重量减轻,则用户更有可能使用该显示系统。同样,降低功耗可以允许使用更小的电池,减少显示系统产生的热量等等。在此描述的各种实施例有利于这些益处,包括显示系统部件尺寸的减小。

[0109] 如本文所述,可通过一种或多种显示技术产生形成虚拟内容的光(本文也称为图像光)。例如,光可以由包括在显示系统中的光投影系统产生。该光然后可以经由光学器件路由以作为虚拟内容输出到显示系统的用户。虚拟内容可以被表示为包括在连续呈现给用户的渲染帧中的图像像素。为了获得高质量(例如,逼真的)虚拟内容,显示系统可以以足够的分辨率(例如,大于阈值分辨率)渲染虚拟内容的帧,然后将其输出。因此,图像像素可以足够靠近以实现足够的分辨率。

[0110] 然而,应当理解,与显示系统相关联的设计约束可能限制实现图像像素的这种接近度的能力,从而限制分辨率。例如,为了使显示系统小型化,可能需要显示系统具有缩减的显示尺寸(例如,投影仪尺寸)。示例显示器可包括硅基液晶 (LCoS) 显示器。为了输出形成虚拟内容的图像光,可能需要LCoS显示器使用包括一个或多个光发射器的单独照明模块。在该示例中,LCoS面板可以对生成的光施加空间变化的调制以形成虚拟内容。然而,为了在保持高分辨率的同时减小与LCoS面板相关联的尺寸,可能需要减小与LCoS面板相关联的像素间距。如本文所述,像素间距可表示显示器上形成图像像素的类似显示器元件的类似位置之间的物理距离。由于涉及小像素间距的物理限制,加上需要单独的照明模块,LCoS显示

器在某些应用中可能比期望的大。

[0111] 这里公开的一些实施例有利地包括发光微显示器,例如微型LED显示器。在一些实施例中,微显示器是微型OLED显示器。利用发光微显示器的显示系统可以避免增加的照明模块体积。此外,发光微显示器可以促进具有明显有利的小像素间距的图像的呈现。如所描述的,示例显示系统可以利用一个或多个发光微显示器来实现减小的尺寸、重量、功耗以及其他益处。

[0112] 发光微显示器具有用于可穿戴显示系统的若干优点。例如,发光微显示器的功耗通常随图像内容变化,因此昏暗或稀疏的内容需要较少的功率来显示。由于AR环境通常很稀疏,因为用户通常希望能够看到他们周围的环境,所以发光微显示器的平均功耗可能低于使用空间光调制器调制来自光源的光的其他显示技术的平均功耗。相比之下,即使对于昏暗、稀疏或“完全关闭”的虚拟内容,其他显示技术也可能使用大量功率。作为另一示例,发光微显示器可以提供异常高的帧速率(这可以允许使用部分分辨率阵列)并且可以提供低水平的视在移动伪影(例如,移动模糊)。作为另一示例,发光微显示器可能不需要LCoS显示器所需类型的偏振光学器件。因此,发光微显示器可以避免偏振光学器件中存在的光学损耗。

[0113] 虽然诸如微型LED之类的光发射器阵列提供了相当大的尺寸、重量和/或功率节省,但当前的光发射器可能无法提供足够小的像素间距来在小显示系统形状因数中实现高分辨率虚拟内容。作为非限制性示例,一些基于微型LED的微显示器可允许约2至约3微米的像素间距。即使在这样的像素间距下,为了提供所需数量的像素,微型LED显示器仍可能不合需要地大,无法用于可穿戴显示系统,特别是因为这些系统的目标是具有类似于眼镜的形状因数和尺寸。

[0114] 如更详细地描述的,包括发光微显示器的光投影系统可经由光投影系统的部件的快速物理调整或移位来实现有效的小像素间距。例如,发光微显示器可以沿着一个或多个轴物理调整位置或进行物理移位。作为另一示例,光学元件(例如,投影光学器件)可以沿着一个或多个轴物理调整位置或进行物理移位。

[0115] 如本文所述,与诸如微型LED之类的光发射器相关联的尺寸可被称为发射器尺寸。发射器尺寸可以指沿着特定轴(例如,横轴)的光发射器尺寸。发射器尺寸还可以指沿着两个轴(例如,横轴和纵轴)的光发射器尺寸。类似地,像素间距可以指沿着特定轴(例如,横轴)的紧邻的光发射器上的相似点之间的距离,不同的轴具有它们自己的像素间距。例如,在一些实施例中,光发射器沿着第一轴的放置比沿着第二轴(例如,正交轴)的放置更紧密。光发射器阵列的示例在本文中更详细地描述并在图32A中示出。

[0116] 应当理解,光发射器尺寸可以小于将紧邻的光发射器分开的间隙。例如,由于物理和电气限制,形成具有大于阈值密度的光发射器的发光微显示器具有挑战性。示例约束可包括电流拥挤、基板下垂等。因此,相邻光发射器之间可能存在大量间隙或空间。两个光发射器之间的间隙在本文中被称为发射器间区域。因此,发射器间区域(其示例在图32A中示出)可以描绘包括单个光发射器的发光微显示器的区域(例如,最大区域)。因此,发射器间区域的尺寸可能限制发光微显示器实现某些高密度或高分辨率的程度。

[0117] 有利地,高速操作诸如微型LED之类的光发射器的能力可以允许使用相同的一个或多个发光微显示器对图像进行时间多路复用呈现;例如,可以移动光发射器相对于投影

光学器件的几何位置以允许相同的光发射器在不同时间呈现图像的不同像素。在一些实施例中,虚拟内容的渲染帧可以经由时间多路复用方案以快速连续的一系列子帧的形式呈现。在该示例中,每个子帧可以与光发射器相对于投影光学器件的特定物理位置相关联。因此,应当理解,可通过改变光发射器和投影光学器件相对于彼此的位置来改变几何位置(例如,通过在投影光学器件保持静止的同时改变光发射器的物理位置;通过在光发射器保持静止的同时改变投影光学器件的物理位置;或通过同时改变光发射器和投影光学器件的物理位置)。如下文更详细描述,可以调整几何位置(例如,经由一个或多个致动器)以使得光发射器平铺(tile)相应的发射器间区域。因此,发光微显示器可以实现分辨率有利得高的虚拟内容的输出。

[0118] 因此,光投影系统可被配置为通过投影一个或多个部分分辨率子帧来投影虚拟内容的各个全分辨率帧。例如,可以投影一个或多个部分分辨率子帧。子帧可快速连续地投影并且可彼此偏移(例如,沿着子帧在其上平移的一个或多个轴偏移小于全像素间距)。例如,包括在投影仪中的发光微显示器可以沿着一个或多个轴物理地移位。如上所述,发光微显示器可包括具有像素间距的光发射器,例如微型LED。因此,该像素间距可以告知发光微显示器输出虚拟内容帧的分辨率。为了有效地减小功能像素间距和光发射器之间的间隙,从而提高相同尺寸显示器的分辨率,可以调整光发射器的位置,例如通过小于像素间距。例如,显示器可包括由2.5微米的像素间距隔开的光发射器,并且每个光发射器可具有0.833微米的发射器尺寸。在一些实施例中,可基于光发射器平移到发射器间区域内的不同(例如,不重叠)位置的次数,多次调整光发射器的位置。在该示例中,发射器间区域可以是6.25平方微米,并且示例光发射器可以沿着第一轴调整三次位置,并且沿着第二正交轴调整三次位置。因此,示例光发射器可以有效地在发射器间区域内占据9个位置。对于9个位置中的一个或多个,可以呈现虚拟内容的相同渲染帧的特定子帧。因此,连续呈现的子帧可被感知为虚拟内容的高分辨率帧。实际上,光发射器可以形成表观像素密度高于光发射器的物理密度的图像。

[0119] 在一些实施例中,用户的视觉系统可将子帧合并在一起,使得用户感知到全分辨率帧。例如,子帧的像素可以交织以形成全分辨率帧。优选地,子帧可以以高于人类视觉系统闪烁融合(flicker fusion)阈值的帧速率顺序显示。例如,闪烁融合阈值可以是60Hz,这被认为足够快,以至于大多数用户不会感知到子帧在不同时间显示。在一些实施例中,不同子帧以等于或高于闪烁融合阈值(例如,等于或高于60Hz)的速率顺序显示。

[0120] 因此,发光微显示器可被配置为具有比包含在虚拟内容的每个全分辨率渲染帧中的图像像素数量更少的光发射器。例如,全分辨率图像可包括 2000×2000 像素,而发光微显示器可能只是 1000×1000 元素的阵列。较低分辨率发光微显示器的使用对于诸如本文所述的显示系统之类的可穿戴系统尤其有益。例如,与高分辨率显示器相比,较低分辨率显示器可以更小、重量更轻和/或消耗更少的功率。

[0121] 虽然上文已经描述了移动或调整发光微显示器(例如,包括微型LED阵列)的位置,但是应当理解,投影光学器件的位置可以替代地或附加地被调整。例如,并且如下面将关于图35A至图35B更详细地描述的,投影光学器件可以将经由发光微显示器产生的光路由(route)到显示系统的用户。作为示例,投影光学器件可将光路由到目镜的耦入光学元件(例如,耦入光栅),该目镜被配置为接收用图像信息(图像光)编码的光并将该光引导到用

户。因此,代替物理平移发光微显示器,可沿着一个或多个轴平移投影光学器件。在移动中,投影光学器件可以在输出经由耦合光栅耦合的光之前,沿着一个或多个轴改变每个阵列的几何位置。如本文所述,光投影系统可包含一个或多个发光微显示器、投影光学器件等。因此,光投影系统的光输出可通过系统部件的物理平移来调整(例如,通过改变由光投影系统呈现的像素的位置)。

[0122] 应当理解,虚拟内容的渲染帧的某些部分对于用户来说可能比其他部分在视觉上更明显。例如,对于落在用户中央凹(fovea)上的虚拟内容的部分(在此称为“中央凹部分”),用户可能具有更高的视敏度。为了确定这些中央凹部分的位置,显示系统可以确定用户正注视的注视点。落在该注视点的阈值角距离内的虚拟内容部分可以被识别为落在用户的中央凹上。如将描述的,显示系统可被配置为增加与中央凹部分相关联的分辨率。剩余部分的分辨率增加幅度较小,或者不增加。

[0123] 作为示例,发光微显示器可被配置为以比包括在其他部分中的像素更高的速率更新包括在中央凹部分中的像素。如上所述,可平移或调整光发射器的几何位置以平铺阵列的发射器间区域。可选地,用于输出形成包括中央凹区域的像素的光的光发射器可针对相对高比例的不同几何位置(例如,针对每个不同的几何位置)更新,而用于形成远离中央凹区域的像素的光发射器可针对较低比例的不同几何位置更新(例如,这些光发射器可能“关闭”或可能仅呈现与先前位置相同的信息)。用于输出形成包括在其他区域中的像素的光的光发射器的更新频率可以较低。例如,对于虚拟内容的给定全分辨率渲染帧,这些光发射器可更新两次或仅一次。例如,对应于中央凹的光发射器可针对发射器间区域内的四个不同几何位置中的每一个更新,而对应于图像外围部分的光发射器可仅针对每隔一个几何位置更新。

[0124] 因此,由快速显示或投影的子帧形成的渲染帧可具有跨渲染帧变化的有效分辨率。通过中央凹成像,使得发光微显示器的有效分辨率在中央凹区域(例如,感兴趣的区域、用户聚焦的区域、用户指定的区域、设计者指定的区域等)中增加,而在其他区域(例如,感兴趣区域之外的区域)中降低。通过配置发光微显示器来提供中央凹(foveated)图像可进一步帮助节省(conserve)资源,例如通过消除和/或减少与显示或投影不太感兴趣区域(例如,不太可能成为用户关注的区域)相关联的处理和功率负载。

[0125] 具有发光微显示器的示例显示系统

[0126] 有利地,如本文所述,利用本文所述的发光微显示器的显示系统可允许减轻重量和减小形状因数,并且还可提供高帧速率和低移动模糊。优选地,微显示器是提供高亮度和高像素密度等优点的发光微显示器。在一些实施例中,发光微显示器是微型LED显示器。在一些其他实施例中,发光微显示器是微型OLED显示器。在一些实施例中,发光微显示器包括光发射器阵列,该光发射器阵列具有例如小于 $10\mu\text{m}$ 、小于 $8\mu\text{m}$ 、小于 $6\mu\text{m}$ 、小于 $5\mu\text{m}$ 或小于 $2\mu\text{m}$,包括 1 至 $5\mu\text{m}$,的间距,以及 $2\mu\text{m}$ 或更小、 $1.7\mu\text{m}$ 或更小,或 $1.3\mu\text{m}$ 或更小的发射器尺寸。在一些实施例中,发射器尺寸在具有上述尺寸的上限和 $1\mu\text{m}$ 的下限的范围内。在一些实施例中,发射器尺寸与间距的比率为 $1:1$ 至 $1:5$ 、 $1:2$ 至 $1:4$ 或 $1:2$ 至 $1:3$,这有利于单独控制发射器和有效利用由目镜发射的光,如本文进一步讨论的。

[0127] 在一些实施例中,可以利用多个发光微显示器来形成适合头戴式显示系统的图像。包含用于形成这些图像的图像信息的光可被称为图像光。应当理解,图像光可在例如波

长、强度、偏振等方面变化。发光微显示器将图像光输出到目镜，目镜然后将光传递到用户的眼睛。

[0128] 在一些实施例中，可以使用多个发光微显示器并且将其定位在光学组合器（例如 X-立方体（X-cube）棱镜或二向色 X-立方体）的不同面。X-立方体棱镜在立方体的不同面上接收来自不同微显示器的光线，然后从立方体的同一面输出光线。输出的光可被导向投影光学器件，该投影光学器件被配置为将图像光会聚或聚焦到目镜上。

[0129] 在一些实施例中，多个发光微显示器包括单色微显示器，这些单色微显示器被配置为输出单一分量颜色的光。组合各种分量颜色形成全彩图像。在一些其他实施例中，发光微显示器中的一个或多个可具有子像素，这些子像素被配置为发射由显示系统使用的两个或更多个但不是全部的分量颜色的光。例如，单个发光微显示器可具有发射蓝色光和绿色光的子像素，而位于 X-立方体不同面上的单独发光微显示器可具有被配置为发射红色光的像素。在一些实施例中，多个微显示器分别是全彩显示器，包括例如由多个子像素形成的像素，这些子像素被配置为发射不同分量颜色的光。有利地，通过组合多个全彩微显示器的光，可以增加显示亮度和动态范围。

[0130] 应当理解，发光微显示器可包括光发射器阵列。光发射器可以发射具有朗伯（Lambertian）角发射分布的光。不利的是，这种角发射分布“浪费”光，因为只有一小部分发射光最终入射到目镜上。在一些实施例中，可利用光准直器收缩由光发射器发射的光的角发射分布。如本文所使用的，光准直器是收缩入射光的角发射分布的光学结构；即，光准直器从关联的光发射器接收具有相对较宽的初始角发射分布的光，并输出具有比宽初始角发射分布窄的角发射分布的光。在一些实施例中，在透射通过并离开准直器之前，离开光准直器的光线的平行度高于由光准直器接收的光线。光准直器的示例包括微透镜、纳米透镜、反射阱、超表面和液晶光栅。在一些实施例中，光准直器可被配置为调向光以最终会聚在不同的横向偏移的光耦合光学元件上。在一些实施例中，每个光发射器具有专用的光准直器。光准直器优选地直接邻近或接触光发射器定位，以捕获由关联的光发射器发射的大部分光。

[0131] 在一些实施例中，可以利用单个发光微显示器来将光引导到目镜。例如，该单个发光微显示器可以是包括发射不同分量颜色光的光发射器的全彩显示器。在一些实施例中，光发射器可以形成位于公共区域中的组，其中每组包括发射每种分量颜色的光的光发射器。在这样的实施例中，每组光发射器可以共享公共微透镜。有利地，来自不同光发射器的不同颜色的光采用不同的路径通过微透镜，这可表现为不同分量颜色的光入射到目镜的不同耦入光学元件上，如本文所讨论的。

[0132] 在一些实施例中，全彩微显示器可包括具有相同分量颜色的重复光发射器组。例如，微显示器可包括多行光发射器，每个单独行的光发射器被配置为发射相同颜色的光。因此，不同的行可以发射不同分量颜色的光。此外，微显示器可具有关联的光准直器阵列，其被配置为将光引导到目镜上的期望位置，例如引导到关联的耦入光学元件。有利地，虽然这种全彩微显示器的各个光发射器可能未被定位成形成高质量全彩图像，如直接在微显示器上看到的，但是透镜阵列适当地将来自光发射器的光调向到目镜，该目镜组合由不同颜色的光发射器形成的单色图像，从而形成高质量全彩图像。

[0133] 在一些实施例中，从微显示器接收图像光的目镜可包括波导组件。波导组件上入射有图像光的波导区域可包括耦入光学元件，其耦入入射的图像光，使得光通过全内反射

(TIR) 传播通过波导。在一些实施例中,波导组件可包括波导堆叠,每个波导具有相关联的耦入光学元件。不同的耦入光学元件可被配置为耦入不同颜色的光,使得不同的波导可被配置为在其中传播不同颜色的光。波导可包括耦出光学元件,其耦出在其中传播的光,使得耦出的光朝着用户的眼睛传播。在一些其他实施例中,波导组件可包括具有关联的耦入光学元件的单个波导,该耦入光学元件被配置为耦入不同分量颜色的光。

[0134] 在一些实施例中,如从投影光学器件所见,耦入光学元件横向移位。不同的耦入光学元件可被配置为耦入不同颜色的光。优选地,不同颜色的图像光通过不同的路径到达目镜,并因此照射到不同的对应耦入光学元件上。

[0135] 在一些其他实施例中,可以利用其他类型的目镜或光学器件将图像光传递到用户的眼睛。例如,如本文所讨论的,目镜可包括通过TIR在其中传播图像光的一个或多个波导。作为另一示例,目镜可包括Birdbath组合器,该组合器包括将图像光引导到观看者并允许观看周围环境的半透明镜。

[0136] 在一些实施例中,目镜可被配置为选择性地输出具有不同波前发散量的光,以在多个虚拟深度平面(这里也简称为“深度平面”)处提供虚拟内容,这些虚拟深度平面被感知为与用户具有不同的距离。例如,目镜可包括多个波导,每个波导包括具有不同光焦度(optical power)的耦出光学元件,以输出具有不同波前发散量的光。在一些其他实施例中,可在目镜和用户眼睛之间设置可变焦元件。可变焦元件可被配置为动态地改变光焦度以为特定虚拟内容提供所需的波前发散。在一些实施例中,作为用于提供光焦度的波导光学结构的替代或补充,显示系统还可包括提供或额外提供光焦度的多个透镜。

[0137] 除了上面讨论的紧凑形状因数和高帧速率之外,根据一些实施例的发光微显示器还可以提供以下一个或多个优点。例如,微显示器可以提供极小的像素间距和极高的像素密度。微显示器还可以提供高亮度和效率。例如,发光微显示器的光发射器可能仅在需要光发射器提供具有亮度的内容时消耗功率来发光。这与其他显示技术形成对比,在其他显示技术中,光源可照亮像素的整个面板,而不管这些像素中的一些是否是暗的。此外,应当理解,人类视觉系统集成在一段时间内接收到的光,并且诸如微型LED之类的发光微显示器的光发射器有利地具有高占空比(例如,包括微显示器中的光发射器从“关闭”上升到完全“开启”状态的短激活周期,以及从“开启”状态下降到“关闭”状态的相应短时间,允许光发射器在每个周期的大部分内在开启级别上发光)。因此,与具有较低占空比的常规显示技术相比,用于产生具有给定感知亮度的图像的功率可能较少。在一些实施例中,占空比可以是70%或更多、80%或更多、或90%或更多。在一些实施例中,占空比可以是大约99%。此外,如本文所述,微显示器可促进极高的帧速率,这可提供包括减少用户头部位置和显示内容之间的不匹配的优势。

[0138] 现在将参考附图,其中相同的参考标号始终指代相同的部件。除非另有说明,否则附图是示意性的并且不一定按比例绘制。

[0139] 图2示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。应当理解,用户的眼睛是间隔开的,并且当观看空间中的真实对象时,每只眼睛具有稍微不同的对象视图,并且可以在每只眼睛的视网膜上的不同位置处形成对象的视图。这可被称为双眼视差,并且可以被人类视觉系统用于提供深度感知。常规显示系统通过呈现具有同一虚拟对象的略微不同视图的两个不同图像190、200来模拟双目视差,其中每只眼睛210、220对应一个视图,这些视图

对应于被每只眼睛看成所需深度处的真实对象的虚拟对象的视图。这些图像提供双眼线索,用户的视觉系统可以解释该双眼线索以获得深度感知。

[0140] 继续参考图2,图像190、200与眼睛210、220在z轴上间隔开距离230。z轴平行于眼睛注视位于观看者正前方的光学无限远处的对象的观看者的光轴。图像190、200是平坦的并且与眼睛210、220保持固定距离。基于分别呈现给眼睛210、220的图像中的虚拟对象的略微不同的视图,眼睛可以自然地旋转,使得对象的图像落在每只眼睛的视网膜上的相应点上,以保持单一双眼视觉。该旋转可以使得每只眼睛210、220的视线会聚到虚拟对象被感知存在的空间点上。因此,提供三维图像通常涉及提供双眼线索,这些线索可以操纵用户眼睛210、220的聚散度,并且被人类视觉系统解释以提供深度感知。

[0141] 然而,产生逼真且舒适的深度感知是具有挑战性的。应当理解,来自与眼睛间隔不同距离的对象的光具有发散量不同的波前。图3A至图3C示出了距离和光线发散之间的关系。对象和眼睛210之间的距离按照距离减小的顺序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,其是该点离用户眼睛多远的函数。曲率随着对象和眼睛210之间的距离的减小而增加。虽然为了清楚地说明在图3A至图3C和本文的其它图中仅示出了单个眼睛210,但是关于眼睛210的讨论可以应用于观看者的眼睛210和220。

[0142] 继续参考图3A至图3C,来自观看者的眼睛注视的对象的光可具有不同程度的波前发散。由于波前发散量不同,光可通过眼睛的晶状体不同地聚焦,这反过来可能需要晶状体呈现不同的形状以在眼睛的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晶状体周围的睫状肌松弛或收缩,这样,调节施加到保持晶状体的悬韧带的力,使眼睛晶状体的形状改变,直到消除或最小化注视对象的视网膜模糊,从而在眼睛的视网膜(例如,中央凹)形成注视的对象的聚焦图像。眼睛的晶状体改变形状的过程可被称为调节,并且可以在眼睛的视网膜(例如,中央凹)上形成注视的对象的聚焦图像所需的眼睛晶状体形状被称为调节状态。

[0143] 现在参考图4A,其中示出了人类视觉系统的调节-聚散响应的表示。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,并且视网膜上的图像的相对位置可以提供聚散线索。调节线索导致调节发生,从而导致眼睛的晶状体各自呈现特定的调节状态,该状态在眼睛的视网膜(例如,中央凹)形成对象的聚焦图像。另一方面,聚散线索导致聚散运动(眼睛旋转)发生,使得在每只眼睛的每个视网膜上形成的图像处于保持单个双眼视觉的相应视网膜点处。在这些位置,可以认为眼睛已经处于特定的聚散状态。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,并且聚散可以被理解为眼睛实现特定聚散状态的过程。如图4A所示,如果用户注视另一对象,则眼睛的调节和聚散状态可以改变。例如,如果用户注视z轴上的不同深度处的新对象,则调节状态可以改变。

[0144] 不受理论的限制,可以认为对象的观看者可能由于聚散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聚散运动(例如,眼睛旋转,使得瞳孔朝向或远离彼此移动以使眼睛的视线通过会聚注视到对象)与眼睛晶状体的调节紧密相关。在

正常情况下,根据被称为“调节-聚散反射”的关系,改变眼睛晶状体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聚散的变化。同样,在正常条件下,聚散的变化将触发晶状体形状的匹配变化。

[0145] 现在参考图4B,其中示出了眼睛的不同调节和聚散状态的示例。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,每对眼睛的聚散状态是不同的,一对眼睛222a望向正前方,而一对眼睛222聚集在对象221上。形成每对眼睛222a和222b的眼睛的调节状态是也可以不同,如晶状体210a、220a的不同形状所示。

[0146] 但是,常规“3D”显示系统的许多用户发现这样的传统系统由于这些显示器中调节和聚散状态之间的失配而令人感到不舒服或者根本不能感知深度。如上所述,许多立体或“3D”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,因为它们仅提供场景的不同呈现并且引起眼睛聚散状态的改变,但是这些眼睛的调节状态未发生相应的变化。相反,图像由相对于眼睛的固定距离处的显示器示出,使得眼睛在单个调节状态下查看所有图像信息。这种安排通过在调节状态未发生匹配变化的情况下引起聚散状态改变来应对“调节-聚散反射”。这种失配被认为会引起观看者的不适。在调节和聚散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。

[0147] 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,可通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一个相对应的不同图像呈现来实现高度可信的感知深度模拟。在一些实施例中,不同的呈现可以同时提供聚散线索和匹配的调节线索,从而提供生理上正确的调节-聚散匹配。

[0148] 继续参考图4B,其中示出了两个深度平面240,这两个深度平面对应于相对于眼睛210、220的不同空间距离。对于给定深度平面240,可通过为每只眼睛210、220显示具有适当不同的视角的图像来提供聚散线索。此外,对于给定深度平面240,形成提供给每只眼睛210、220的图像的光可具有与该深度平面240的距离处的点所产生的光场对应的波前发散。

[0149] 在所实施实施例中,包含点221的深度平面240沿z轴的距离是1米。如本文所使用的,可以利用位于用户眼睛出射光瞳处的零点来测量沿z轴的距离或深度。因此,位于1米深度处的深度平面240对应于在这些眼睛的光轴上的距离用户眼睛出射光瞳1米的位置,其中眼睛看向光学无限远。作为近似,沿z轴的深度或距离可以从用户眼睛前方的显示器(例如,从波导的表面)测量,加上装置和用户眼睛出射光瞳之间的距离的值。该值可被称为良视距(eye relief)并且对应于用户眼睛出射光瞳(exit pupil)与用户在眼睛前方穿戴的显示器之间的距离。在实践中,良视距的值可以是一般用于所有观看者的标准化值。例如,可以假设良视距是20mm,并且深度为1米的深度平面可以在显示器前面980mm的距离处。

[0150] 现在参考图4C和图4D,其中分别示出了匹配的调节-聚散距离和失配的调节-聚散距离的示例。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。这些图像可以使眼睛210、220呈现聚散状态,在此状态下,眼睛会聚在深度平面240上的点15处。此外,图像可以由具有与该深度平面240处的真实对象相对应的波前曲率的光形成。结果,眼睛210、220呈现调节状态,在此状态下,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感知位于深度平面240上的点15处。

[0151] 应当理解,眼睛210、220的调节和聚散状态中的每一个与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得这些眼睛基于对象的距离呈现特定调节状态。与特定调节状态相关联的距离可被称为调节距离 A_d 。类似地,存在与特定聚散状态相关联的特定聚散距离 V_d 或相对于彼此的位置。在调节距离和聚散距离匹配的情况下,可以认为调节和聚散之间的关系在生理学上是正确的。这被认为是对于观看者最舒适的场景。

[0152] 然而,在立体显示器中,调节距离和聚散距离可能不总是匹配。例如,如图4D所示,显示给眼睛210、220的图像可通过对应于深度平面240的波前发散显示,并且眼睛210、220可以呈现特定调节状态,在此状态下,该深度平面上的点15a、15b聚焦。然而,显示给眼睛210、220的图像可以提供聚散线索,此线索导致眼睛210、220会聚在不位于深度平面240上的点15处。因此,在一些实施例中,调节距离对应于从眼睛210、220的出射光瞳到深度平面240的距离,而聚散距离对应于从眼睛210、220的出射光瞳到点15的较大距离。调节距离不同于聚散距离。因此,存在调节-聚散失配。这种失配被认为是不合需要的并且可能引起用户的不适。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。

[0153] 在一些实施例中,应当理解,可以使用眼睛210、220的出射光瞳之外的参考点确定距离,从而确定调节-聚散失配,只要相同的参考点用于调节距离和聚散距离即可。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)到深度平面的距离等等。

[0154] 不受理论的限制,可以认为用户仍然可以感知到在生理上正确的高达约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-聚散失配,其中失配本身不导致明显不适。在一些实施例中,本文公开的显示系统(例如,图6中的显示系统250)向观看者呈现具有约0.5屈光度或更小的调节-聚散失配的图像。在一些其他实施例中,由显示系统提供的图像的调节-聚散失配约为0.33屈光度或更小。在另外的实施例中,由显示系统提供的图像的调节-聚散失配约为0.25屈光度或更小(包括约0.1屈光度或更小)。

[0155] 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一些方面。显示系统包括波导270,波导270被配置为接收用图像信息编码的光770,并将该光输出到用户的眼睛210。波导270可以输出具有限定量的波前发散的光650,该波前发散与所需深度平面240上的点产生的光场的波前发散对应。在一些实施例中,为在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,将说明可以向用户的另一只眼睛提供来自类似波导的图像信息。

[0156] 在一些实施例中,单个波导可被配置为输出具有对应于单个或有限数量的深度平面的设定量波前发散的光,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深度平面提供不同量的波前发散和/或输出不同波长范围的光。如本文所使用的,应当理解,深度平面可以是平坦的,也可以遵循曲面的轮廓。

[0157] 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250包括一叠波导或堆叠波导组件260,其可用于使用多个波导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。

[0158] 在一些实施例中,显示系统250可被配置为提供基本连续的聚散线索和多个离散

的调节线索。聚散线索可通过向用户的每只眼睛显示不同的图像来提供,调节线索可通过输出形成图像的光来提供,该光具有可选的离散波前发散量。换言之,显示系统250可被配置为输出具有可变的波前发散水平的光。在一些实施例中,每个离散的波前发散水平对应于特定深度平面,并且可以由波导270、280、290、300、310中的特定一个提供。

[0159] 继续参考图6,波导组件260还可以包括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可以被配置为以不同水平的波前曲率或者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以被配置为输出对应于该深度平面的图像信息。图像注入设备360、370、380、390、400可以用于作用于波导的光源并且可以用于将图像信息注入波导270、280、290、300、310中,如本文所描述的,其中的每一个波导可以被配置为跨每个相应波导而分布入射光,用于朝向眼睛210输出。光离开图像注入设备360、370、380、390、400的输出表面410、420、430、440、450并且注入波导270、280、290、300、310的对应的输入表面460、470、480、490、500中。在一些实施例中,输入表面460、470、480、490、500中的每一个可以是对应的波导的边缘,或者可以是对应的波导的主要表面的一部分(即,直接面对世界510或者观察者的眼睛210的波导表面之一)。在一些实施例中,单个光束(例如,准直束)可以被注入每个波导中以输出克隆的准直束的整个场,该克隆的准直束以对应于与特定波导相关联的深度平面的特定角(和发散量)朝向眼睛210引导。在一些实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400中的单独一个可以与多个(例如,三个)波导270、280、290、300、310相关联并且将光注入多个(例如,三个)波导270、280、290、300、310中。

[0160] 在一些实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400是分立显示器,该分立显示器各自产生用于分别注入对应的波导270、280、290、300、310中的图像信息。在一些其他实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400是单个复用显示器的输出端,该单个复用显示器的输出端可以例如经由一个或多个光学导管(诸如光纤光缆)将图像信息输送到图像注入设备360、370、380、390、400中的每一个。将理解到,由图像注入设备360、370、380、390、400提供的图像信息可以包括不同的波长或者颜色(例如,不同的分量颜色,如本文所讨论的)的光。

[0161] 在一些实施例中,注入波导270、280、290、300、310的光由光投影系统520提供,光投影系统520包括光模块530,其可包括诸如发光二极管(LED)之类的光发射器。来自光模块530的光可以经由分束器550被光调制器540(例如,空间光调制器)引导和修改。光调制器540可被配置为改变注入波导270、280、290、300、310的光的感知强度以利用图像信息编码光。空间光调制器的示例包括液晶显示器(LCD),其包括硅基液晶(LCOS)显示器。在一些其他实施例中,空间光调制器可以MEMS装置,诸如数字光处理(DLP)装置。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路和位置,该公共投射系统被配置为将光输出到波导270、280、290、300、310中关联的一个。在一些实施例中,波导组件260的波导可以用作理想透镜,同时将注入波导的光传送到用户的眼睛。在该概念中,对象可以是空间光调制器540,并且图像可以是深度平面上的图像。

[0162] 在一些实施例中,显示系统250可以是扫描光纤显示器,包括被配置为以各种图案

(例如,光栅扫描、螺旋扫描、李萨茹(Lissajous)图案等)将光投影到一个或多个波导270、280、290、300、310中并且最终到观察者的眼睛310的一个或多个扫描光纤。在一些实施例中,所图示的图像注入设备360、370、380、390、400可以示意性地表示被配置为将光注入一个或多个波导270、280、290、300、310中的单个扫描光纤或一束扫描光纤。在一些其他实施例中,所图示的图像注入设备360、370、380、390、400可以示意性地表示多个扫描光纤或多束扫描光纤,其中的每一个被配置为将光注入波导270、280、290、300、310中的相关联的一个。将理解到,一个或多个光纤可以被配置为将光从光模块540传输到一个或多个波导270、280、290、300、310。将理解到,一个或多个中间光学结构可以在扫描光纤或光纤与一个或多个波导270、280、290、300、310之间提供,以例如将离开扫描光纤的光重引导到一个或多个波导270、280、290、300、310。

[0163] 控制器560控制堆叠波导组件260中的一个或多个的操作,包括图像注入设备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包括根据例如本文所公开的各种方案中的任一个的调控到波导270、280、290、300、310的图像信息的时序和提供的编程(例如,非暂态介质中的指令)。在一些实施例中,控制器可以是单个集成设备,或者由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9E)的一部分。

[0164] 继续参考图6,波导270、280、290、300、310可以被配置为通过全内反射(TIR)在每个相应波导内传播光。波导270、280、290、300、310可以各自是平面的或者具有另外的形状(例如,弯曲的),其具有主顶面和主底面以及在那些主顶面与主底面之间延伸的边缘。在所图示的配置中,波导270、280、290、300、310可以各自包括耦出(out-coupling)光学元件570、580、590、600、610,该耦出光学元件570、580、590、600、610被配置为通过重引导在每个相应波导内传播的光来将光提取出波导,以向眼睛210输出图像信息。提取的光还可以称为耦出光,并且耦出光学元件光还可以称为光提取光学元件。所提取的光束可以由波导在波导中传播的光撞击光提取光学元件的位置处输出。耦出光学元件570、580、590、600、610可以例如是包括衍射光学特征的光栅,如本文进一步讨论的。虽然图示被设置在波导270、280、290、300、310的底主表面处以便于描述和附图清晰,但是在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以设置在顶和/或底主表面处,和/或可以直接设置在波导270、280、290、300、310的体积中,如本文进一步讨论的。在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以在附接到透明衬底以形成波导270、280、290、300、310的材料层中形成。在一些其他实施例中,波导270、280、290、300、310可以是单片材料,并且耦出光学元件570、580、590、600、610可以在该片材料的表面上和/或内部中形成。

[0165] 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可以被配置为将准直光(其被注入这样的波导270中)递送给眼睛210。准直光可以代表光学无限远焦平面。下一向上波导(waveguide up)280可以被配置为发送出准直光,该准直光在其可以到达眼睛210之前通过第一透镜350(例如,负透镜);这样的第一透镜350可以被配置为产生轻微的凹波前曲率,使得眼睛/大脑将来自该下一向上波导280的光解释为来自从光学无限远朝向眼睛210向内更接近的第一焦平面。类似地,第三向上波导290使其输出光在到达眼睛210之前穿过第一透镜350和第二透镜340;第一透镜350和第二透镜340的组合屈光力可以被配置为产

生波前曲率的另一增加量,使得眼睛/大脑将来自第三波导290的光解释为来自第二焦平面的光,该来自第二焦平面的光从光学无限远向内比来自下一波导280的光更接近人。

[0166] 其他波导层300、310和透镜330、320类似地被配置,其中,该堆叠中的最高波导310通过其与眼睛之间的所有透镜发送其输出,用于代表到人的最近焦平面的总光焦度。为了补偿当观看/解释来自堆叠波导组件260的另一侧的世界510的光时透镜320、330、340、350的堆叠,补偿透镜层620可以被设置在堆叠的顶部以补偿下面透镜堆叠320、330、340、350的总光焦度。这样的配置提供与存在可用的波导/透镜配对一样多的焦平面。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面二者可以是静态的(即,非动态或电活性的)。在一些可选实施例中,一者或二者可以使用电活性特征是动态的。

[0167] 在一些实施例中,波导270、280、290、300、310中的两个或两个以上可以具有相同的相关联深度平面。例如,多个波导270、280、290、300、310可以被配置为将图像集输出给相同的深度平面,或者波导270、280、290、300、310的多个子集可以被配置为将图像集输出给相同的多个深度平面,其中,针对每个深度平面具有一个集。这可提供用于形成拼接图像以在那些深度平面处提供扩展视场的优点。

[0168] 继续参考图6,耦出光学元件570、580、590、600、610可以被配置为将光重引导到其相应波导之外并且以对于与波导相关联的特定深度平面的适当的发散或准直量输出该光。因此,具有不同的相关联的深度平面的波导可以具有耦出光学元件570、580、590、600、610的不同配置,其取决于相关联的深度平面,输出具有不同的发散量的光。在一些实施例中,光提取光学元件570、580、590、600、610可以是体积或者表面特征,其可以被配置为以特定角输出光。例如,光提取光学元件570、580、590、600、610可以是体积全息图、表面全息图和/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,其可以简单地是间隔器(例如,包层和/或用于形成空气间隙的结构)。

[0169] 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,或者“衍射光学元件”(在本文中还被称为“DOE”)。优选地,DOE具有足够低的衍射效率,使得光束的仅一部分利用DOE的每个相交(intersection)朝向眼睛210偏转离开,而剩余部分继续经由TIR移动通过波导。携带图像信息的光因此被分成在许多位置处离开波导的许多相关出射束,并且结果是针对在波导内到处反弹的该特定准直束的朝向眼睛210的出射发射的相当均匀的图案。

[0170] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以是在其主动地衍射的“开启”状态与其不显著地衍射的“关闭”状态之间可切换的。例如,可切换DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中,微滴包括主介质中的衍射图案,并且微滴的折射率可以被切换以基本上匹配主材料的折射率(在该情况下,图案未明显地衍射入射光)或者微滴可以被切换到不匹配主介质的折射率的折射率(在该情况下,图案主动地衍射入射光)。

[0171] 在一些实施例中,照相机组件630(例如,数字照相机,包括可见光和红外光照相机)可以被提供以捕获眼睛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,照相机可以是任何图像捕获设备。在一些实施例中,照相机组件630可以包括图像捕获设备和向眼睛投影光(例如,红外光)的光源,该光可以然后由眼睛反射并且由图像捕获设备检测。在一些实施例中,照相机组件630可以附接到框架或支撑结构80(图9E)并且可以与处理模块140和/或150电气通信,该处理模块140和/

或150可以处理来自照相机组件630的图像信息。在一些实施例中,可以针对每只眼睛利用一个照相机组件630,以单独监测每只眼睛。

[0172] 在一些实施例中,相机组件630可以观察用户的运动,例如用户的眼睛运动。作为示例,相机组件630可以捕获眼睛210的图像以确定眼睛210的瞳孔(或眼睛210的某一其他结构)的大小、位置和/或取向。如果需要,相机组件630可以获得(由本文所述类型的处理电路处理)用于确定用户正在注视的方向(例如,眼睛姿势或注视方向)的图像。在一些实施例中,相机组件630可包括多个相机,其中至少一个可用于每只眼睛,以独立地分别确定每只眼睛的眼睛姿势或注视方向。在一些实施例中,相机组件630可以与诸如控制器560或本地数据处理模块140之类的处理电路结合,基于来自相机组件630中包括的光源的反射光(例如,红外光)的闪烁(例如,反射)确定眼睛姿势或注视方向。

[0173] 现在参考图7,示出了由波导输出的出射束的示例。图示了一个波导,但是将理解到,在波导组件260包括多个波导的情况下,波导组件260(图6)中的其他波导可以类似地运行。光640在波导270的输入表面460处被注入波导270中并且通过TIR在波导270内传播。在光640入射在DOE 570上的点处,光的一部分离开波导作为出射束650。出射束650被图示为基本上平行的,但是如本文所讨论的,其还可以被重引导以以某个角度传播到眼睛210(例如,形成发散出射束),这取决于与波导270相关联的深度平面。将理解到,基本上平行出射束可以指示具有耦出光学元件的波导,该耦出光学元件耦出光以形成看起来设定在距眼睛210大距离(例如,光学无限远)的深度平面上的图像。其他波导或者其他耦出光学元件集可以输出更发散的出射束图案,该出射束图案将要求眼睛210调节到更近的距离以使其对焦于视网膜并且将由大脑解释为来自比光学无限远更接近于眼睛210的距离的光。

[0174] 在一些实施例中,全色图像可以通过重叠分量颜色(例如,三种或更多种分量颜色)中的每一个的图像在每个深度平面处形成。图8图示了每个深度平面包括使用多个不同的分量颜色形成的图像的堆叠波导组件的示例。所图示的实施例示出深度平面240a-240f,但是还考虑了更多或更少的深度。每个深度平面可以具有与其相关联的三个或更多个分量颜色图像,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。通过跟随字母G、R和B的针对屈光度(dpt)的不同的数字在附图中指示不同的深度平面。仅作为示例,跟随这些字母中的每一个的数字指示屈光度(1/m),或者深度平面距观察者的反距离,并且附图中的每个框表示单独的分量颜色图像。在一些实施例中,为了解释不同的波长的光的眼睛聚焦的差异,用于不同的颜色分量的深度平面的确切定位可以变化。例如,对于给定深度平面的不同的分量颜色图像可以被放置在对应用于距用户不同距离的深度平面上。这样的布置可以增加视觉灵敏度和用户舒适和/或可以减小色差。

[0175] 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,并且因此,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,包括字母G、R或B的图中的每个框可以被理解为表示单独波导,并且每深度平面可以提供三个波导,其中,每深度平面提供三种颜色分量图像。虽然与每个深度平面相关联的波导在该附图中被示出为彼此邻近,但是将理解到,在物理设备中,波导可以全部布置在每层具有一个波导的堆叠中。在一些其他实施例中,多种分量颜色可以由相同波导输出,使得例如,每深度平面可以仅提供单个波导。

[0176] 继续参考图8,在一些实施例中,G是绿色,R是红色,并且B是蓝色。在一些其他实施

例中,与光的其他波长相关联的其他颜色(包括品红和青色)可以另外使用或者可以替换红、绿或蓝中的一个或多个。

[0177] 将理解到,贯穿本公开对于光的给定颜色的引用将被理解为涵盖由观察者感知为具有该给定颜色的光的波长的范围内的一个或多个波长的光。例如,红光可以包括大约620-780nm的范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括大约492-577nm的范围内的一个或多个波长的光,并且蓝光可以包括大约435-493nm的范围内的一个或多个波长的光。

[0178] 在一些实施例中,光源530(图6)可以被配置为发射观察者的视觉感知范围之外的一个或多个波长的光,例如,红外和/或紫外波长。另外,显示器250的波导的耦入、耦出和其他光重引导结构可以被配置为朝向用户的眼睛210将该光引导并且发射到显示器之外,例如,用于成像和/或用户刺激应用。

[0179] 现在参考图9A,在一些实施例中,入射在波导上的光可能需要重引导以将该光耦入到波导中。耦入光学元件可以用于将光重引导并且耦入到其对应的波导中。图9A图示了各自包括耦入光学元件的多个堆叠波导或堆叠波导集660的示例的剖面侧视图。波导可以各自被配置为输出一个或多个不同波长或者一个或多个不同波长范围的光。将理解到,堆叠660可以对应于堆叠260(图6),并且堆叠660的所图示的波导可以对应于多个波导270、280、290、300、310的一部分,例外的是,来自图像注入设备360、370、380、390、400中的一个或多个的光从要求光重引导用于耦入的位置被注入到波导中。

[0180] 所图示的堆叠波导集660包括波导670、680和690。每个波导包括相关联的耦入光学元件(其还可以被称为波导上的光输入区),其中,例如,在波导670的主表面(例如,上主表面)上设置的耦入光学元件700、在波导680的主表面(例如,上主表面)上设置的耦入光学元件710,以及在波导690的主表面(例如,上主表面)上设置的耦入光学元件720。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720中的一个或多个可以被设置在相应波导670、680、690的底主表面上(特别地其中,一个或多个耦入光学元件是反射偏转光学元件)。如所图示的,耦入光学元件700、710、720可以被设置在其相应波导670、680、690的上主表面上(或在下一个下波导的顶部),特别地其中,那些耦入光学元件是透射偏转光学元件。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的本体中。在一些实施例中,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720是波长选择的,使得其选择性地重引导光的一个或多个波长,同时透射光的其他波长。虽然图示在其相应波导670、680、690的一个边或角上,但是将理解到,在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720可以设置在其相应波导670、680、690的其他区域中。

[0181] 如图所示,耦入光学元件700、710、720可以彼此横向偏移,如在所示的正视图中,沿着光传播到这些耦入光学元件的方向所见。在一些实施例中,每个耦入光学元件可以偏移,使得其在该光不穿过另一耦入光学元件的情况下接收光。例如,每个耦入光学元件700、710、720可以被配置为从如图6中所示的不同图像注入设备360、370、380、390和400接收光,并且可以与其他耦入光学元件700、710、720分离(例如,横向地隔开),使得其基本上不接收来自耦入光学元件700、710、720中的其他耦入光学元件的光。

[0182] 每个波导还包括相关联的光分布元件,其中,例如,在波导670的主表面(例如,顶主表面)上设置的光分布元件730、在波导680的主表面(例如,顶主表面)上设置的光分布元件740,以及在波导690的主表面(例如,顶主表面)上设置的光分布元件750。在一些其他实

施例中,光分布元件730、740、750可以分别设置在相关联的波导670、680、690的底主表面上。在一些其他实施例中,光分布元件730、740、750可以分别设置在相关联的波导670、680、690的顶和底主表面上;或者光分布元件730、740、750可以分别设置在不同的相关联的波导670、680、690中的顶和底主表面中的不同的主表面上。

[0183] 波导670、680、690可以通过例如气体、液体和/或固体材料层隔开并且分离。例如,如所示的,层760a可以将波导670和680分离;并且层760b可以将波导680和690分离。在一些实施例中,层760a和760b由低折射率材料(即,具有比形成波导670、680、690的直接相邻的一个波导的材料更低的折射率的材料)形成。优选地,形成层760a、760b的材料的折射率比形成波导670、680、690的材料的折射率小0.05或更多,或者0.10或更少。有利地,较低折射率层760a、760b可以用作包层,该包层利于通过波导670、680、690的光的全内反射(TIR)(例如,每个波导的顶主表面与底主表面之间的TIR)。在一些实施例中,层760a、760b由空气形成。虽然未图示,但是将理解到,所图示的波导集660的顶部和底部可以包括直接相邻的包层。

[0184] 优选地,为了便于制造和其他考虑,形成波导670、680、690的材料类似或者相同,并且形成层760a、760b的材料类似或者相同。在一些实施例中,形成波导670、680、690的材料可以在一个或多个波导之间是不同的,和/或形成层760a、760b的材料可以是不同的,同时仍然保持上文指出的各种折射率关系。

[0185] 继续参考图9A,光线770、780、790入射在波导集660上。将理解到,可以通过一个或多个图像注入设备360、370、380、390、400(图6)将光线770、780、790注入到波导670、680、690中。

[0186] 在一些实施例中,光线770、780、790具有不同的性质,例如,不同的波长或不同的波长范围,该不同的波长或不同的波长范围可以对应于不同的颜色。耦入光学元件700、710、720各自偏转入射光,使得光通过TIR传播通过波导670、680、690中的相应一个。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720各自选择性地偏转光的一个或多个特定波长,同时将其其他波长透射到底层波导和相关联的耦入光学元件。

[0187] 例如,耦入光学元件700可以被配置为使光线770偏转,该光线770具有第一波长或波长范围,同时透射分别具有不同的第二和第三波长或波长范围的光线780和790。透射光线780入射在耦入光学元件710上并且由耦入光学元件710偏转,该耦入光学元件710被配置为使第二波长或波长范围的光偏转。光线790由耦入光学元件720偏转,该耦入光学元件720被配置为选择性地使第三波长或波长范围的光偏转。

[0188] 继续参考图9A,偏转光线770、780、790被偏转,使得其传播通过对应的波导670、680、690;即,每个波导的耦入光学元件700、710、720使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以使得光通过TIR传播通过相应波导670、680、690的角度偏转。光线770、780、790通过TIR传播通过相应波导670、680、690,直到入射在波导的对应的光分布元件730、740、750上。

[0189] 现在参考图9B,图示了图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分别由耦入光学元件700、710、720偏转,并且然后通过TIR分别在波导670、680、690内传播。光线770、780、790然后分别入射在光分布元件730、740、750上。光分布元件730、740、750使光线770、780、790偏转,使得其分别朝向耦出光学元件800、810、820传播。

[0190] 在一些实施例中,光分布元件730、740、750是正交光瞳扩张器(OPE)。在一些实施例中,OPE使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,随着其传播到耦出光学元件还可以增加该光束或斑尺寸。在一些实施例中,光分布元件730、740、750可以省略并且耦入光学元件700、710、720可以被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可以分别用耦出光学元件800、810、820替换。在一些实施例中,耦出光学元件800、810、820是将光定向到观察者的眼睛210(图7)中的出射光瞳(EP)或出射光瞳扩张器(EPE)。将理解到,OPE可以被配置为在至少一个轴上增加眼盒(eye box)的尺寸,并且EPE可以在跨越(例如,正交于)OPE的轴的轴上增加眼盒。例如,每个OPE可以被配置为将入射OPE的光的一部分重引导到相同波导的EPE,通过允许光的剩余部分继续沿着波导向下传播。在再次入射在OPE上时,剩余光的另一部分被重引导到EPE,并且该部分的剩余部分继续沿着波导进一步向下传播等等。类似地,在入射EPE时,入射光的一部分朝向用户被引导离开波导,并且该部分的剩余部分继续传播通过波导,直到其再次入射EP,在那时,入射光的另一部分被引导离开波导,以此类推。因此,耦入光的单光束可以每次该光的一部分由OPE或EPE重引导时“复制”,从而形成克隆光束的场,如图6中所示。在一些实施例中,OPE和/或EPE可以被配置为修改光束的尺寸。

[0191] 因此,参考图9A和9B,在一些实施例中,波导集660包括波导670、680、690;耦入光学元件700、710、720;光分布元件(例如,OPE)730、740、750;以及用于每个分量颜色的耦出光学元件(例如,EPE)800、810、820。波导670、680、690可以以在每一个之间具有空隙/包层来堆叠。耦入光学元件700、710、720将入射光(其中,不同的耦入光学元件接收不同的波长的光)重引导或者偏转到其相应波导中。光然后以将导致相应波导670、680、690内的TIR的角度传播。在示出的示例中,光线770(例如,蓝光)以先前所描述的方式由第一耦入光学元件700偏转,并且然后继续沿波导向下反弹,与光分布元件(例如,OPE)730并且然后耦出光学元件(例如,EP)800相互作用。光线780和790(例如,分别地绿光和红光)将穿过波导670,其中,光线780入射在耦入光学元件710上并且由耦入光学元件710偏转。光线780然后经由TIR沿波导680向下反弹,继续到其光分布元件(例如,OPE)740并且然后耦出光学元件(例如,EP)810。最后,光线790(例如,红光)穿过波导690以撞在波导690的光耦入光学元件720上。光耦入光学元件720偏转光线790,使得光线通过TIR传播到光分布元件(例如,OPE)750,并且然后通过TIR传播到耦出光学元件(例如,EP)820。耦出光学元件820然后最后将光线790耦出到观察者,该观察者还从其他波导670、680接收耦出光。

[0192] 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。应当理解,该俯视图也被称为正视图,如沿着光朝着耦入光学元件800、810、820传播的方向所见;也就是说,该俯视图是其中图像光垂直于页面入射的波导的视图。如所图示的,波导670、680、690连同每个波导的相关联的光分布元件730、740、750和相关联的耦出光学元件800、810、820可以垂直地对准。然而,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720未垂直地对准;相反,耦入光学元件优选地是非重叠的(例如,横向隔开,如在自上而下视图中看到的)。如本文进一步讨论的,该非重叠空间布置利于在一对一基础上将来自不同的源的光注入到不同的波导中,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以被称为偏移光瞳系统,并且这些布置内的耦入光学元件可以对应于子光瞳。

[0193] 应当理解,空间重叠区域可具有它们区域的70%或更多、80%或更多、或90%或更多的横向重叠,如在俯视图所见。另一方面,如在俯视图所见,存在小于30%重叠、小于20%重叠或小于10%重叠的横向移位区域。在一些实施例中,横向移位区域没有重叠。

[0194] 图9D示出了多个堆叠波导的另一示例的俯视平面图。如图所示,波导670、680、690可以垂直对齐。然而,与图9C的配置相比,省略了单独的光分布元件730、740、750和关联的耦出光学元件800、810、820。取而代之的是,光分布元件和耦出光学元件有效地叠加并占据与俯视图看到的相同的区域。在一些实施例中,光分布元件(例如,OPE)可以设置在波导670、680、690的一个主表面上,而耦出光学元件(例如,EPE)可以设置在这些波导的另一主表面上。因此,每个波导670、680、690可具有叠加的光分布元件和耦出光学元件,分别统称为组合式OPE/EPE1281、1282、1283。有关这种组合式OPE/EPE的更多细节可以在2018年12月14日提交的美国申请号16/221,359中找到,该申请的全部公开内容在此纳入作为参考。耦入光学元件700、710、720分别将光耦入并引导到组合式OPE/EPE 1281、1282、1283。在一些实施例中,如图所示,耦入光学元件700、710、720可以横向移位(例如,如在所示的俯视图所见,它们横向间隔开)以具有移位的光瞳空间布置。与图9C的配置一样,这种横向移位的空间布置有助于将不同波长的光(例如,来自不同光源)一对一地注入不同的波导。

[0195] 图9E示出了其中可以集成本文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,其中图6示意性地更详细示出系统60的某些部件。例如,图6的波导组件260可以是显示器70的一部分。

[0196] 继续参考图9E,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可以连接到框架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。显示器70可包括一个或多个波导,例如波导270,其被配置为中继耦入的图像光以及将该图像光输出到用户90的眼睛。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声/可成形的声音控制)。显示系统60还可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/或可以允许与其他人(例如,与类似显示系统的其他用户)进行音频通信。麦克风还可被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还可包括一个或多个面向外的环境传感器112,其被配置为检测用户周围世界的对象、刺激物、人、动物、位置或其他方面。例如,环境传感器112可包括一个或多个相机,这些相机例如可以朝外定位,以捕获与用户90的一般视场的至少一部分类似的图像。在一些实施例中,显示系统还可包括外围传感器120a,其可以与框架80分离并且附接到用户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。

[0197] 继续参考图9E,显示器70通过通信链路130(例如通过有线引线或无线连接)可操作地连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可通过

通信链路120b(例如通过有线引线或无线连接)可操作地连接到本地处理和数据模块140。本地处理和数据模块140可包括硬件处理器,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处理、缓存和数据存储。可选地,本地处理和数据模块140可包括一个或多个中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、专用处理硬件等等。这些数据可包括a)通过传感器(其例如可以可操作地连接到框架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(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)可操作地连接到远程处理模块150和远程数据存储库160,使得这些远程模块150、160可操作地彼此相连,并且作为资源可用于本地处理和数据模块140。在一些实施例中,本地处理和数据模块140可包括图像捕获设备、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/或陀螺仪中的一个或多个。在一些其他实施例中,这些传感器中的一个或多个可以附接到框架80,或者可以是有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。

[0198] 继续参考图9E,在一些实施例中,远程处理模块150可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)、专用处理硬件等等。在一些实施例中,远程数据存储库160可包括数字数据存储设施,该设施可通过因特网或“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,例如用于生成虚拟内容的信息。在一些实施例中,所有数据都被存储,所有计算都在本地处理和数据模块中执行,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)可以执行至少一部分处理器(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向模块140、150、160提供信息,以及从这些模块接收信息。

[0199] 图10示出了具有光投影系统910的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统910具有空间光调制器930和单独的光源940。光源940可包括一个或多个光发射器并且照射空间光调制器(SLM) 930。透镜结构960可用于将来自光源940的光聚焦到SLM 930上。分束器(例如,偏振分束器(PBS)) 950将来自光源940的光反射到空间光调制器930,空间光调制器930反射并调制该光。反射的调制光,也称为图像光,然后传播通过分束器950到达目镜920。另一种透镜结构,投影光学器件970,可用于将图像光会聚或聚焦到目镜920上。目镜920可包括将调制信号传递到眼睛210的一个或多个波导。

[0200] 如本文所述,单独的光源940和关联的透镜结构960可能不合需要地增加可穿戴显示系统的重量和尺寸。这会降低显示系统的舒适度,特别是对于长时间穿戴显示系统的用户而言。

[0201] 此外,结合SLM 930的光源940可能低效地消耗能量。例如,光源940照射整个SLM 930。然后SLM 930选择性地将光反射到目镜920。因此,并非由光源940产生的所有光都用于形成图像;该光中的一些,例如对应于图像的暗区的光,没有被反射到目镜920。因此,光源940利用能量来产生光以照射整个SLM 930,但仅需要该光的一小部分来形成一些图像。

[0202] 此外,如本文所述,在一些情况下,SLM 930可以使用微镜来调制光以选择性地反射入射光,或者使用液晶分子,这些液晶分子改变从下面的反射镜反射的光量。因此,这些装置需要光学元件(例如,微镜或液晶分子,例如分别在LCoS或DLP面板中)的物理移动,以便调制来自光源940的光。与例如“接通”或“关断”LED或OLED的能力相比,调制光以使用图像信息(例如,对应于像素)对光进行编码所需的物理移动以相对较慢的速度发生。这种相对较慢的移动可能限制显示系统的帧速率,并且可能会以例如移动模糊、色散和/或与用户头部姿势或所述姿势变化不匹配的呈现图像的形式出现。

[0203] 有利地,本文所公开的利用发光微显示器的可穿戴显示器可以促进具有相对低的重量和体积、高能量效率和高帧速率,并且具有低移动模糊和低动显延迟的可穿戴显示系统。在2018年12月28日提交的美国临时申请号62/786199中进一步讨论了低模糊和低运动到光子延迟(motion-to-photon latency),该专利申请的全部公开内容在此纳入作为参考。此外,与扫描光纤显示器相比,发光微显示器可以避免因使用相干光源而造成的伪影。

[0204] 现在参考图11A,其中示出了具有光投影系统1010的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统1010具有多个发光微显示器1030a、1030b、1030c。来自微显示器1030a、1030b、1030c的光由光学组合器1050组合并被导向目镜1020,目镜1020将光传递到用户的眼睛210。可以在光学组合器1050和目镜1020之间设置投影光学器件1070。在一些实施例中,目镜1020可以是包括一个或多个波导的波导组件。在一些实施例中,光投影系统1010和目镜1020可以由框架80(图9E)支撑(例如,附接到框架80)。

[0205] 在一些实施例中,微显示器1030a、1030b、1030c可以是单色微显示器,每个单色微显示器输出不同分量颜色的光以提供单色图像。如本文所讨论的,单色图像通过组合来形成全彩图像。

[0206] 在一些其他实施例中,微显示器1030a、1030b、1030c可以分别为全彩显示器,其被配置为输出所有分量颜色的光。例如,微显示器1030a、1030b、1030c分别包括红色、绿色和蓝色光发射器。微显示器1030a、1030b、1030c可以是相同的并且可以显示相同的图像。然而,利用多个微显示器可以提供增加图像亮度和动态范围的优势,具体是通过组合来自多个微显示器的光以形成单个图像。在一些实施例中,可以使用两个或更多个(例如,三个)微显示器,其中光学组合器1050被配置为组合来自所有这些微显示器的光。

[0207] 微显示器可包括光发射器阵列。光发射器的示例包括有机发光二极管(OLED)和微型发光二极管(微型LED)。应当理解,OLED利用有机材料发光,而微型LED利用无机材料发光。有利地,一些微型LED提供比OLED更高的亮度和更高的效率(以lux/W计)。在一些实施例中,微显示器优选地是发光微型LED显示器。

[0208] 继续参考图11A,微显示器1030a、1030b、1030c可以分别被配置为发射图像光1032a、1032b、1032c。在微显示器是单色微显示器的情况下,图像光1032a、1032b、1032c可分别具有不同的分量颜色。光学组合器1050接收图像光1032a、1032b、1032c并且有效地组合这些光,使得光通常在相同方向上传播,例如朝着投影光学器件1070。在一些实施例中,光学组合器1050可以是二向色X-立方体棱镜,其具有将图像光1032a、1032b、1032c重定向到投影光学器件1070的反射内表面。应当理解,投影光学器件1070可以是包括一个或多个透镜的透镜结构,这些透镜将图像光会聚或聚焦到目镜1020上。目镜1020然后将图像光1032a、1032b、1032c中继到眼睛210。

[0209] 在一些实施例中,目镜1020可包括多个堆叠波导1020a、1020b、1020c,每个堆叠波导具有各自的耦入光学元件1022a、1022b、1022c。在一些实施例中,波导数量与微显示器1030a、1030b、1030c提供的分量颜色数量成正比。例如,在存在三种分量颜色的情况下,目镜1020中的波导数量可包括一组或多组波导,每组包括三个波导。在一些实施例中,每组可以输出具有对应于特定深度平面的波前发散的光,如本文所讨论的。应当理解,波导1020a、1020b、1020c和耦入光学元件1022a、1022b、1022c可以分别对应于图9A至图9C的波导670、680、690和耦入光学元件700、710、720。从投影光学器件1070来看,耦入光学元件1022a、1022b、1022c可以横向移位,使其如在该视图所见至少部分地不重叠。

[0210] 如图所示,本文公开的各种耦入光学元件(例如,耦入光学元件1022a、1022b、1022c)可以设置在关联波导(例如,分别为波导1020a、1020b、1020c)的主表面上。此外,还如图所示,其上设置给定耦入光学元件的主表面可以是波导的后表面。在这样的配置中,耦入光学元件可以是反射光重定向元件,其通过以支持TIR的角度反射光通过关联的波导来耦入光。在一些其他配置中,耦入光学元件可以设置在波导的前表面上(比后表面更靠近投影光学器件1070)。在这样的配置中,耦入光学元件可以是透射光重定向元件,其通过在光透射通过耦入光学元件时改变光的传播方向来耦入光。应当理解,本文公开的任何耦入光学元件可以是反射或透射耦入光学元件。

[0211] 继续参考图11A,来自不同的微显示器1030a、1030b、1030c的图像光1032a、1032b、1032c可通过不同路径到达目镜1020,使其照射在不同的耦入光学元件上1022a、1022b、1022c上。在图像光1032a、1032b、1032c包括不同分量颜色的光的情况下,关联的耦入光学元件1022a、1022b、1022c可被分别配置为选择性地耦入不同波长的光,如以上关于例如图9A至图9C的耦入光学元件700、710、720所讨论的。

[0212] 继续参考图11A,光学组合器1050可被配置为重定向由微显示器1030a、1030b、1030c发射的图像光1032a、1032b、1032c,使得图像光沿着不同的光路传播,在以便照射在耦入光学元件1022a、1022b、1022c中的适当的一个关联耦入光学元件上。因此,就图像光从光学组合器1050的公共面输出的意义而言,光学组合器1050组合图像光1032a、1032b、1032c,尽管光可以沿着稍微不同的方向离开光学组合器。例如,X-立方体棱镜的反射内表面1052、1054可以分别成角度以将图像光1032a、1032b、1032c沿着不同的路径引导到目镜1020。结果,图像光1032a、1032b、1032c可以入射到耦入光学元件1022a、1022b、1022c中不同的关联耦入光学元件上。在一些实施例中,微显示器1030a、1030b、1030c可以相对于X-立方体棱镜的反射内表面1052、1054适当地成角度,以提供到耦入光学元件1022a、1022b、1022c的期望光路。例如,微显示器1030a、1030b、1030c中的一个或多个的面可以倾斜以匹配光学组合器1050的面,使得由微显示器发射的图像光以适当的角度入射到反射内表面1052、1054上,从而朝着关联的耦入光学元件1022a、1022b或1022c传播。应当理解,除了立方体之外,光学组合器1050还可以采取各种其他多面体的形式。例如,光学组合器1050可采取其中至少两个面不是正方形的直角棱镜的形状。

[0213] 继续参考图11A,在一些实施例中,与输出面1051直接相对的单色微显示器1030b可以有利地输出绿色光。应当理解,当反射来自微显示器的光时,反射表面1052、1054可能具有光学损耗。此外,人眼对绿色最为敏感。因此,与输出面1051相对的单色微显示器1030b优选地输出绿色光,使得绿色光可以直接穿过光学组合器1050而无需通过反射从光学组合

器1050输出。然而应当理解,在一些其他实施例中,绿色单色微显示器可以面向光学组合器1050的其他表面。

[0214] 如本文所讨论的,在一些实施例中,可以利用时分复用来实现用户对全彩图像的感知。例如,可以在不同时间激活不同的发光微显示器1030a、1030b、1030c以产生不同的分量颜色图像。在这样的实施例中,可以足够快地顺序显示形成单个全彩图像的不同分量颜色图像,使得人类视觉系统无法感觉到分量颜色图像在不同的时间显示;即,可以在足够短的持续时间内显示形成单个全彩图像的全部不同分量颜色图像,使得用户将这些分量颜色图像感知为同时呈现,而不是在不同的时间呈现。例如,应当理解,人类视觉系统可具有闪烁融合阈值。闪烁融合阈值可以理解为人类视觉系统无法区分在不同时间呈现的图像的持续时间。在该持续时间内呈现的图像被融合或组合,因此,可被用户感知为同时呈现。不合并图像间的时间间隔在该持续时间之外的闪烁图像,并且图像的闪烁是可察觉的。在一些实施例中,持续时间为1/60秒或更短,这对应于60Hz或更高的帧速率。优选地,以等于或高于用户的闪烁融合阈值持续时间的帧速率向用户提供面向任何单眼的图像帧。例如,用于左眼或右眼目镜中的每一个的帧速率可以是60Hz或更高,或者120Hz或更高;因此,在一些实施例中,由光投影系统1010提供的帧速率可以是120Hz或更高,或者240Hz或更高。

[0215] 应当理解,时分复用可以有利地减少用于形成显示图像的处理器(例如,图形处理器)上的计算负载。在一些其他实施例中,例如在具有足够可用的计算资源的情况下,可以由微显示器1030a、1030b、1030c同时显示形成全彩图像的所有分量颜色图像。

[0216] 如本文所讨论的,微显示器1030a、1030b、1030c可分别包括光发射器阵列。图11B示出了光发射器1044的阵列1042的示例。在关联的微显示器是单色微显示器的情况下,光发射器1044可以全部被配置为发射相同颜色的光。

[0217] 在关联的微显示器是全彩微显示器的情况下,不同的光发射器1044可被配置为发射不同颜色的光。在这样的实施例中,光发射器1044可被视为子像素并且可以成组地布置,其中每组具有至少一个被配置为发射每种分量颜色的光的光发射器。例如,在分量颜色为红色、绿色和蓝色的情况下,每组可具有至少一个红色子像素、至少一个绿色子像素和至少一个蓝色子像素。

[0218] 应当理解,虽然为了便于说明,光发射器1044被示为以网格图案布置,但是光发射器1044可具有其他规则重复的空间布置。例如,不同分量颜色的光发射器的数量可以变化,光发射器的尺寸可以变化,光发射器的形状和/或光发射器组呈现的形状可以变化等等。

[0219] 继续参考图11B,应当理解,微发射器1044发射光。此外,诸如光刻或其他图案化和处理限制之类的制造约束,和/或电气约束可能限制相邻光发射器1044间隔紧密度。因此,可能存在围绕光发射器1044的区域1045,在该区域内形成其他光发射器1044是不切实际的。该区域1045形成光发射器1044之间的发射器间区域。在一些实施例中,考虑到区域1045,光发射器具有例如小于10 μm 、小于8 μm 、小于6 μm 、或小于5 μm 以及大于1 μm (包括1至5 μm)的间距,以及2 μm 或更小、1.7 μm 或更小,或1.3 μm 或更小的发射器尺寸。在一些实施例中,发射器尺寸在具有上述尺寸的上限和1 μm 的下限的范围内。在一些实施例中,发射器尺寸与间距的比率为1:1至1:5、1:2至1:4或1:2至1:3。

[0220] 应当理解,在给定一些光发射器装置架构和材料的情况下,电流拥挤可能会降低发射器的效率,并且像素下垂可导致像素的无意激活(例如,由于引导到一个光发射器的能

量渗入相邻的光发射器)。因此,相对大的区域1045可有益地减少电流拥挤和像素下垂。在一些实施例中,发射器尺寸与间距的比率优选地为1:2至1:4,或1:2至1:3。

[0221] 然而,还应当理解,光发射器之间的大间隔(例如,小的光发射器与间距比)可能不合需要地导致光发射器之间的可见间隙或暗区。即使当发生本文所讨论的横向平移时,一些间隙仍然可见,具体取决于原始间隙尺寸、平移距离以及所使用的子帧数量(以及产生的平移增量)。在一些实施例中,可以利用诸如光准直器之类的透镜结构来有效填充或部分填充这些暗区。例如,光准直透镜可在光发射器1044上和周围延伸,使得来自发射器1044的光完全充满透镜。例如,光准直透镜的宽度可大于光发射器1044,并且在一些实施例中,准直透镜的宽度可约等于间距。因此,发射器1044的尺寸被有效增加以跨透镜区域延伸,从而填充区域1045的部分或全部。在一些其他实施例中,准直透镜的宽度可以约等于如本文所讨论的投影系统针对每个子帧平移的距离。诸如光准直器之类的透镜结构将在本文中进一步讨论(例如,在图30A和相关讨论中)。

[0222] 如本文所讨论的,光发射器1044可以是OLED或微型LED。应当理解,OLED可以利用例如设置在电极之间来发光的有机材料层。微型LED可以利用无机材料,例如III-V族材料,如用于发光的GaAs、GaN和/或GaIn。GaN材料的示例包括InGaN,其在一些实施例中可用于形成蓝色光或绿色光发射器。GaIn材料的示例包括AlGaInP,其在一些实施例中可用于形成红色光发射器。在一些实施例中,光发射器1044可以发射具有初始颜色的光,该初始颜色可使用磷光体材料或量子点转换为其他期望的颜色。例如,光发射器可以发射蓝色光,该蓝色光激发磷光体材料或量子点,将蓝色光波长的光转换为绿色或红色光波长。

[0223] 现在参考图12,其示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的另一示例,该光投影系统具有多个发光微显示器1030a、1030b、1030c。所示的显示系统类似于图11A的显示系统,不同之处在于光学组合器1050具有标准的X-立方体棱镜配置并且包括用于改变光在X-立方体棱镜的反射表面1052、1054上的入射角的光重定向结构1080a和1080c。应当理解,标准的X-立方体棱镜配置将接收垂直于X-立方体的面的光,并将该光重定向45°,使其以法线角度从X-立方体的横向面输出。然而,这会导致图像光1032a、1032b、1032c入射到目镜1020的同一耦入光学元件上。为了为图像光1032a、1032b、1032c提供不同路径,使得图像光入射到波导组件的耦入光学元件1022a、1022b、1022c中的关联耦入光学元件上,可以利用光重定向结构1080a、1080c。

[0224] 在一些实施例中,光重定向结构1080a、1080c可以是透镜结构。应当理解,透镜结构可被配置为接收入射光并且以一定角度重定向入射光,使得光从反射表面1052、1054中的相应一个反射并沿着光路传播到耦入光学元件1022a、1022c中的相应一个。作为示例,光重定向结构1080a、1080c可包括微透镜、纳米透镜、反射阱、超表面(metasurfaces)和液晶光栅。在一些实施例中,微透镜、纳米透镜、反射阱、超表面和液晶光栅可以布置成阵列。例如,微显示器1030a、1030c的每个光发射器可以匹配一个微透镜。在一些实施例中,为了沿特定方向重定向光,微透镜或反射阱可以不对称和/或光发射器可以相对于微透镜偏心地设置。此外,在一些实施例中,光重定向结构1080a、1080c可以是准直器,其使关联的光发射器的角发射分布变窄,以增加最终耦入目镜1020的光量。关于这种光重定向结构1080a、1080c的进一步细节在下面关于图24A至图27C讨论。

[0225] 现在参考图13A,在一些实施例中,耦入光学元件1022a、1022b、1022c中的两个或

更多个可以重叠(例如,如在正视图中,沿着光传播到耦入光学元件1022a、1022b、1022c的方向所见)。图13A示出了具有光投影系统1010的可穿戴显示系统的侧视图的示例,该光投影系统1010具有多个发光微显示器1032a、1032b、1032c和目镜1020,目镜1020具有重叠的光耦入光学元件1022a、1022c和不重叠的光耦入光学元件1022b。如图所示,耦入光学元件1022a、1022c重叠,而耦入光学元件1022b横向移位。换句话说,耦入光学元件1022a、1022c直接对准图像光1032a、1032c的路径,而图像光1032b沿着另一路径到达目镜1020,使其入射到的目镜1020的区域相对于图像光1032a、1032c入射到的区域横向移位。

[0226] 如图所示,图像光1032b和图像光1032a、1032c的路径之间的差异可以使用光重定向结构1080a、1080c建立。在一些实施例中,来自发光微显示器1030b的图像光1032b直接穿过光学组合器1052。来自发光微显示器1032a的图像光1032a被光重定向结构1080a重定向,使其从反射表面1054反射并沿着与图像光1032c相同的方向传播出光学组合器1050。应当理解,来自发光微显示器1032c的图像光1032c被光重定向结构1080c重定向,使其以一定角度从反射表面1052反射,使得图像光1032c沿着与图像光1032b相同的方向传播出光学组合器1050。因此,光重定向结构1080a、1080c对光的重定向以及反射表面1052、1054的角度被配置为提供公共路径,以便图像光1032a、1032c离开光学组合器1050,该公共路径不同于图像光1032b的路径。在一些其他实施例中,可省略光重定向结构1080a、1080c中的一个或全部两个,且光学组合器1050中的反射表面1052、1054可被配置为沿着适当的相应方向反射图像光1032a、1032c,使得图像光离开光组合器1050,并且沿着不同于图像光1032b的方向的相同方向传播。这样,在传播通过投影光学器件1070之后,图像光1032a、1032c从一个出射光瞳出射,而图像光1032b从另一出射光瞳出射。在该配置中,光投影系统1010可被称为双光瞳投影系统。

[0227] 在一些实施例中,光投影系统1010可具有单个输出光瞳并且可被称为单光瞳投影系统。在这样的实施例中,光投影系统1010可被配置为将图像光1032a、1032b、1032c引导到目镜1020的单个公共区域上。这样的配置在图13B中示出,该图示出了具有光投影系统1010的可穿戴显示系统,该光投影系统1010具有多个发光微显示器1030a、1030b、1030c,这些微显示器被配置为将光引导到目镜1020的单个光耦入区域。在一些实施例中,如本文进一步讨论的,目镜1020可包括具有重叠光耦入光学元件的波导堆叠。在一些其他实施例中,单个光耦入光学元件可被配置为将所有分量颜色的光耦入单个波导。图13B的显示系统类似于图13A的显示系统,不同之处在于省略了光重定向结构1080a、1080c,并且使用了耦入光学元件1122a和关联的波导1020a。如图所示,耦入光学元件1122a将图像光1032a、1032b、1032c中的每一个耦入波导1020a,然后波导1020a将图像光传递到眼睛210。在一些实施例中,耦入光学元件1122a可包括衍射光栅。在一些实施例中,耦入光学元件1122a是超表面和/或液晶光栅。

[0228] 如本文所讨论的,在一些实施例中,发光微显示器1030a、1030b、1030c可以是配置为发射不同颜色的光的单色微显示器。在一些实施例中,发光微显示器1030a、1030b、1030c中的一个或多个可具有多组光发射器,这些光发射器被配置为发射两个或更多个但不是全部分量颜色的光。例如,单个发光微显示器可具有多组光发射器,每组的至少一个光发射器被配置为发射蓝色光,每组的至少一个光发射器被配置为发射绿色光,并且X-立方体1050的不同面上的单独的发光微显示器可具有被配置为发射红色光的光发射器。在一些

其他实施例中,发光微显示器1030a、1030b、1030c可分别为全彩显示器,每个全彩显示器具有所有分量颜色的光发射器。如此处所述,利用多个类似的微显示器可提供增加动态范围和显示亮度等优势。

[0229] 在一些实施例中,可以使用单个全彩发光微显示器。图14示出了具有单个发光微显示器1030b的可穿戴显示系统的示例。图14的可穿戴显示系统类似于图14的可穿戴显示系统,不同之处在于单个发光微显示器1030b是被配置为发射所有分量颜色的光的全彩微显示器。如图所示,微显示器1030b发射每种分量颜色的图像光1032a、1032b、1032c。在这样的实施例中,可以省略光学组合器1050(图13B),相对于具有光学组合器的系统而言,这样可有利地减小可穿戴显示系统的重量和尺寸。

[0230] 如上所述,目镜1020的耦入光学元件可以采取各种配置。下面关于图15至图23C讨论目镜1020的配置的一些示例。

[0231] 图15示出了具有波导1020a、1020b、1020c的堆叠的目镜1020的示例的侧视图,这些波导分别具有重叠的耦入光学元件1022a、1022b、1022c。应当理解,所示的波导堆叠可用来代替图13B和图14所示的单个波导1020a。如本文所讨论的,耦入光学元件1022a、1022b、1022c中的每一个被配置为耦入具有特定颜色的光(例如,特定波长或波长范围的光)。在所示的目镜1020的取向(其中图像光沿页面垂直向下朝着目镜1020传播)中,耦入光学元件1022a、1022b、1022c彼此垂直对齐(例如,沿着平行于图像光1032a、1032b、1032c的传播方向的轴),使其在空间上彼此重叠,如在俯视图所见(该俯视图为正视图,如沿着图像光1032a、1032b、1032c传播到耦入光学元件的方向所见)。

[0232] 继续参考图15,如本文所讨论的,投影系统1010(图13、图14)被配置为通过投影系统的单个光瞳输出第一单色图像、第二单色图像和第三单色图像(例如,红色、绿色和蓝色图像),这些单色图像分别由图像光1032a、1032b、1032c形成。耦入光学元件1022c被配置为将用于第一颜色图像的图像光1032c耦入波导1020c,使其通过波导1020c的上部主表面和底部主表面上的多次全内反射传播通过波导1020c,耦入光学元件1022b被配置为将用于第二颜色图像的图像光1032b耦入波导1020b,使其通过波导1020b的上部主表面和底部主表面上的多次全内反射传播通过波导1020b,并且耦入光学元件1022a被配置为将用于第三颜色图像的图像光1032a耦入波导1020a,使其通过波导1020a的上部主表面和底部主表面上的多次全内反射传播通过波导1020a。

[0233] 如本文所讨论的,耦入光学元件1022c优选地被配置为将对应于第一颜色图像的基本所有入射光1032c耦入关联的波导1020c,同时允许分别对应于第二颜色图像和第三颜色图像的基本所有入射光1032b、1032a在不耦入的情况下透射。类似地,耦入光学元件1022b优选地被配置为将对应于第二颜色图像的基本所有入射图像光1032b耦入关联的波导1020b,同时允许对应于第三颜色图像的基本所有入射光在不耦入的情况下透射。

[0234] 应当理解,在实践中,各种耦入光学元件不具有完美的选择性。例如,图像光1032b、1032a中的一些可能不合需要地被耦入光学元件1022c耦入波导1020c;并且入射图像光1032a中的一些可能不合需要地被耦入光学元件1022b耦入波导1020b。此外,图像光1032c中的一些可以透射通过耦入光学元件1022c,并且分别由耦入光学元件1020b和/或1020a耦入波导1020b和/或1020a。类似地,图像光1032b中的一些可以透射通过耦入光学元件1022b,并且由耦入光学元件1022a耦入波导1020a。

[0235] 用于颜色图像的图像光耦合入非预期的波导可导致不希望的光学效应,例如串扰和/或重影。例如,用于第一颜色图像的图像光1032c耦合入非预期的波导1020b和/或1020a可导致第一颜色图像、第二颜色图像和/或第三颜色图像之间不希望的串扰;和/或可导致不希望的重影。作为另一示例,用于第二或第三颜色图像的图像光1032b、1032a分别耦合入非预期波导1020c可导致第一颜色图像、第二颜色图像和/或第三颜色图像之间不希望的串扰;和/或可导致不希望的重影。在一些实施例中,可通过提供滤色器(例如,吸收性滤色器)来减轻这些不希望的光学效应,滤色器可以减少耦合入非预期波导的入射光量。

[0236] 图16示出了波导堆叠的示例的侧视图,该波导堆叠具有用于减轻波导之间的重影或串扰的滤色器。图16的目镜1020类似于图15的目镜,不同之处在于存在滤色器1024c、1024b和1028、1026中的一个或多个。滤色器1024c、1024b被配置为减少无意中分别耦合入波导1020b和1020a的光量。滤色器1028、1026被配置为减少分别通过波导1020b、1020c传播的无意中耦合入的图像光量。

[0237] 继续参考图16,设置在波导1020c的上下主表面上的一对滤色器1026可被配置为吸收已经无意中耦合入波导1020c的图像光1032a、1032b。在一些实施例中,设置在波导1020c和1020b之间的滤色器1024c被配置为吸收透射通过耦合入光学元件1022c而未被耦合入的图像光1032c。设置在波导1020b的上下主表面上的一对滤色器1028被配置为吸收耦合入波导1020b的图像光1032a。设置在波导1020b和1020a之间的滤色器1024b被配置为吸收透射通过耦合入光学元件710的图像光1032b。

[0238] 在一些实施例中,波导1020c的每个主表面上的滤色器1026是相似的并且被配置为吸收图像光1032a、1032b两者的波长的光。在一些其他实施例中,波导1020c的一个主表面上的滤色器1026可被配置为吸收图像光1032a的颜色的光,而另一主表面上的滤色器可被配置为吸收图像光1032b的颜色的光。在任一布置中,滤色器1026可被配置为选择性地吸收通过全内反射传播通过波导1020c的图像光1032a、1032b。例如,在图像光1032a、1032b经由TIR反弹离开波导1020c的主表面时,图像光1032a、1032b接触这些主表面上的滤色器1026并且该图像光的一部分被吸收。优选地,由于滤色器1026对图像光1032a、1032b的选择性吸收,耦合入的图像光1032c经由TIR传播通过波导1020c不会受到明显影响。

[0239] 类似地,多个滤色器1028可被配置为吸收性滤色器,其吸收通过全内反射传播通过波导1020b的耦合入图像光1032a。在图像光1032a经由TIR反弹离开波导1020b的主表面时,图像光1032a接触这些主表面上的滤色器1028并且该图像光的一部分被吸收。优选地,图像光1032a的吸收是选择性的,不影响也经由TIR传播通过波导1020b的耦合入图像光1032b的传播。

[0240] 继续参考图16,滤色器1024c和1024b也可被配置为吸收性滤色器。滤色器1024c可以对图像光1032a、1032b的颜色的光基本透明,使得图像光1032a、1032b几乎没有衰减地透射通过滤色器1024c,而图像光1032c的颜色的光被选择性吸收。类似地,滤色器1024b可以对图像光1032a的颜色的光基本透明,使得入射图像光1032a几乎没有衰减地透射通过滤色器1024b,而图像光1032b的颜色的光被选择性吸收。如图16所示,滤色器1024c可以设置在波导1020b的主表面(例如,上主表面)上。或者,滤色器1024c可以设置在位于波导1020c和1020b之间的单独基板上。同样,滤色器1024b可以设置在波导1020a的主表面(例如,上主表面)上。或者,滤色器1024b可以设置在位于波导1020b和1020a之间的单独基板上。应当理

解,滤色器1024c和1024b可以与输出图像光1032a、1032b、1032c的投影仪的单个光瞳垂直对齐(在图像光1032a、1032b、1032c垂直传播到波导堆叠1020的方向上,如图所示)。

[0241] 在一些实施例中,滤色器1026和1028可具有小于约10% (例如,小于或等于约5%,小于或等于约2%,并且大于约1%)的单通衰减因子,以避免显著不希望地吸收传播通过波导1020c、1020b的厚度的光(例如,从周围环境和/或其他波导传播通过波导1020c、1020b的图像光1032a、1032b的颜色的光)。滤色器1024c和1024b的各种实施例可被配置为针对要透射的波长具有低衰减因子,并且针对要吸收的波长具有高衰减因子。例如,在一些实施例中,滤色器1024c可被配置为透射大于80%、大于90%或大于95%的具有图像光1032a、1032b的颜色的入射光,并且吸收大于80%、大于90%或大于95%的具有图像光1032a的颜色的入射光。类似地,滤色器1024b可被配置为透射大于80%、大于90%或大于95%的具有图像光1032a的颜色的入射光,并且吸收大于80%、大于90%、或大于95%的具有图像光1032b的颜色的入射光。

[0242] 在一些实施例中,滤色器1026、1028、1024c、1024b可包括沉积在波导1020c、1020b和/或1020a的一个或两个表面上的颜色选择性吸收材料的层。颜色选择性吸收材料可包括染料、墨水或其他吸收光的材料,例如金属、半导体和电介质。在一些实施例中,诸如金属、半导体和电介质之类的材料的吸收可通过利用这些材料形成亚波长光栅(例如,不衍射光的光栅)而具有颜色选择性。光栅可以由等离子体(例如,金、银和铝)或半导体(例如,硅、非晶硅和锗)制成。

[0243] 颜色选择性材料可以使用各种沉积方法沉积在基板上。例如,颜色选择性吸收材料可以使用喷射沉积技术(例如,喷墨沉积)沉积在基板上。喷墨沉积有助于沉积薄薄的颜色选择性吸收材料层。因为喷墨沉积允许沉积被定位在基板的选定区域上,所以喷墨沉积提供对颜色选择性吸收材料层的厚度和组成的高度控制,其中包括跨基板提供不均匀的厚度和/或组成。在一些实施例中,使用喷墨沉积而沉积的颜色选择性吸收材料可具有约10nm至约1微米之间的厚度(例如,约10nm至约50nm之间、约25nm至约75nm之间、约40nm至约100nm之间、约80nm至约300nm之间、约200nm至约500nm之间、约400nm至约800nm之间、约500nm至约1微米之间、或由这些值中的任一个定义的范围/子范围中的任一值)。控制颜色选择性吸收材料的沉积层的厚度有利于获得具有所需衰减因子的滤色器。此外,可以在基板的的不同部分沉积不同厚度的层。此外,颜色选择性吸收材料的不同组成可以使用喷墨沉积沉积在基板的的不同部分中。这种组成和/或厚度的变化可有利地允许吸收中位置特定的变化。例如,在不需要从环境中传输光(以允许观看者看到周围环境)的波导区域中,可以选择组成和/或厚度以提供选定波长光的高吸收或衰减。可以采取其他沉积方法,例如涂布、旋涂、喷涂等,将颜色选择性吸收材料沉积在基板上。

[0244] 图17示出了图15和图16的波导组件的俯视图的示例。如图所示,耦入光学元件1022a、1022b、1022c在空间上重叠。此外,波导1020a、1020b、1020c以及每个波导的关联的光分布元件730、740、750和关联的耦出光学元件800、810、820可以垂直对齐。耦入光学元件1022a、1022b、1022c被配置为分别将入射图像光1032a、1032b、1032c(图15和图16)耦入波导1020a、1020b、1020c,使得图像光通过TIR朝着关联的光分布元件730、740、750传播。

[0245] 图18示出了图15和图16的波导组件的俯视图的另一示例。如图17所示,耦入光学元件1022a、1022b、1022c在空间上重叠,并且波导1020a、1020b、1020c垂直对齐。然而,用组

合式OPE/EPE 1281、1282、1283分别代替每个波导的关联的光分布元件730、740、750和关联的耦出光学元件800、810、820。耦入光学元件1022a、1022b、1022c被配置为分别将入射图像光1032a、1032b、1032c (图15和图16) 耦入波导1020a、1020b、1020c,使得图像光TIR朝着关联的组合式OPE/EPE 1281、1282、1283传播。

[0246] 虽然图15至图18示出了用于显示系统的单光瞳配置的重叠耦入光学元件,但是应当理解,在一些实施例中,显示系统可具有双光瞳配置。在使用三种分量颜色的这种配置中,两种颜色的图像光可具有重叠的耦入光学元件,而第三颜色的图像光可具有横向偏移的耦入光学元件。例如,光学组合器1050 (图11A、图12、图13A至图13B) 和/或光重定向结构1080a、1080c可被配置为引导图像光通过投影光学器件1070,使得两种颜色的图像光入射到目镜1020的直接重叠区域上,而另一颜色的图像光入射到横向移位的区域上。例如,反射表面1052、1054 (图11A) 可以成角度,使得一种颜色的图像光与来自发光微显示器1030b的图像光沿着共同的光路,而另一颜色的图像光沿着不同的光路。在一些实施例中,不是同时具有光重定向结构1080a、1080c (图12),而是可以省略这些光重定向结构之一,使得仅来自微显示器1030a、1030b之一的光成角度,以提供不同于由另外两个微显示器发射的光的光路。

[0247] 图19A示出了具有波导堆叠的目镜的示例的侧视图,其具有一些重叠的波导和一些横向移位的耦入光学元件。图19A的目镜类似于图15的目镜,不同之处在于耦入光学元件之一相对于另一耦入光学元件横向移位。在所示的目镜1020的取向 (其中图像光沿页面垂直向下朝着目镜1020传播) 中,耦入光学元件1022a、1022c彼此垂直对齐 (例如,沿着平行于图像光1032a、1032c的传播方向的轴),使其在空间上彼此重叠,如在正视图中,沿着图像光1032a、1032c传播到耦入光学元件1022a、1022b、1022c的方向所见。如同在正视图所见 (例如,如在所示取向的俯视图中所见),耦入光学元件1022b相对于其他耦入光学元件1022a、1022c横向移位。用于向耦入光学元件1022b的光通过与用于耦入光学元件1022a、1022c的光不同的出射光瞳输出到目镜1020。应当理解,可以使用包括波导1020a、1020b、1020c的所示波导堆叠代替图13和图14的单个所示波导1020a。

[0248] 继续参考图19,耦入光学元件1022c被配置为将图像光1032c耦入波导1020c,使其通过波导1020c的上部主表面和底部主表面之间的多次全内反射传播通过波导1020c,耦入光学元件1022b被配置为将图像光1032b耦入波导1020b,使其通过波导1020b的上部主表面和底部主表面之间的多次全内反射传播通过波导1020b,并且耦入光学元件1022a被配置为将图像光1032a耦入波导1020a,使其通过波导1020a的上部主表面和底部主表面之间的多次全内反射传播通过波导1020a。

[0249] 耦入光学元件1022c优选地被配置为将所有入射光1032c耦入关联的波导1020c,同时使所有入射光1032a透射通过。另一方面,图像光1032b可以传播到耦入光学元件1022b而不需要传播通过任何其他耦入光学元件。这在一些实施例中可能是有利的,因为允许眼睛更敏感的光入射到期望的耦入光学元件上而不产生与传播通过其他耦入光学元件相关的任何损失或失真。不受理论的限制,在一些实施例中,图像光1032b是人眼更敏感的绿色光。应当理解,虽然波导1020a、1020b、1020c被示出为以特定顺序布置,但在一些实施例中,波导1020a、1020b、1020c的顺序可以不同。

[0250] 应当理解,如本文所讨论的,覆盖耦入光学元件1022a的耦入光学元件1022c不具

有完美的选择性。图像光1032a中的一些可能不合需要地通过耦合光学元件1022c而耦合入波导1020c;并且图像光1032c的一些可能透射通过耦合光学元件1022c,之后图像光1032c照射耦合入光学元件1020a并且被耦合入波导1020a。如本文所讨论的,这种不希望的耦合可能呈现为重影或串扰。

[0251] 图19B示出了图19A的目镜的示例的侧视图,该目镜具有用于减轻波导之间的重影或串扰的滤色器。具体地,滤色器1024c和/或1026被添加到图19A所示的结构中。如图所示,耦合入光学元件1022c可能无意地将图像光1032a的一部分耦合入波导1020c。此外,或替代地,图像光1032c的一部分不合需要地透射通过耦合入光学元件1022c,之后它被耦合入光学元件1022a无意地耦合入。

[0252] 为了减少无意地耦合入传播通过波导1022c的耦合入图像光1032a,可在波导1022c的一个或两个主表面上提供吸收性滤色器1026。吸收性滤色器1026可被配置为吸收无意中耦合入的图像光1032a的颜色的光。如图所示,吸收性滤色器1026设置在通过波导1020c的图像光的大体传播方向上。因此,吸收性滤色器1026被配置为吸收图像光1032a,因为该光通过TIR传播通过波导1020c并接触吸收性滤色器1026,同时从波导1020c的一个或全部两个主表面反射出去。

[0253] 继续参考图19B,为了减少传播通过耦合入光学元件1022c而不被耦合入的图像光1032c,可以在耦合入光学元件1022a的前方设置吸收性滤色器1024c。吸收性滤色器1024c被配置为吸收图像光1032c的颜色的光,以防止该光传播到耦合入光学元件1022a。虽然被示出为位于波导1020c和1020b之间,但在一些其他实施例中,吸收性滤色器1024c可以设置在波导1020b和1020a之间。应当理解,在图16的讨论中提供了关于吸收性滤色器1024c和1026的组成、形成和特性的进一步细节。

[0254] 还应当理解,在图16和图19B所示的实施例中,如果一个或多个耦合入光学元件1022a、1022b、1022c对于旨在分别耦合入关联的波导1020a、1020b、1022c的光的颜色具有足够高的选择性。

[0255] 图20A示出了图19A和图19B的目镜的俯视图的示例。如图所示,耦合入光学元件1022a、1022c在空间上重叠,而耦合入光学元件1022b横向移位。此外,波导1020a、1020b、1020c以及每个波导的关联的光分布元件730、740、750和关联的耦合出光学元件800、810、820可以垂直对齐。耦合入光学元件1022a、1022b、1022c被配置为分别将入射图像光1032a、1032b、1032c(图15和图16)耦合入波导1020a、1020b、1020c,使得图像光通过TIR朝着关联的光分布元件730、740、750传播。

[0256] 图20B示出了图19A和图19B的波导组件的俯视图的另一示例。如在图20A中,耦合入光学元件1022a、1022c在空间上重叠,耦合入光学元件横向移位,并且波导1020a、1020b、1020c垂直对齐。然而,用组合式OPE/EPE 1281、1282、1283分别代替每个波导的关联的光分布元件730、740、750和关联的耦合出光学元件800、810、820。耦合入光学元件1022a、1022b、1022c被配置为分别将入射图像光1032a、1032b、1032c(图15和图16)耦合入波导1020a、1020b、1020c,使得图像光通过TIR朝着关联的组合式OPE/EPE 1281、1282、1283传播。

[0257] 现在参考图21,应当理解,耦合入光可能在波导中不合需要地回弹。当在初始耦合入入射之后,沿着波导传播的耦合入光第二次或在后续的时间照射在耦合入光学元件上时,发生回弹。回弹可导致一部分耦合入光被耦合入光学元件的材料不合需要地耦合出和/或吸收。不合需要

的耦出和/或光吸收可导致耦入光的整体耦入效率和/或均匀性降低。

[0258] 图21示出了波导1030a中的回弹的示例的侧视图。如图所示,图像光1032a通过耦入光学元件1022a耦入波导1030a。耦入光学元件1022a重定向图像光1032a,使其通常沿方向1033传播通过波导。当耦入图像光从波导1030a的与耦入光学元件1022a相反的主表面进行内部反射或反弹时,可能发生回弹,然后入射到耦入光学元件1022a上或进行第二次反弹(回弹)。波导1030a的同一表面上的两次相邻反弹之间的距离由间隔1034表示。

[0259] 不受理论的限制,应当理解,耦入光学元件1022a可以对称地发挥作用;即,它可以重定向入射光,使得入射光以TIR角传播通过波导。然而,以TIR角入射到衍射光学元件上的光也会被耦出(例如在回弹时)。附加地或替代地,在耦入光学元件1022a涂覆有反射材料的实施例中,应当理解,光从诸如金属之类的材料层反射也可涉及入射光的部分吸收,因为反射涉及材料对光的吸收和发射。因此,光耦出和/或吸收可能不合需要地导致耦入光的损耗。因此,与仅与耦入光学元件1022a交互一次的光相比,回弹光可导致更多损耗。

[0260] 在一些实施例中,耦入元件被配置为减少由回弹导致的耦入图像光损耗。通常,在耦入光的传播方向1033上出现朝着耦入光学元件1022a的端部1023的耦入光回弹。例如,如果用于该光的间隔1034足够短,则在耦入光学元件1022a的与端部1023相对的端部处耦入的光也可能回弹。为了避免这种回弹,在一些实施例中,耦入光学元件1022a在传播方向端1023处被截断,以减小上面可能发生回弹的耦入光学元件1022a的宽度1022w。在一些实施例中,截断可以是耦入光学元件1022a的所有结构(例如,金属化和衍射光栅)的完全截断。在一些其他实施例中,例如,在耦入光学元件1022a包括金属化衍射光栅的情况下,耦入光学元件1022a的位于传播方向端1023的一部分可以不被金属化,使得耦入光学元件1022a的传播方向端1023吸收较少的回弹光和/或以较低的效率耦出回弹光。在一些实施例中,耦入光学元件1022a的衍射区域沿传播方向1033的宽度短于其垂直于传播方向1033的长度,和/或可定尺寸和成形为使得图像光1032a的第一部分入射到耦入光学元件1022a上,并且光束的第二部分照射在波导1030a上而不入射到耦入光学元件1022a上。虽然为了清楚起见单独示出了波导1032a和光耦入光学元件1022a,但是应当理解,回弹以及为了减少回弹而讨论的策略可以适用于本文公开的任何耦入光学元件。还应当理解,间隔1034与波导1030a的厚度有关(较大的厚度导致较大的间隔1034)。在一些实施例中,可选择各个波导的厚度来设置间隔1034,使得不会发生回弹。有关减轻回弹的更多细节可以在2018年7月24日提交的美国临时申请号62/702,707中找到,该申请的全部公开内容在此纳入作为参考。

[0261] 图22A至图23C示出了具有被配置为减少回弹的耦入光学元件的目镜的俯视图的示例。耦入光学元件1022a、1022b、1022c被配置为耦入光,使其沿传播方向朝着关联的光分布元件730、740、750(图22A至图22C)或组合式OPE/EPE 1281、1282、1283(图23A至图23C)传播。如图所示,耦入光学元件1022a、1022b、1022c可具有沿传播方向的较短尺寸和沿横轴的较长尺寸。例如,耦入光学元件1022a、1022b、1022c中的每一个可具有矩形形状,其中短边沿传播方向的轴,长边沿正交轴。应当理解,耦入光学元件1022a、1022b、1022c可具有其他形状(例如,直角形、六边形等)。此外,在一些实施例中,不同的耦入光学元件1022a、1022b、1022c可具有不同的形状。此外,优选地,如图所示,不重叠的耦入光学元件可定位成使其不在其他耦入光学元件的传播方向上。例如,如图22A、图22B、图23A和图23B所示,不重叠的耦入光学元件可以沿着与传播方向的轴相交(例如,正交)的轴排列成一行。

[0262] 应当理解,图22A至图22C的波导组件是相似的,不同之处在于耦入光学元件1022a、1022b、1022c重叠。例如,图22A示出了没有重叠的耦入光学元件1022a、1022b、1022c。图22B示出了重叠的耦入光学元件1022a、1022c和不重叠的耦入光学元件1022b。图22C示出了所有耦入光学元件1022a、1022b、1022c之间的重叠。

[0263] 图23A至图23C的波导组件也是相似的,不同之处在于耦入光学元件1022a、1022b、1022c重叠。图23A示出了没有重叠的耦入光学元件1022a、1022b、1022c。图23B示出了重叠的耦入光学元件1022a、1022c和不重叠的耦入光学元件1022b。图22C示出了所有耦入光学元件1022a、1022b、1022c之间的重叠。

[0264] 现在参考图24A,应当理解,发光微显示器具有高光学扩展量(etendue),这对有效的光利用提出了挑战。如本文所讨论的,发光微显示器可包括多个单独的光发射器。这些光发射器中的每一个都可具有较大的角发射分布,例如朗伯或近朗伯发射分布。但是,并非所有这些光都可以被捕获并被引导到显示系统的目镜。

[0265] 图24A示出了由发光微显示器1032的各个光发射器1044发射的光和由投影光学器件1070捕获的光的角发射分布的示例。所示的发光微显示器1032可以对应于本文公开的任一发光微显示器,其中包括发光微显示器1032a、1032b、1032c。如图所示,投影光学器件1070的尺寸可设置为使其能够捕获具有角发射分布1046的光。然而,光发射器1044中的角发射分布1046明显更大;并非所有由光发射器1044发射的光都入射到投影光学器件1070上,其入射角度也不一定是光传播到和穿过投影光学器件1070时使用的角度。因此,由光发射器1044发射的一些光可能不合需要地被“浪费”,因为它未被捕获并最终传递到用户的眼睛以形成图像。这将导致图像看起来比光发射器1040输出的更多光最终到达用户眼睛时预期的情况更暗。

[0266] 在一些实施例中,用于捕获由光发射器1040发射的更多光的一种策略是增加投影光学器件1070的尺寸,以增加捕获光的投影光学器件1070的数值孔径的尺寸。附加地或替代地,投影光学器件1070还可以由也可以促进光收集的高折射率材料(例如,具有高于1.5的折射率)形成。在一些实施例中,投影光学器件1070可以利用尺寸设计为捕获由光发射器1044发射的所需高比例的光的透镜。在一些实施例中,投影光学器件1070可被配置为具有细长的出射光瞳,例如,发射具有类似于图22A至图23C的耦入光学元件1022a、1022b、1022c的形状的横截面轮廓的光束。例如,投影光学器件1070的尺寸可以伸长,伸长度对应于图22A至图23C的耦入光学元件1022a、1022b、1022c的伸长尺寸。不受理论的限制,这种细长的耦入光学元件1022a、1022b、1022c可以改善发光微显示器和目镜1020(图22A至图23C)之间的光学扩展量失配。在一些实施例中,可以选择目镜1020(例如,图11A和图12至图23C)的波导的厚度以增加有效捕获的光的百分比,例如通过增加回弹间隔来减少回弹,如本文所讨论的。

[0267] 在一些实施例中,可以使用一个或多个光准直器来减小或收缩来自光发射器1044的光的角发射分布。因此,由光发射器1044发射的更多光可以被投影光学器件1070捕获并传递到用户的眼睛,有利于增加图像的亮度和显示系统的效率。在一些实施例中,光准直器可以允许投影光学器件的光收集效率(由光发射器1044发射的光被投影光学器件捕获的百分比)达到80%或更多、85%或更多,或90%或更多,其中包括约85-95%或85-90%。此外,来自光发射器1044的光的角发射分布可以缩减为60°或更小、50°或更小、或40°或更小(从

例如180°)。在一些实施例中,缩减的角发射分布可以在大约30-60°、30-50°或30-40°的范围内。应当理解,来自光发射器1044的光可以形成圆锥体形状,其中光发射器1044位于圆锥体的顶点处。角发射分布是指由圆锥体的侧面所形成的角度,其中关联的光发射器1044位于该角度的顶点处(如在沿着延伸穿过圆锥体中部,包括锥顶的平面截取的横截面中所见)。

[0268] 图24B示出了使用光准直器阵列收缩角发射分布的示例。如图所示,发光微显示器1032包括光发射器1044的阵列,其发射具有角发射分布1046的光。光准直器1302的阵列1300设置在光发射器1044的前方。在一些实施例中,每个光发射器1044与关联的光准直器1302一对一地匹配(每个光发射器1044对应一个光准直器1302)。每个光准直器1302重定向来自关联的光发射器1044的入射光以提供收缩的角发射分布1047。因此,较大的角发射分布1046收缩为较小的角发射分布1047。

[0269] 在一些实施例中,光准直器1302和阵列1300可以是图12和图13A的光重定向结构1080a、180c的一部分。因此,光准直器1302可以收缩光发射器1044的角发射分布,并且还重定向光以使其以限定多个光路和相关的多个出射光瞳的适当角度传播到光学组合器1050中。应当理解,可通过使光准直器1302适当地成形而在特定方向上重定向光。

[0270] 优选地,光准直器1302紧靠光发射器1044定位以捕获由光发射器1044输出的大部分光。在一些实施例中,光准直器1302和光发射器1044之间可能存在间隙。在一些其他实施例中,光准直器1302可以与光发射器1044接触。应当理解,角发射分布1046可以形成宽的光锥。优选地,来自光发射器1044的光锥的全部或大部分入射到单个关联的光准直器1302上。因此,在一些实施例中,每个光发射器1044小于(占据更小的面积)关联的光准直器1302的光接收面。在一些实施例中,每个光发射器1044的宽度小于相邻较远的光发射器1044之间的间距。

[0271] 有利地,光准直器1302可增加光利用效率并且还可以减少相邻光发射器1044之间串扰的发生。应当理解,当来自相邻光发射器的光被不与相邻光发射器相关联的光准直器1302捕获时,可能发生光发射器1044之间的串扰。捕获的光可能传播到用户的眼睛,从而提供给定像素的错误图像信息。

[0272] 参考图24A和图24B,由投影光学器件1070捕获的光束的尺寸可影响离开投影光学器件1070的光束的尺寸。如图24A所示,在不使用光准直器的情况下,出射光束可具有相对大的宽度1050。如图24B所示,在使用光准直器1302的情况下,出射光束可具有较小的宽度1052。因此,在一些实施例中,光准直器1302可用于提供期望的光束尺寸以便耦合入目镜。例如,光准直器1302收缩角发射分布1046的量可至少部分地基于投影光学器件1070输出的光所指向的目镜中的耦合光学元件的尺寸来选择。

[0273] 应当理解,光准直器1302可以采取各种形式。例如,在一些实施例中,光准直器1302可以是微透镜或小透镜。如本文所讨论的,每个微透镜的宽度优选地大于关联的光发射器1044的宽度。微透镜可以由弯曲的透明材料形成,例如玻璃或聚合物,其中包括光致抗蚀剂和树脂(例如环氧树脂)。在一些实施例中,光准直器1302可以是纳米透镜,例如衍射光栅。在一些实施例中,光准直器1302可以是超表面和/或液晶光栅。在一些实施例中,光准直器1302可以采取反射阱的形式。

[0274] 应当理解,不同的光准直器1302可具有不同的尺寸和/或形状,具体取决于由关联

的光发射器1044发射的光的波长或颜色。因此,对于全彩发光微显示器,阵列1300可包括多个光准直器1302,这些多个光准直器具有不同的尺寸和/或形状,具体取决于由关联的光发射器1044发射的光的颜色。在发光微显示器是单色微显示器的实施例中,可以简化阵列1300,阵列中的每个光准直器1302被配置为重定向相同颜色的光。对于这种单色微显示器,在一些实施例中,整个阵列1300中的光准直器1302是相似的。

[0275] 继续参考图24B,如本文所讨论的,光准直器1302可以与光发射器1044一对一地关联。例如,每个光发射器1044具有分立的关联光准直器1302。在一些其他实施例中,光准直器1302可以伸长,使其跨多个光发射器1044延伸。例如,在一些实施例中,光准直器1302可以伸长到页面中并且在一行多个光发射器1044前面延伸。在一些其他实施例中,单个光准直器1302可以跨一系列光发射器1044延伸。在另外一些实施例中,光准直器1302可包括堆叠的透镜结构(例如,纳米透镜结构、微透镜结构等)列和/或行。

[0276] 如上所述,光准直器1302可以采取反射阱的形式。图25A示出了用于将光引导到投影光学器件的锥形反射阱阵列的侧视图的示例。如图所示,光准直器阵列1300可包括基板1301,在基板中可以形成多个采取反射阱形式的光准直器1302。每个阱可包括至少一个光发射器1044,其可以发射具有朗伯角发射分布1046的光。光准直器1302的阱的反射壁1303是锥形的,并且反射所发射的光,使其以较窄的角发射分布1047从阱中输出。如图所示,反射壁1303可以是锥形的,使得横截面尺寸随着距光发射器1044的距离而增加。在一些实施例中,反射壁1303可以是弯曲的。例如,侧面1303可具有复合抛物线聚光器(CPC)的形状。

[0277] 现在参考图25B,其中示出了不对称锥形反射阱的侧视图的示例。如本文所讨论的,例如,如图12A至图13A所示,需要利用光准直器1302在不垂直于光发射器1044的表面的特定方向上将光调向。在一些实施例中,如在图25B所示的侧视图所见,光准直器1302可以是不对称的,与下侧1303b相比,上侧1303a与光发射器1044的表面形成不同的角度(例如,更大的角度);例如,反射壁1303a、1303b相对于光发射器1044的角度在光准直器1302的不同面可以不同,以便在特定的非法线方向上引导光。因此,如图所示,离开光准直器1302的光通常在不垂直于光发射器1044的表面的方向1048上传播。在一些其他实施例中,为了在方向1048引导光,上侧1303a的锥形可与下侧的锥形不同;例如,与下侧1303b相比,上侧1303a可向外逐渐展开地更大。

[0278] 继续参考图25,基板1301可以由具有足够机械完整性的各种材料形成以保持反射壁1303的期望形状。合适材料的示例包括金属、塑料和玻璃。在一些实施例中,基板1301可以是材料板。在一些实施例中,基板1301是连续的一体材料板。在一些其他实施例中,基板1301可通过将两片或更多片材料接合在一起而形成。

[0279] 反射壁1303可通过各种方法形成在基板1301中。例如,反射壁1303可通过机械加工基板1301或以其他方式去除材料以限定反射壁1303而形成期望的形状。在一些其他实施例中,反射壁1303可在形成基板1301时形成。例如,壁1303可以在基板1301被模制成其期望形状时模制到基板1301中。在一些其他实施例中,壁1303可以在形成主体2200之后通过重新布置材料来限定。例如,壁1303可通过压印来限定。

[0280] 一旦形成壁1303的轮廓,便可对轮廓进行进一步处理以形成具有期望反射度的表面。在一些实施例中,基板1301的表面本身具有反射性,例如在主体由反射性金属形成的情况下。在这种情况下,进一步处理可包括对壁1303的内表面进行平滑打磨或抛光以增加其

反射率。在一些其他实施例中,反射器2110的内表面可衬有反射涂层,例如通过气相沉积工艺。例如,反射层可通过物理气相沉积(PVD)或化学气相沉积(CVD)形成。

[0281] 应当理解,光发射器相对于关联的光准直器的位置可以影响从光准直器出射的光的方向。例如,这在图26A至图26C中示出,图26A至图26C示出了相对于关联的上覆光准直器的中心线,处于不同位置的光发射器的光路差异的示例。如图26A所示,另一发光微显示器30具有多个光发射器1044a,每个光发射器具有关联的光准直器1302,这些光准直器有助于输出具有收缩的角发射分布1047的光。光穿过投影光学器件1070(为了便于说明,表示为简单的透镜),该投影光学元件将来自各个光发射器1044a的光会聚到区域1402a上。

[0282] 继续参考图26A,在一些实施例中,每个光准直器1302可以是对称的,并且可具有沿着光准直器的对称轴延伸的中心线。在所示的配置中,光发射器1044a设置在每个光准直器1302的中心线上。

[0283] 现在参考图26B,光发射器1044b相对于其各自的光准直器1302的中心线偏移距离1400。这种偏移导致来自光发射器1044b的光采取不同的路径通过光准直器1302,光准直器1302以收缩的角发射分布1047b输出来自光发射器1044b的光。投影光学器件1070然后将来自光发射器1044b的光会聚到区域1402b上,该区域相对于来自光发射器1044a的光会聚到的区域1402a存在偏移。

[0284] 现在参考图26C,其中示出了相对于光发射器1044a和1044b两者偏移的光发射器1044c。该偏移导致来自光发射器1044c的光通过光准直器1302的路径不同于来自光发射器1044a和1044b的光采取的路径。这导致光准直器1302以收缩的角发射分布输出来自光发射器1044c的光,这些光采取的到达投影光学器件1070的路径不同于来自光发射器1044a和1044b的光。最终,投影光学器件1070将来自光发射器1044c的光会聚到相对于区域1402a和1402b偏移的区域1402c上。

[0285] 参考图26A至图26C,每三个一组的光发射器1044a、1044b、1044c可以共享公共光准直器1302。在一些实施例中,微显示器1030可以是全彩微显示器并且每个光发射器1044a、1044b、1044c可被配置为发射不同分量颜色的光。有利地,在一些实施例中,偏移区域1402a、1402b、1402c可以对应于波导的耦合光学元件。例如,区域1402a、1402b、1402c可以分别对应于图11A和图12的耦合光学元件1022a、1022b、1022c。因此,光准直器1302和光发射器1044a、1044b、1044c的偏移取向可以使用全彩发光微显示器提供有利地简单的三光瞳投影系统1010。

[0286] 如本文所述,光准直器1302也可以采取纳米透镜的形式。图27示出了具有光准直器1302(作为纳米透镜)的上覆的阵列1300的发光微显示器1030的各个光发射器1044的侧视图的示例。如本文所讨论的,各个光发射器1044可分别具有关联的光准直器1302。光准直器1302重定向来自光发射器1044的光以收缩光发射器1044的较大角发射分布1046,从而以收缩的角发射分布1047输出光。

[0287] 继续参考图27,在一些实施例中,光准直器1302可以是光栅结构。在一些实施例中,光准直器1302可以由具有不同折射率的材料交替细长离散扩展(例如,线)形成的光栅。例如,材料1306的扩展可以伸长进入和离开页面,并且可以形成在基板1308的材料中并且被基板1308的材料分开。在一些实施例中,材料1306的伸长扩展可具有亚波长宽度和间距(例如,宽度和间距小于光准直器1302被配置为从关联的光发射器1044接收的光的波

长)。在一些实施例中,间距1304可以是30至300nm,光栅深度可以是10至1000nm,形成基板1308的材料的折射率可以是1.5至3.5,形成光栅特征1306的材料的折射率可以是1.5至2.5(不同于形成基板1308的材料的折射率)。

[0288] 所示的光栅结构可通过各种方法形成。例如,基板1308可被蚀刻或纳米压印以限定沟槽,并且沟槽可以填充有折射率不同于基板1308的材料以形成光栅特征1306。

[0289] 有利地,纳米透镜阵列可以提供各种优势。例如,纳米小透镜的光收集效率较大,例如80-95%,其中包括85-90%,角发射分布很好地收缩,例如收缩到30-40°(从180°)。此外,可实现低水平串扰,因为每个纳米透镜光准直器1302的物理尺寸和特性(例如,间距、深度、形成特征1306和基板1308的材料的折射率)被选定为作用于特定颜色,并且可能具有特定入射角的光,同时优选地提供高消光比(对于其他颜色的光的波长)。此外,纳米透镜阵列可具有平坦的分布(例如,形成在平坦的基板上),这可以促进与可以是平板的微显示器的集成,并且还可以促进制造并且在形成纳米透镜阵列时提供高复现性和精度。例如,可使用高度可复现的沟槽形成和沉积工艺形成每个纳米透镜。此外,与形成具有类似变化的弯曲透镜时通常实现的相比,这些工艺以更简单、更具复现性的方式实现阵列中纳米透镜之间的变化。

[0290] 现在参考图28,其中示出了发光微显示器1030的示例的透视图。应当理解,光准直器阵列1300有利地允许从微显示器发射的光根据需要路由。因此,在一些实施例中,全彩微显示器的光发射器可根据需要进行组织,例如为了易于在显示设备中制造或实现。在一些实施例中,光发射器1044可布置成行或列1306a、1306b、1306c。每行或每列可包括被配置为发射相同分量颜色的光的光发射器1044。在使用三种分量颜色的显示器中,可具有在微显示器1030上重复的三行或三列的组。应当理解,在利用更多分量颜色的情况下,每个重复组可具有多个行或列。例如,在使用四种分量颜色的情况下,每组可具有四行或四列,其中一行或一列由被配置为发射单一分量颜色的光的光发射器形成。

[0291] 在一些实施例中,一些行或列可以重复以增加特定分量颜色的光发射器的数量。例如,某些分量颜色的光发射器可能占据多行或多列。这可以促进色彩平衡和/或可用于解决一段时间内的发光强度的差异老化或降低。

[0292] 参考图27和图28,在一些实施例中,光发射器1044可分别具有关联的光准直器1302。在一些其他实施例中,每排1306a、1306b、1306c的多个光发射器1044可具有单个关联的光准直器1302。该单个关联的光准直器1302基本跨整个关联的排1306a、1306b或1306c延伸。在一些其他实施例中,关联的光准直器1302可以伸长并且在形成关联的排1306a、1306b或1306c的一部分的多个光发射器1044上延伸,还可以沿着关联的排1306a、1306b、1306c中的每一个设置多个类似的光准直器1302。

[0293] 继续参考图28,每个光发射器1044可沿特定轴(例如,如图所示沿y轴)伸长;即,每个光发射器具有沿特定轴的长度,该长度长于光发射器的宽度。此外,被配置为发射相同分量颜色的光的一组光发射器可布置成排1306a、1306b或1306c(例如,行或列),这些排沿着与光发射器1044的伸长轴相交(例如,正交)的轴(例如,x轴)延伸。因此,在一些实施例中,相同分量颜色的光发射器1044形成一排1306a、1306b或1306c光发射器,该排沿着第一轴(例如,x轴)延伸,并且各个光发射器1044位于沿着第二轴(例如,y轴)伸长的排内。

[0294] 相比之下,应当理解,全彩微显示器通常包括每种分量颜色的子像素,子像素以特

别相对紧密排列的空间取向布置成组,这些组跨阵列重复。每组子像素可以形成图像中的一个像素。在一些情况下,子像素沿轴伸长,并且多行或多列相同分量颜色的子像素沿着相同的轴延伸。应当理解,这样的布置允许每组的子像素靠近在一起,这可提高图像质量和像素密度。然而,在图28所示的布置中,由于光发射器1044的细长形状,不同分量颜色的子像素相距较远;即,排1306a中的光发射器与排1306c中的光发射器相距较远,因为排1306b中的光发射器的细长形状使得光发射器1306a和1306c的间隔大于给定排的光发射器中的相邻光发射器的间隔。虽然当形成在微显示器1030表面上的图像直接中继到用户眼睛时,这种情况可能提供不可接受得差的图像质量,但是使用光准直器阵列1300有利地允许不同颜色的光根据需要路由以形成高质量图像。例如,每种分量颜色的光可用于形成单独的单色图像,然后这些单色图像被路由到目镜并在目镜中组合,例如目镜1020(例如,图11A和图12至图14)。

[0295] 参考图27和图28,在一些实施例中,光发射器1044可分别具有关联的光准直器1302。在一些其他实施例中,每排1306a、1306b、1306c的光发射器1044可具有单个关联的光准直器1302。该单个相关联的光准直器1302可以基本跨整个关联的排1306a、1306b或1306c延伸。在一些其他实施例中,关联的光准直器1302可以伸长并且在形成关联的排1306a、1306b或1306c的一部分的多个光发射器1044上延伸,还可以沿着关联的排1306a、1306b、1306c中的每一个设置多个类似的光准直器1302。

[0296] 应当理解,光准直器1302可用于沿着不同的光路引导光以形成多光瞳投影系统。例如,光准直器1302可以将不同分量颜色的光分别引导到两个或三个区域以进行光耦合。

[0297] 图29示出了具有图28的全彩发光微显示器1030的可穿戴显示系统的示例,该全彩发光微显示器1030用于形成多光瞳投影系统1010。在所示实施例中,全彩发光微显示器1030发射三种分量颜色的光并形成三光瞳投影系统1010。投影系统1010具有三个出射光瞳,不同分量颜色的图像光1032a、1032b、1032c通过这三个出射光瞳分别传播到目镜1020的三个横向偏移的光耦合光学元件1022a、1022b、1022c。目镜1020然后将图像光1032a、1032b、1032c中继到用户的眼睛210。

[0298] 发光微显示器1030包括光发射器1044的阵列,该光发射器阵列可细分为分别发射图像光1032a、1032b、1032c的单色光发射器1044a、1044b、1044c。应当理解,光发射器1044发射具有较宽的角发射分布1046的图像光。图像光传播通过光准直器阵列1300,从而将角发射分布缩减为较窄的角发射分布1047。

[0299] 此外,光准直器阵列1300被配置为重定向图像光(图像光1032a、1032b、1032c),使得图像光以一定角度入射到投影光学器件1070上,该角度能够使投影光学器件1070输出图像光,使得图像光传播到适当的耦合光学元件1022a、1022b、1022c。例如,光准直器阵列1300优选地被配置为:引导图像光1032a,使其传播通过投影光学器件1070并入射到耦合光学元件1022a上;引导图像光1032b,使其传播通过投影光学器件1070并入射到耦合光学元件1022b上;以及引导图像光1032c,使其传播通过投影光学器件1070并入射到耦合光学元件1022c上。

[0300] 由于不同的光发射器1044可以发射不同波长的光,并且这些光需要被重定向到不同方向以到达适当的耦合光学元件,因此在一些实施例中,与不同光发射器1044相关联的光准直器可具有不同物理特性参数(例如,不同间距、不同宽度等)。有利地,使用平面纳米

透镜作为光准直器便利了在整个光准直器阵列1300上物理特性变化的光准直器的形成。如本文所述,纳米透镜可以使用图案化和沉积工艺形成,这样便利了在整个基板上具有不同间距、宽度等的结构的形成。

[0301] 再次参考图24A,应当理解,所示的显示系统示出了单个发光微显示器并且省略了光学组合器1050(图11A和图12至图13B)。在使用光学组合器1050的实施例中,光学组合器1050中的反射表面1052、1054(图11A、图12至图13B和图30B)优选地为镜面反射器,并且预期来自光发射器1044的光在从反射表面1052、1054反射之后保持其较大的角发射分布。因此,当使用光学组合器1050时,类似地存在图24A所示的浪费光的问题。

[0302] 现在参考图30A,其中示出了具有发光微显示器和关联的光准直器阵列的可穿戴显示系统的示例。图30A示出了关于光发射器1044、光准直器1302和目镜1020的耦入光学元件之间相互作用的附加细节。显示系统包括微显示器1030b,其可以是全彩微显示器。在一些其他实施例中,微显示器1030b可以是单色微显示器,并且可以在可选的光学组合器1050(如图30C所示)的不同面上设置附加的单色微显示器(未示出)。

[0303] 继续参考图30A,微显示器1030b包括光发射器1044的阵列,每个光发射器发射具有较宽的角发射分布(例如,朗伯角发射分布)的光。每个光发射器1044具有关联的专用光准直器1302,其有效地将角发射分布收缩为窄的角发射分布1047。具有较窄的角发射分布的光束1032b穿过投影光学器件1070,投影光学器件1070将这些光束投影或会聚到耦入光学元件1022b上。应当理解,光束1032b具有特定的横截面形状和尺寸1047a。在一些实施例中,当光束1032b入射到该耦入光学元件1022b上时,耦入光学元件1022b的尺寸和形状基本匹配或大于光束1032b的横截面形状和尺寸。因此,在一些实施例中,当入射到耦入光学元件1022b上时,可基于光束1032b的横截面尺寸和形状选择耦入光学元件1022b的尺寸和形状。在一些其他实施例中,可以利用其他因素(回弹减轻,或由耦入光学元件1022b支持的角度或视场)来确定耦入光学元件1022b的尺寸和形状,并且光准直器1302可被配置(例如,尺寸和形状)以提供具有适当尺寸和形状的横截面的光束1032b,该适当尺寸和形状优选地完全或几乎完全被耦入光学元件1022b的尺寸和形状包围。在一些实施例中,光准直器1302和耦入光学元件1022b的物理参数可以相互修改以结合其他所需功能(例如,回弹减轻、对所需视场的支持等等)提供高效的光利用。有利地,由光准直器1302提供的上述光准直以及光束1032b的横截面尺寸和形状与耦入光学元件1022b的尺寸和形状的匹配允许耦入光学元件1022b捕获大部分入射光束1032b。耦入的光然后传播通过波导1020b并耦出到眼睛210。

[0304] 如图所示,微显示器1030b可包括光发射器1044的阵列1042,每个光发射器被具有总宽度1045w的非发光区域1045围绕。此外,光发射器1044具有宽度W和间距P。在光发射器1044规则地隔开的阵列中,每个光发射器1044和周围区域1045有效地形成具有宽度1045w(其可以等于间距P)的单位单元。

[0305] 在一些实施例中,光准直器1302是直接设置在关联的光发射器1044上并围绕其的微透镜。在一些实施例中,微透镜1302的宽度等于1045w,使得相邻的微透镜1302彼此几乎接触或直接接触。应当理解,来自光发射器1044的光可以填充关联的微透镜1302,从而有效放大光发射器1044所包围的区域。有利地,这样的配置降低了不发光并且可被用户看成暗空间的区域1045的可感知性。然而,由于微透镜1302有效放大关联的光发射器1044以使其跨微透镜1302的整个区域延伸,因此区域1045可被遮蔽。

[0306] 继续参考图30A,可以选择光发射器1044和光准直器1302的相对尺寸,使得来自光发射器1044的光填充关联的光准直器1302。例如,光发射器1044可以间隔开足够远的距离,使得具有期望曲率的微透镜准直器1302可以形成为在光发射器1044中的各个光发射器上延伸。此外,如上所述,优选地选择耦入光学元件1022b的尺寸和形状,使得当入射到耦入光学元件1022b上时,其尺寸和形状匹配或超过光束1032b的横截面的形状和尺寸。因此,在一些实施例中,耦入光学元件1022b的宽度1025等于或大于微透镜1302(其宽度等于1045w或P)的宽度。优选地,宽度1025大于微透镜1302的宽度或1045w或P,以解决光束1032b中的一些扩展。如本文所讨论的,也可以选择宽度1025以减轻回弹并且使该宽度短于耦入光学元件1022b的长度(其与宽度正交)。在一些实施例中,宽度1025可以沿着与耦入光1032b在耦出并传播到眼睛210之前通过波导1020b的传播方向相同的轴延伸。

[0307] 现在参考图30B,其中示出了分别具有多个发光微显示器1030a、1030b、1030c和关联的光准直器阵列1300a、1300b、1300c的光投影系统1010的示例。由微显示器1030a、1030b、1030c发射的光的角发射分布被光准直器阵列1300a、1300b、1300c缩减,从而有助于投影光学器件1070在光传播通过光学组合器1050之后收集大部分发射的光。投影光学器件1070然后将光引导到目镜,例如目镜1020(例如,图11A和图12至图14)(未示出)。

[0308] 图30C示出了具有多个发光微显示器1030a、1030b、1030c的可穿戴显示系统的示例,每个微显示器分别具有关联的光准直器阵列1300a、1300b、1300c。所示的显示系统包括用于发射具有图像信息的光的多个微显示器1030a、1030b、1030c。如图所示,微显示器1030a、1030b、1030c可以是微型LED面板。在一些实施例中,微显示器可以是单色微型LED面板,每个面板被配置为发射不同的分量颜色。例如,微显示器1030a可被配置为发射红色光1032a,微显示器1030b可被配置为发射绿色光1032b,而微显示器1030c可被配置为发射蓝色光1032c。

[0309] 每个微显示器1030a、1030b、1030c可分别具有关联的光准直器阵列1300a、1300b、1300c。光准直器收缩来自关联的微显示器的光发射器的光1032a、1032b、1032c的角发射分布。在一些实施例中,单独的光发射器具有专用的关联光准直器(如图30A所示)。

[0310] 继续参考图30C,光准直器阵列1300a、1300b、1300c位于关联的微显示器1030a、1030b、1030c和光学组合器1050之间,光学组合器1050可以是X-立方体。如图所示,光学组合器1050具有用于将入射光反射出光学组合器的输出面的内部反射表面1052、1054。除了收缩入射光的角发射分布之外,光准直器的阵列1300a、1300c还可被配置为重定向来自关联的微显示器1030a、1030c的光,使得光以适合分别朝着关联的光耦入光学元件1022a、1022c传播的角度照射在光学组合器1050的内部反射表面1052、1054上。在一些实施例中,为了沿特定方向重定向光,光准直器阵列1300a、1300c可包括不对称的反射阱或微透镜,和/或如本文所公开的,可以相对于微透镜或反射阱偏心地布置光发射器。

[0311] 继续参考图30C,投影光学器件1070(例如,投影透镜)设置在光学组合器1050的输出面,以接收从该光学组合器出射的图像光。投影光学器件1070可包括被配置为将图像光会聚或聚焦到目镜1020上的透镜。如图所示,目镜1020可包括多个波导,每个波导被配置为耦入和耦出特定颜色的光。例如,波导1020a可被配置为从微显示器1030a接收红色光1032a,波导1020b可被配置为从微显示器1030b接收绿色光1032b,并且波导1020c可被配置为从微显示器1030c接收蓝色光1032c。每个波导1020a、1020b、1020c分别具有关联的光耦

入光学元件1022a、1022b、1022c,用于将光耦入其中。此外,如本文所讨论的,波导1020a、1020b、1020c可以分别对应于图9B的波导670、680、690并且可分别具有关联的正交光瞳扩展器(OPE)和出射光瞳扩展器(EPE),这些扩展器最终将光1032a、1032b、1032c耦出到用户。

[0312] 如本文所讨论的,结合微显示器的可穿戴显示系统优选地被配置为输出具有不同波前发散量的光,以为用户提供舒适的调节-聚散匹配。这些不同的波前发散量可以使用具有不同光焦度的耦出光学元件来实现。如本文所讨论的,耦出光学元件可位于诸如目镜1020(例如,图11A和图12至图14)之类的目镜的波导之上或之中。在一些实施例中,透镜可用于增加由耦出光学元件提供的波前发散,或者可用于在耦出光学元件被配置为输出准直光的配置中提供期望的波前发散。

[0313] 图31A和图31B示出了目镜1020的示例,目镜1020具有用于改变指向观看者的光的波前发散的透镜。图31A示出了具有波导结构1032的目镜1020。在一些实施例中,如本文所讨论的,所有分量颜色的光可被耦入单个波导,使得波导结构1032仅包括单个波导。这有利地提供了紧凑的目镜。在一些其他实施例中,波导结构1032可以理解为包括多个波导(例如,图11A和图12至图13A的波导1032a、1032b、1032c),每个波导可被配置为将单一分量颜色中继到用户眼睛。

[0314] 在一些实施例中,可变焦透镜元件1530、1540可以设置在波导结构1032的任一面上。可变焦透镜元件1530、1540可以位于从波导结构1032到眼睛210的图像光路径中,并且还位于从周围环境通过波导结构10032到达眼睛210的光路中。可变焦光学元件1530可以调制由波导结构1032输出到眼睛210的图像光的波前发散。应当理解,可变焦光学元件1530可具有导致眼睛210看到的世界视图失真的光焦度。因此,在一些实施例中,可以在波导结构1032的世界侧设置第二可变焦光学元件1540。第二可变焦光学元件1540可以提供与可变焦光学元件1530的光焦度相反(或者与光学元件1530和波导结构1032(其中波导结构1032具有光焦度)的净光焦度相反)的光焦度,使得可变焦透镜元件1530、1540和波导结构1032的净光焦度基本为零。

[0315] 优选地,可以动态地改变可变焦透镜元件1530、1540的光焦度,例如通过向其施加电信号。在一些实施例中,可变焦透镜元件1530、1540可包括透射光学元件,例如动态透镜(例如,液晶透镜、电活性透镜、具有移动元件的常规折射透镜、基于机械变形的透镜、电润湿透镜、弹性透镜或具有不同折射率的多种流体)。通过改变可变焦透镜元件的形状、折射率或其他特性,可以改变入射光的波前。在一些实施例中,可变焦透镜元件1530、1540可包括夹在两个基板之间的液晶层。基板可包括透光材料,例如玻璃、塑料、丙烯酸等。

[0316] 在一些实施例中,作为提供可变波前发散量以将虚拟内容放置在不同深度平面上的补充或替代,可变焦透镜元件1530、1540和波导结构1032可有利地提供等于用户的矫正透镜处方光焦度的净光焦度。因此,目镜1020可替代用于矫正屈光不正(包括近视、远视、老花和散光)的透镜。有关使用可变焦透镜元件替代矫正透镜的更多细节可以在2017年4月6日提交的美国申请号15/481,255中找到,该申请的全部公开内容在此纳入作为参考。

[0317] 现在参考图31B,在一些实施例中,目镜1020可包括静态而非可变的透镜元件。在图31B中,波导结构1032可包括单个波导(例如,其可以中继不同颜色的光)或多个波导(例如,每个波导可以中继单一分量颜色的光)。类似地,波导结构1034可包括单个波导(例如,其可以中继不同颜色的光)或多个波导(例如,每个波导可以中继单一分量颜色的光)。波导

结构1032、1034中的一个或全部两个可具有光焦度,并且可以输出具有特定波前发散量的光,或者可以仅输出准直光。

[0318] 继续参考图31B,在一些实施例中,目镜1020可包括静态透镜元件1532、1534、1542。这些透镜元件中的每一个设置在从周围环境通过波导结构1032、1034进入眼睛210的光路中。另外,透镜元件1532位于波导结构10032和眼睛210之间。透镜元件1532修改由波导结构1032输出到眼睛210的光的波前发散。

[0319] 透镜元件1534修改由波导结构1034输出到眼睛210的光的波前发散。应当理解,来自波导结构1034的光还穿过透镜元件1532。因此,由波导结构1034输出的光的波前发散同时被透镜元件1534和透镜元件1532(在波导结构10032具有光焦度的情况下,同时被波导结构1032)修改。在一些实施例中,透镜元件1532、1534和波导结构1032针对从波导结构1034输出的光提供特定的净光焦度。

[0320] 所示实施例提供两种不同水平的波前发散,一种用于从波导结构1032输出的光,第二种用于从波导结构1034输出的光。因此,虚拟对象可以放置在对应于不同水平的波前发散的两个不同的深度平面上。在一些实施例中,可通过在透镜元件1532和眼睛210之间添加附加的波导结构,以及在附加的波导结构和眼睛210之间添加附加的透镜元件来提供附加的波前发散水平,从而提供附加的深度平面。通过添加更多的波导结构和透镜元件,还可以类似地添加更多的波前发散水平。

[0321] 继续参考图31B,应当理解,透镜元件1532、1534和波导结构1032、1034提供可使用户看到的世界视图失真的净光焦度。因此,透镜元件1542可用于抵消环境光的光焦度和失真。在一些实施例中,透镜元件1542的光焦度被设置为抵消由透镜元件1532、1534和波导结构1032、1034提供的聚合光焦度。在一些其他实施例中,透镜元件1542;透镜元件1532、1534;和波导结构1032、1034的净光焦度等于用户的矫正透镜处方光焦度。

[0322] 具有提供增强分辨率的发光微显示器的示例光投影系统

[0323] 如上所述,显示系统(例如,呈现AR或VR内容的可穿戴显示系统)可以利用一个或多个发光微显示器来相对于利用各种其他显示技术的系统减小尺寸、质量和/或功耗。例如,显示系统可选择性地使用阈值数量的发光微显示器(例如,三个显示器,每个显示器包括诸如微型LED之类的光发射器阵列)。在该示例中,每个发光微显示器可被配置为产生特定分量颜色的光。如本文所讨论的,可以组合所产生的光以提供全彩图像外观。上面讨论了利用多个发光微显示器的各种示例,下面也将参考图36A至图36B对此进行讨论。作为另一示例,显示系统可选择性地使用单个发光微显示器。在该示例中,发光微显示器可包括每种原色的光发射器(例如,微型LED)。

[0324] 利用一个或多个发光微显示器,本文描述的显示系统可被配置为以比直接对应于发光微显示器中包含的光发射器数量的分辨率更高的分辨率输出AR或VR内容(“虚拟内容”)。例如,显示系统可以利用一个或多个致动器来移动或调整被配置为向用户输出形成虚拟内容的光的光投影系统的一个或多个部件。例如,致动器可调整与光发射器相关联的几何位置。作为示例,并且如图36B所示,致动器可引起发光微显示面板的位置变化。在该示例中,微型LED面板可沿着一个或两个轴移动。作为另一示例,并且如图36A所示,致动器可引起投影光学器件(例如,一个或多个投影透镜)的位置变化。如本文所述,投影光学器件可将由一个或多个微型OLED面板产生的光路由到一个或多个耦合光学元件,例如耦合光栅

(ICG)。耦合光学元件可被配置为将光路由到显示系统的用户。

[0325] 可以利用上述调整来使光发射器的几何位置占据 (assume) 位于阵列的发射器间区域中的位置。如上所述,发射器间区域 (例如,图32A所示的区域1045) 可包括发光微显示器中包含一个光发射器的区域。因此可基于一个或多个像素间距定义发射器间区域。例如,发射器间区域可以由第一边和第二边限定,第一边的长度等于沿着第一轴的像素间距,第二边的长度等于沿着第二轴的像素间距。

[0326] 图32A示出了具有被发射器间区域1045隔开的光发射器 (例如,光发射器1044) 的阵列1042的发光微显示器1030的示例。光发射器1044可具有发射器尺寸 p 和像素间距 Λ 。如图所示,光发射器1044可具有在 x 和 y 方向上基本相同的发射器尺寸 p 和像素间距 Λ 。然而,应当理解,在一些实施例中,发射器尺寸 p 和像素间距 Λ 在 x 和 y 方向上是不同的。此外,阵列1042中的不同光发射器可具有不同的尺寸、形状 (例如,圆形)、组成等。在所示阵列1042中,光发射器顶行上的第二光发射器由参考标号1044'指示以方便此处的后续讨论。

[0327] 继续参考图32A,在一些实施例中,像素间距 Λ 的大小可大于发射器尺寸 p 。如本文所讨论的,由于各种物理和电气约束,发光微显示器1030可具有较低的填充因子。例如,每个光发射器1044可以设置在关联区域1049中,该区域的仅一小部分被光发射器1044占据。区域1049的大部分被发射器间区域1045占据。区域1049可被定义为从关联的光发射器1044的末端开始沿着 x 轴延伸像素间距,并且从关联的光发射器1044的末端开始沿着 y 轴延伸像素间距。低填充因子不利地限制使用发光微显示器1030形成的图像的像素密度和最终分辨率。

[0328] 在一些实施例中,用户在第一时间点所见的阵列1042中的光发射器的位置可在第二时间点移到最初位于发射器间区域1045中的位置,从而显示与图像中的这些位置对应的像素。因此,高分辨率图像帧可以分解为低分辨率的子帧,其中第一子帧的像素位于与光发射器的第一位置对应的位置,第二子帧的像素位于与光发射器的第二位置对应的位置,第三子帧的像素位于与光发射器的第三位置对应的位置,以此类推。因此,用户所见的光发射器的位置可进行调整以有效地平铺 (例如,基本平铺) 高分辨率图像的子帧。应当理解,如用户感知的,子帧和高分辨率图像帧占据基本相同的区域 (例如,基本相同的物理尺寸)。例如,子帧的尺寸优选地为高分辨率图像帧尺寸的90%、95%、99%或100%,但它们的像素密度低于高分辨率图像帧。

[0329] 图32B示出了图32A的发光微显示器1030如何被配置为经由阵列或关联的光学器件的时间多路复用和重新定位来模拟更高填充因子的微显示器的示例。如前所述,图32A的发光微显示器1030可被配置为在各个光发射器的感知位置存在偏移的情况下快速连续地形成各个部分分辨率子帧。在这样的实施例中,用户的视觉系统可将这些子帧合并在一起,使得用户感知全分辨率帧。

[0330] 继续参考图32B,所示像素1044a-1044c表示用户在不同时间点看到的第一光发射器1044 (图32A) 的位置。此外,所示像素1044a'-1044c'分别表示第二光发射器1044' (图32A) 在与所示像素1044a-1044c相同的时间点的位置。位于第一位置的第一光发射器1044可针对第一子帧的像素1044a发射光。该像素可表示虚拟内容的渲染帧的第一像素1044a。第一光发射器1044的感知位置然后沿着移位轴移位小于像素间距 Λ 的距离 (例如,移位 Δx 和/或 Δy),并且第一光发射器1044可针对第二子帧的像素1044b发射光。如图所示,第一光

发射器1044的位置沿着x轴移位了 Δx 。像素1044b因此可以是虚拟内容的渲染帧的第二像素1044b。如下文将描述的,第一光发射器1044的几何位置可经由连接到阵列1042(图32A)的致动器移位。因此,第一光发射器1044可在三维空间中物理地重新定位。几何位置还可以经由连接到投影光学器件的致动器移位,来自第一光发射器1044的光通过该投影光学器件路由。因此,第一光发射器1044可保持在相同的物理位置,并且第一光发射器1044的光可通过相对于第一光发射器1044移动投影光学器件的位置而移位。

[0331] 继续参考图32B,在针对像素1044b移动第一光发射器1044的几何位置之后,第一光发射器1044可再次移位(如图所示,移位了 Δx)并且第一光发射器1044可针对虚拟内容的渲染帧的第三子帧中的像素1044c发射光。该像素1044c可表示渲染帧的第三像素。可以针对总共N个子帧重复该过程,这些子帧一起形成虚拟内容的全分辨率渲染帧。对于全帧中的多个像素,阵列1042中的其余光发射器可以类似地针对多个偏移子帧发射光。在图32B的示例中,针对9个子帧重复该过程,使得第一发射器1044提供放置在区域1049内的所有9个像素。这样,阵列1042(图32A)能够以与阵列1042的分辨率相比,在x方向上大三倍,在y方向上大三倍的分辨率输出虚拟内容。

[0332] 在一些实施例中,光发射器阵列1042的感知位置可以以基本连续移动的方式更新。例如,发射器1044的位置可以沿着x方向连续移位直到像素1044c的输出。在此描述的显示系统(例如,一个或多个处理器或处理元件)可以确定发射器1044的位置在该连续移动期间已经移位的程度。显示系统可被配置为确定输出对应于新像素的光的时间。例如,显示系统可以识别发射器1044的位置已经达到对应于像素1044b的距离。显示系统然后可基于与第二子帧中的像素1044b相关联的图像值使发射器1044输出光。利用几何位置的这种连续调整可减少与几何位置移位相关联的抖动(jerkiness)。在一些其他实施例中,几何位置可通过离散步骤移位。例如,发射器1044可以输出对应于像素1044a的光。发射器1044的几何位置然后可通过离散步骤移位并暂停以输出对应于像素1044b的光。阵列1042中的其他光发射器可以类似地与光发射器1044一起移位。例如,光发射器1044'可通过离散步骤移位以在不同的离散步骤中提供像素1044a'、1044b'和1044c'。

[0333] 在一些实施例中,子帧数量N可以由阵列1042的物理特性确定或限制。示例特性可包括最大帧速率(例如,N优选地不大到使得子帧不能在用户视觉系统中合并在一起;所有N个子帧优选地在小于用户的闪烁融合阈值的持续时间内显示,例如小于1/60秒)。其他示例特性包括发射器间距 Λ 、发射器尺寸p等。如上所述,子帧数量N可基于阵列1042中的发射器在发射器间区域1045内的放置位置的数量确定。在图32B的示例中,第一发射器1044可以放置在发射器间区域1045内的9个不同位置。因此,存在多达9个子帧。如果发射器尺寸p较大和/或如果发射器间距 Λ 较小,则子帧数量N会减少。类似地,如果发射器尺寸p较小和/或如果发射器间距 Λ 较大,则子帧数量N会增加。

[0334] 在一些实施例中,N可基于计算发射器间距 Λ 除以发射器尺寸p的向下取整值(floor)来确定。计算的向下取整值可以表示发射器可以在每个方向上被调整或移动的次数。例如,如果 $\Lambda = 2.5$ 微米且 $p = 0.8$ 微米,则N将等于3。因此,存在9个子帧(例如, 3×3)。应当理解,可根据发射器间距 Λ 和/或发射器尺寸p是否沿着x和y方向变化来调整该确定。例如,可能存在发射器间距 Λ_x 和发射器间距 Λ_y 。在该示例中,N因此基于方向变化。子帧数量可确定为 $N_x \times N_y$ 。

[0335] 用于形成中央凹图像的示例发光微显示器

[0336] VR、AR和MR应用中另一可能需要的功能是中央凹成像(foveated imaging)(也简称为中央凹处理),其中显示图像的分辨率在整个图像上变化。特别是,VR、AR和MR可能包括确定用户正在注视哪里的眼睛跟踪系统。鉴于人类视觉系统的局限性(通常在远离用户注视点的视场部分中检测到较少细节),在用户视场外围呈现全分辨率内容(例如,全渲染分辨率的内容)是不合需要的。外围全分辨率内容在渲染时可能会消耗过多处理能力,并且在被显示系统显示时产生过多功耗。换句话说,通过降低远离用户注视点的内容的分辨率以及通过仅将最高分辨率图像内容传送到用户注视的视场部分(例如,位于注视点上以及紧邻注视点),可以在减少处理负载和显示功耗方面获得显著益处。应当理解,注视点对应于聚焦在用户眼睛中央凹上的视场部分;因此,眼睛对这部分视场中的细节具有相对较高的敏感度。

[0337] 中央凹处理(foveation)也可基于除注视点之外的因素。例如,内容创建者可以指定某些内容(例如文本)以全分辨率显示,即使用户将视线从内容上移开。作为另一示例,内容创建者可以指定中央凹处理应该仅在特定条件下有效。作为其他示例,中央凹处理可以是用户可选择的设置或者可以作为电池电量下降的结果自动启用。在至少一些实施例中,中央凹处理可通过仅将最高分辨率传送到用户注视的视场部分(例如,由图33中的中央凹区域A表示)中的图像部分来节省显示资源(数据、像素、带宽、计算),同时将较低分辨率的图像传送到外围部分(例如,由图33中的外围区域B表示)。

[0338] 图32C、图32D和图33分别示出了用于提供中央凹图像1130、1140和1200的图32A的阵列1042的配置的示例。

[0339] 图32C示出了由诸如图32A的发光微显示器1030之类的发光微显示器形成的中央凹图像1130的示例。图32A的阵列1042可被配置为为虚拟内容的渲染图像1130提供两个级别的分辨率。具体地,光发射器阵列1042可以在中央凹区域1132(期望聚焦到用户中央凹的图像部分)中提供全分辨率(或相对高的分辨率),并且可以在第二区域1134中提供部分分辨率(相对低的分辨率)。中央凹区域1132的位置可根据用户的注视点位置来确定。例如,可以采用注视检测方案。注视检测方案可以跟踪用户的眼睛。例如,可以在每只眼睛中识别光瞳。可以从每个识别出的光瞳扩展一个向量,并且可以确定这些向量在三维空间中的交点。该交点可表示用户的注视点。中央凹区域1132可以对应于在该注视点的阈值角距离内的渲染图像1130的一部分。有关中央凹处理和用户注视点检测的其他详细信息可在美国专利申请公开号2018/0275410中找到,该申请的全部公开内容在此纳入作为参考。

[0340] 为了针对中央凹区域1132提供高分辨率,同时针对第二区域1134保持较低分辨率,阵列1042(图32A)中的光发射器1044可以不同地更新。再次参考图32B的示例,其中发射器针对虚拟内容的全分辨率帧更新N次(例如,9次),对应于中央凹区域1132中的像素的光发射器1044的一部分可以更新N次。相反,对应于第二区域1134中的像素的光发射器1044的剩余部分可以在每个渲染帧中更新少于N次(例如,1次、2次、3次等)。作为示例,光发射器1044的感知位置可以如本文所述那样移位。对于对应于中央凹区域1132的光发射器,可以针对感知的光发射器位置的每次移位更新光发射器1044。例如,这些发射器可产生对应于针对每个发射器位置而被包括的更新像素值的光。更新像素值可以表示包括在虚拟内容的全分辨率帧的各个子帧中的像素值。对于包括在第二区域1134中的发射器,发射器无法在

每次移位时更新。例如,这些发射器可针对两个或更多个几何位置产生对应于相同像素值的光,或者可以简单地不输出光。结果,这些发射器可以跳过(例如,不提供)包括在一个或多个子帧中的像素值。

[0341] 第二区域1134在图32C中示出为具有包括在阵列1042中的发射器的物理阵列的分辨率,然而这仅仅是一种选择。如果需要,第二区域1134中的部分分辨率可以具有低于物理阵列1042的分辨率。例如,区域1134中的发射器的一部分可被停用。备选地,第二区域可以具有高于物理阵列1042的分辨率。例如,对应于区域1134的光发射器的感知位置可以移位以显示每个图像帧1130的多个子帧的像素,尽管按渲染帧在区域1134中显示的像素数少于在中央凹区域1132中显示的像素数。

[0342] 图32D示出了诸如图32A的发光微显示器1030之类的发光微显示器的示例,其被配置为在图像内形成具有三个或更个级别的分辨率的中央凹图像。对于所示的显示图像1140,图32A的阵列1042可被配置为在每个显示图像1140中提供三个级别的分辨率,第一区域1142具有全分辨率,第二区域1144具有中间分辨率,第三区域1146具有低分辨率。通常,阵列1042可被配置为实现具有任何所需数量的不同分辨率区域的中央凹处理,并且可以任意选择显示内任何位置的分辨率(例如,通过选择总子帧的多少像素用于阵列的每个光发射器位置)。例如,对于第一区域1142中的像素,对应的光发射器可提供每个子帧的像素信息,对于第二区域1144,对应的光发射器可以提供较少子帧的像素信息,并且对于第三区域1146,对应的光发射器可以提供更少子帧的像素信息。在一些实施例中,需要在高分辨率和低分辨率区域之间平滑过渡。如上所述,可通过逐渐减少各个光发射器提供其信息的子帧数量来实现这种过渡。

[0343] 参考图32C和图32D,中央凹区域(例如,区域1132和1142)和过渡区域1144为了便于说明被示为矩形(正方形),并且应当理解,这些区域可具有任何形状。例如,这些区域可以具有圆形、星形、椭圆形等形状。图33示出了由发光微显示器提供的中央凹图像的另一示例。如图33所示,最高分辨率可以仅提供给中央凹部分1202,该部分可以具有圆形形状并且由区域A 1202表示。在视场的中央凹部分之外(例如,在区域B 1204中),可以降低显示图像的分辨率,从而减少与渲染相关的处理负载并降低显示功耗。

[0344] 在图32C、图32D和图33的每一个中,中央凹图像的高分辨率部分的位置可根据用户的眼睛姿势或注视方向(例如,由包括诸如图6的相机组件630之类的组件的眼睛跟踪系统确定)确定。例如,当用户直视前方时,高分辨率部分(例如,中央凹区域1132、第一区域1142和区域A 1202)可能大致位于中央凹图像的中心,并且当用户向左看时,高分辨率部分可能向左侧偏移。以这种方式,可以沿用户注视的方向(例如,在注视点)向用户呈现相对高分辨率的图像,而在其外围视觉中的图像部分中呈现较低分辨率。

[0345] 发光微显示器和/或显示光学器件的示例移动

[0346] 如本文所讨论的,可通过移动光投影系统部件(例如,光发射器1044(图32A)和/或投影光学器件1070(图11A、图12至图14、图24A至图24B、图26A至图26C和图29至图30C))的物理位置来移动显示像素的位置。另如本文所讨论的,物理位置可以使用机械连接到要移位的部件的致动器来移位。应当理解,可通过例如移动包含光发射器的阵列来移动光发射器的位置。

[0347] 在一些实施例中,这些移位可通过离散步骤进行。例如,光发射器和/或投影光学

器件在它们发射光以形成单独子帧的像素的同时可以是静止或基本静止的。然后可以在不同子帧的呈现之间移动光发射器和/或投影光学器件的位置。

[0348] 在一些实施例中,当光发射器正在显示或投影单独子帧的同时,光发射器和/或投影光学器件可以在速度降低或不降低的情况下在子帧之间连续移动。与通过小步骤精确地开始和停止光发射器和/或投影光学器件的移动相比,这种连续移动有利地更容易实现。在任一情况下,结果仍然是相对低分辨率和低填充因子的阵列1042 (图32A) 模拟相对高分辨率和高填充因子的阵列。

[0349] 图34示出了用于移动显示像素位置的发光微显示器部件的各种示例移动路径。例如,如本文所述,可以使用连接到一个或多个发光微显示器或连接到一个或多个投影光学器件的致动器来进行移动。致动器可以使发光微显示器和/或投影光学器件沿着所示路径在平面上移动。在图34中,每个编号的位置可以理解为不同子帧的像素的光的发射位置;因此,每个编号的位置与不同的子像素相关联。优选地,在闪烁融合阈值内完成各种移动路径的一个循环并返回到初始位置。

[0350] 在一些实施例中,可通过使用两个致动器来进行移动。例如,第一致动器可以在第一方向(例如,x方向)上调节移动,而第二致动器可以在第二方向(例如,y方向)上调节移动。在一些实施例中,第一致动器和第二致动器可以求积地(quadratures)操作(例如,相对于彼此180度相移)。例如,第一致动器可以执行余弦移动,而第二致动器可以执行正弦移动,这两个移动组合以定义一个圆。因此,在一些实施例中,应当理解,本文中的各种致动器(例如,致动器1504、1504a-c等)可被理解为包含两个组成致动器的集合结构,每个组成致动器提供沿特定轴的移动。

[0351] 继续参考图34,在移动模式1300中,几何位置可以在两点之间来回移动(例如,振荡),从而提供是阵列的基本分辨率的两倍的感知像素分辨率。应当理解,基本分辨率是在没有如本文所讨论的那样移动阵列的情况下,由阵列提供的分辨率。在移动模式1302中,移动路径可以定义三角形形状,这可以将阵列1042的基本分辨率增加多达三倍。在移动模式1304中,移动路径可以定义矩形模式,从而将阵列1042的基本分辨率增加多达四倍。在移动模式1306中,几何位置可以以矩形模式移动,从而将阵列1042的基本分辨率增加多达六倍。应当理解,不同的子帧不一定呈现在每个编号位置,因此,如上所述,分辨率的增加可能“达到”特定倍数。

[0352] 在一些实施例中,继续参考图34,应当理解,可以在各种图示路径的每个支路上呈现其他附加子帧。例如,在移动路径1300的从位置1到位置2的支路上,一个或多个子帧可以呈现在路径上位于位置1和2之间的不同点处。在这样的布置中,分辨率可以至少增加上面针对每个移动模式所述的关联倍数。

[0353] 现在参考图35A和图35B,举例说明了光发射器和投影光学器件的位移如何改变显示像素的位置。如图35A所示,沿平面阵列1400上的一条线使物点(例如,各个光发射器)移位 δ (可以表示沿该线移动阵列)可将透射通过投影光学器件1070的光线从第一方向 α_1 1404改变为第二方向 α_2 1406。由于光发射器的位置已经移动,因此这种方向上的改变将导致由所示光发射器提供的像素发生移位。透射通过投影光学器件1070的光线的方向可以与物点的位置具有大致1-1对应关系。因此,发光微显示器可沿着一个或多个轴移位以移动显示像素的位置。

[0354] 如图35B所示,将投影光学器件1070移位 δ 还会将透射光线的方向从第一位置 α_1 1404改变到第二位置 α_2 1406。应当理解,投影光学器件1070沿着一个或多个轴的移位可基于与投影光学器件1070相关联的物理特性。例如,投影光学器件1070向上调整的程度可取决于投影光学器件1070的物理特性,以及投影光学器件1070对光路的影响。示例特性可包括焦距、透镜类型、折射率、曲率半径等。

[0355] 因此,本文描述的用于提高发光微显示器分辨率的技术可通过投影光学器件或其他光学组件在发光微显示器和用户之间的位移来实现。此外,如以上关于图9A至图9E所述,全彩发光微显示器可采用三个发光微显示器,每个发光微显示器具有不同颜色(例如,红色阵列、绿色阵列和蓝色阵列),这些颜色的光被光学组合,然后通过公共投影光学器件投影。在这样的实施例中,可容易实现公共光学器件的受控位移,因为如本文所述,仅需要单个位移致动器(或致动器组)来移位公共光学器件,而不是用位移致动器(或致动器组)来移位每个发光微显示器。

[0356] 示例发射微显示系统

[0357] 如本文所讨论的,可以移动光投影系统的各个部件以提供显示像素的位置的期望移动,并且可以使用机械地连接到要移动的部件的致动器来实现该移动。

[0358] 图36A示出了具有光投影系统的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统具有耦合到投影光学器件的致动器。光投影系统1010和致动器1504一起可被称为投影系统1500。应当理解,投影系统1500的光投影系统1010可以采用本文公开的各种配置中的任一种(例如,如关于图11A、图12至图14、图24A所示和讨论的)。就微透镜、微反射器或光栅与投影系统1500的光发射器(例如,如图24B、图26A至图26C以及图29至图30C所示)一起使用而言,微透镜、微-反射器或光栅优选地被配置为提供小于像素间距的有效像素尺寸以允许足够稀疏的阵列,从而促进本文所述的位置移动。此外,如本文所讨论的,致动器1504或致动器1504a-1504c可分别包括或以其他方式表示引起沿不同轴的移动的两个致动器。

[0359] 继续参考图36A,致动器的一个示例是压电致动器。如本文所述,致动器1504可以沿着平面(例如,平行于其上布置有目镜1020的平面的平面)上的一个或多个轴来调整投影光学器件1070的位置。例如,致动器1504可以沿着该平面上的两个交叉轴移动投影光学器件1070(例如,使用二维压电电动机)。如图所示,投影光学器件将来自发光微显示器1030a-1030c的光输出到目镜1020的波导的耦入光学元件1022a-1022c。

[0360] 光投影系统1010可以利用单色发光微显示器1030a、1030b、1030c,每个发光微显示器被配置为输出不同的分量颜色。如上所述,光学组合器1050(例如二向色X-立方体)可以将来自发光微显示器1030a-1030c发射的光重定向到投影光学器件1070。

[0361] 在一些实施例中,投影光学器件1070被配置为接收来自发光微显示器1030a-1030c的图像光,致动器1504被配置为移动投影光学器件1070,然后导致由光投影系统1500输出的图像光移位。因此,由阵列呈现的像素可被感知为发生位置调整,例如如本文所述,以跨发射器间区域平铺子帧;发光微显示器1030a-1030c可以输出对应于多个子帧的光。这些子帧可以快速连续地呈现(在闪烁融合阈值内),使得用户可以将它们感知为在虚拟内容的全分辨率帧中同时呈现。

[0362] 在一些实施例中,发光微显示器1030a-1030c中的一个或多个可以相对于其他发光微显示器、光学组合器1050和投影光学器件1070独立移动。在这样的实施例中,每个可独

立移动的微显示器-显示器可以具有关联的独立移动致动器1504。图36B示出了具有光投影系统1500的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统1500具有多个致动器1504a-1504c,每个致动器耦合到不同的发光微显示器1030a-1030c。致动器1504a-1504c因此可以移动其关联的分量颜色发光微显示器1030a-1030c。该实施例可以允许每种分量颜色发光微显示器1030a-1030c移到各自的位置以输出相同的子帧,使得子帧在用户的眼睛中重叠。在一些实施例中,分量颜色发光微显示器1030a-1030c可以沿着不同的路径移位。

[0363] 再次参考图36A至图36B,致动器1504或1504a-1504c可经由包括在显示系统中的一个或多个处理元件来控制。此外,发光微显示器1030a-1030c对图像光的输出可以与致动器1504或1504a-1504c的移动同步。例如,发光微显示器1030a-1030c可基于信号或指令输出光,表明致动器1504或1504a-1504c,由致动器移动的光投影系统1500的部件已经移到一个或多个位置。该信号或指令可用于如上所述的连续移动模式或离散移动模式。该信号或指令可由显示系统,例如一个或多个处理器或处理元件生成。在一些实施例中,光投影系统1500是显示系统60(图9E)的一部分,并且用于致动器1504和发光微显示器1030a-1030c的控制元件可以是处理模块140或150(图9E)的一部分。

[0364] 在一些实施例中,致动器1504或1504a-1504c可以例如根据图34所示的移动模式连续地移动光投影系统1500的机械耦合部件,并且发光微显示器1030a-1030c可以周期性地产生光。关于连续移动模式,发光微显示器1030a-1030c可以与也由致动器1504和/或1504a-1504c使用的信号(例如,时钟信号)同步,从而在子帧的期望位置呈现这些子帧。例如,致动器1504可根据已知的移动模式(例如,基于点击信号的已知速度)移动投影光学器件1070。因此,发光微显示器1030a-1030c可以利用该信号来识别投影光学器件1070已经沿着移动模式移动的程度。当投影光学器件1070处于与新子帧相关联的位置时,发光微显示器1030a-1030c然后可以输出例如对应于新子帧的光。

[0365] 在一些实施例中,如本文所讨论的,时分复用可用于微显示器1030a、1030b、1030c。例如,可以在不同时间激活不同的发光微显示器1030a、1030b、1030c以产生不同的分量颜色图像。

[0366] 在一些实施例中,致动器1504a-1504c可被移动以完成至少一个移动循环(例如,移动路径1300-1306的循环,图34),在该循环期间,发光微显示器1030a-1030c中只有一个产生单一分量颜色的子帧。在一些实施例中,在完成一个循环之后,第二分量颜色的子帧由微显示器中的第二微显示器在致动器移动的第二循环期间产生;并且在完成该第二循环之后,第三分量颜色的子帧由微显示器中的第三微显示器在致动器移动的第三循环期间产生。因此,致动器移动的每个循环产生一组平铺的子帧,总共三组循环和子帧,其中存在三种分量颜色(组数等于分量颜色的数目)。优选地,在闪烁融合阈值内完成每个分量的完整子帧集。

[0367] 虽然目镜1020在图36A至图36B中被示为包括波导堆叠,但是应当理解,在一些实施例中,目镜1020可包括单个波导,如本文所公开的。图37A示出了具有光投影系统1500的可穿戴显示系统的示例,该光投影系统1500具有包含单个波导1020a的目镜1020。所示的单个波导目镜1020可以类似于关于图13B、图14、图30A以及图31A至图31B示出和讨论的目镜。

[0368] 此外,如本文所讨论的,单个微显示器可以发射两种或更多种(例如,所有)分量颜色的光(例如,发射红色光、绿色光和蓝色光)。例如,图14示出了具有单个全彩发光微显示

器1030b的可穿戴显示系统的示例,该微显示器可以发射每种分量颜色的光。在一些实施例中,如本文所讨论的,这样的微显示器和/或相关投影光学器件可被移动以呈现图像的不同像素。

[0369] 图37B示出了具有光投影系统1010的可穿戴显示系统的示例,其中单个光发射器的阵列输出一种或多种不同分量颜色的光。如图所示,光投影系统1010可包括发光微显示器1030b,该发光微显示器包括光发射器3744的阵列3742。在一些实施例中,阵列3742可被配置为发射由显示系统用于形成全彩图像的所有分量颜色的光。例如,微显示器1030b可包括光发射器阵列,每个光发射器产生红色光、绿色光和蓝色光。

[0370] 优选地,给定像素的每种分量颜色从阵列3742的重叠区域发射,这可以有利地促进本文所述的移位以提供图像的不同像素。例如,光发射器3744可被理解为分别包括一叠组成光发生器,每个组成光发生器被配置为发射不同的关联分量颜色的光。在一些实施例中,微显示器1030b可包括同轴红色、绿色和蓝色堆叠的组成光发生器。

[0371] 有利地,继续参考图37B,通过发射每种分量颜色,微显示器1030b可以因此避免使用光学组合器,例如本文描述的光学组合器1050。来自微显示器1030b的光(例如,多分量光)可通过投影光学器件1070路由到目镜1020。如上至少关于图36A所述,致动器1504可以调整投影光学器件的位置以形成图像的不同像素。在一些实施例中,可以使用单个波导目镜1020来接收光(例如,经由被配置为耦入每种分量颜色的入射光的耦入光学元件1122a)。

[0372] 虽然图37B示出了致动器1504调整投影光学器件1070的位置,但可以理解,如本文所讨论的,致动器1504可以附加地或替代地附接到微显示器1030b上以调整微显示器1030b的位置,以移动微显示器1030b来提供不同像素。图37C示出了类似于图37B的可穿戴显示系统,不同之处在于致动器1504附接到微显示器1030b上而不是投影光学器件1070上。

[0373] 如上所述,在使用不同微显示器来产生不同分量颜色的光的一些实施例中,投影系统可以使用光学组合器来组合单独产生的不同颜色的光。例如,可以采用X-立方体来组合来自不同微显示器1030a-1030c(图36B)的光。组合光可以路由通过投影光学器件1070并且被引导到包括一个或多个波导的目镜1020。

[0374] 在一些实施例中,并且如图38A至图38D所示,即使在使用不同的微显示器来产生不同分量颜色的光的情况下,也可以从投影系统1500中省略光学组合器。例如,微显示器1030a-1030c可分别经由投影光学器件1070a-1070c中的一个专用关联的投影光学器件将光路由到目镜1020。如图所示,微显示器1030a具有关联的投影光学器件1070a,该投影光学器件1070a将光聚焦到关联的耦入光学元件1022a上;微显示器1030b具有关联的投影光学器件1070b,该投影光学器件1070b将光聚焦到关联的耦入光学元件1022b上;微显示器1030c具有关联的投影光学器件1070c,该投影光学器件1070c将光聚焦到关联的耦入光学元件1022c上。

[0375] 应当理解,在其中不使用光组合器1500的实施例中,可以实现若干示例益处。例如,当省略中间光学组合器1500时,可以改善光收集,因为微显示器1030a-1030c可以放置得更靠近投影光学器件1070a-1070c。因此,可以实现更高的光利用效率和图像亮度。作为另一示例,投影系统1500可以被简化并且可定制以适应特定分量颜色的光。例如,可以针对由微显示器1030a-1030c产生的每种分量颜色的光分别校准每个单独的投影光学器件1070a-1070c的光学器件设计。以此方式,投影系统1500可避免对投影光学器件消色差的需

要。

[0376] 作为另一示例益处,并且如图38A所示,来自每个投影光学器件1070a-1070c的光可以有利地更具体地聚焦到各自关联的耦入光学元件1022a-1022c上。关于图36A至图36B,组合光经由投影光学器件1070路由到目镜1020。如图所示,光可以经由不同的耦入光学元件1022a-1022c耦入。在图36A至图36B的示例中,目镜1020包括三个示例波导,这些波导耦入由微显示器1030a-1030c产生的相应分量颜色。然而,应当理解,每种分量颜色可能不会精确地聚焦在目镜1020的相应耦入元件1022a-1022c上。作为非限制性示例,图36A至图36B示出了在耦入元件1022b和1022c之间的深度处聚焦的组合光。

[0377] 相比之下,图38A至图38B的示例允许将每种分量颜色更精确地聚焦到相应的耦入元件1022a-1022c上。用于每种分量颜色的投影光学器件1070a-1070c可被配置为将光精确地聚焦到相应的耦入元件1022a-1022c上。在一些实施例中,这种精确聚焦可通过提供每种分量颜色的聚焦良好的图像来提高图像质量。

[0378] 图38A示出了不带光学组合器(例如,上述光学组合器1050)的光投影系统1500的示例。在所示示例中,三个微显示器1030a-1030c向相应的投影光学器件1070a-1070c提供光(例如,分量颜色光)。投影光学器件1070a-1070c可以连接到连接元件3802或以其他方式沿着连接元件3802定位。连接元件3802可通过致动器1504调整位置。因此,致动器1504可以调整形成一体结构的投影光学器件1070a-1070c的位置。来自每个微显示器1030a-1030c的光可以通过投影光学器件1070a-1070c路由并聚焦到包括在目镜1020中的相应耦入元件1022a-1022c上。

[0379] 图38A示出致动器1504经由连接元件3802调整投影光学器件1070a-1070c的位置。在一些实施例中,每个投影光学器件1070a-1070c可包括其自己的专用致动器。例如,投影系统1500可包括用于调整三个投影光学器件1070a-1070c中的相应一个的位置的三个致动器。

[0380] 图38B示出了具有不带光学组合器的光投影系统的可穿戴显示系统的另一示例。在一些实施例中,微显示器1030a-1030c可以形成单个一体单元,例如,微显示器1030a-1030c放置在单个背板3804上。在一些实施例中,背板3804可以是硅背板,其可包括用于微显示器1030a-1030c的电子组件。类似于图38A,所示的致动器1504可以调整连接元件3802的位置。

[0381] 应当理解,图38A至图38B的致动器可以附接到并被配置为移动微显示器1030a-1030c而非投影光学器件1070a-1070c。例如,图38C示出了在其他方面类似于图38A的可穿戴显示系统的可穿戴显示系统,不同之处在于省略了附接到投影光学器件1070a-1070c上的致动器1504,并且每个微显示器1030a-1030c改为分别具有关联的致动器1504a-1504c。在其中微显示器1030a-1030c连接在一起的一些实施例中(例如,其中两个或多个微显示器例如通过共享公共背板物理连接在一起),可通过单个致动器1504改变微显示器1030a-1030c中物理连接的微显示器的位置。例如,图38D示出了在其他方面类似于图38B的可穿戴显示系统的可穿戴显示系统,不同之处在于省略了附接到投影光学器件1070a-1070c上的致动器1504,并且将致动器1504改为附接到物理连接在一起的微显示器1030a-1030c,以便一起移动这些微显示器。

[0382] 在以上描述中,至少关于图36A至图38D,一个或多个致动器被描述为引起可穿戴

显示系统的不同组件的位移或移动。虽然在这些图中的每一个中,为了便于说明和讨论,将一个或多个致动器示出为移动相同类型的组件(例如,微显示器或投影光学器件),但在一些实施例中,致动器可用于调整两种或更多种类型的位置组件的位置(例如,在同一显示系统中,致动器可以附接到并配置为调整这些图中所示的微显示器和投影光学器件两者的位置)。

[0383] 例如,图36A示出了用于调整投影光学器件1070的位置的致动器1504,图36B示出了用于分别调整微显示器1030a-1030c的位置的致动器1504a-1504c。在一些实施例中,可穿戴显示系统可同时包括致动器1504和致动器1504a-1504c,其中致动器1504被配置为调整投影光学器件1070的位置,而致动器1504a-1504c被配置为调整微显示器1030a-1030c的位置。例如,可以同时调整微显示器1030a-1030c和投影光学器件1070的位置。作为另一示例,投影光学器件1070和微显示器1030a-1030c的位置可以在不同时间(例如,顺序地)进行调整。

[0384] 类似地,参考图37B和图37C,在一些实施例中,微显示器1030b和投影光学器件1070两者可以具有关联的致动器1504,用于分别移动微显示器1030b和投影光学器件1070(例如,用于同时或在不同时间移动这些组件)。在一些实施例中,同一显示系统可同时包括并使用致动器1504(图38A中所示)和致动器1504a-1504c(图38C中所示),用于分别调整投影光学器件1070a-1070c和微显示器1030a-1030c的位置。参考图38B和图38D,在一些实施例中,同一显示系统可包括具有第一关联的致动器1504的投影光学器件1070a-1070c,并且连接在一起的微显示器1030a-1030c可分别具有第二关联的致动器1504。

[0385] 示例流程图

[0386] 图39示出了用于输出虚拟内容的渲染帧的子帧的示例过程的流程图。为方便起见,该过程将被描述为由具有一个或多个处理器(例如,在图9E的本地处理和数据模块140或在远程处理模块150中)的显示系统执行。

[0387] 在框3902处,显示系统获取虚拟内容的渲染帧。如上所述,显示系统可以产生虚拟内容的帧以呈现给用户。例如,本地处理器和数据模块140可包括一个或多个图形处理元件。模块140然后可以产生虚拟内容的渲染帧。

[0388] 如图32至图36中所描述的,渲染帧可以至少部分地以大于包括在光投影系统的微显示器中的光发射器(例如,微型LED)的分辨率(例如,像素密度)的分辨率渲染。每个子帧可基于由光发射器产生的光形成。用于形成全分辨率帧的每组子帧可以快速连续地(例如,在闪烁融合阈值内)连续输出,使得它们可以被用户感知为同时呈现以形成全分辨率渲染帧。

[0389] 在框3904处,显示系统输出形成第一子帧的光。当形成第一子帧时,显示系统可以选择包括在渲染帧中的像素。例如,并且如图32A至图32D中所描述的,可以存在阈值数量的子帧(例如,9个子帧)。因此,显示系统可以选择对应于这些阈值数量的子帧中的第一子帧的像素。例如,显示系统可以将渲染的帧划分为阈值数量的子帧。显示系统然后可以存储这些子帧并使发射元件产生形成每个子帧的光。可选地,模块140可被配置为产生子帧而非完整的渲染帧。显示系统然后使光投影系统输出形成第一子帧的光。应当理解,各个子帧的像素是交错或混合的,使得不同子帧的像素可占据分隔其他子帧的像素的空间。

[0390] 在框3906处,显示系统移动显示像素的位置。如图35A至图35B中所描述的,像素位

置可被感知为经由致动器调整位置,这些致动器移动光投影系统的部件,以改变通过该投影系统的光的路径。例如,一个或多个致动器可以调整包括在光投影系统中的一个或多个发光微显示器的位置。作为另一示例,一个或多个致动器可以调整包括在光投影系统中的投影光学器件的位置。这些调整可导致来自发射元件的光被调整位置。

[0391] 如上所述,显示系统可以连续移动光投影系统的部件。例如,致动器可以遵循诸如图34所示的移动模式之类的移动模式。显示系统还可经由一个或多个致动器发起光投影系统的离散调整。例如,可以针对每个子帧离散地调整光投影系统的各个部件的位置。

[0392] 在框3908处,显示系统在改变光投影系统的可移动部件的位置之后输出形成第二子帧的光,使得形成第二子帧的光针对第二子帧在期望位置提供像素。显示系统可以选择形成第二子帧的渲染帧的像素。可选地,模块140可以渲染第二子帧。显示系统然后可以使光投影系统输出形成第二子帧的光。

[0393] 然后,显示系统可以继续移动所显示和输出的连续子帧的位置,直到形成完整的渲染帧。

[0394] 本文描述了本发明的各种示例实施例。以非限制性的意义参考这些示例。提供这些实施例是为了说明本发明更广泛适用的方面。在不脱离本发明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成等同物。

[0395] 例如,尽管有利地与跨多个深度平面提供图像的AR显示器一起使用,但是本文公开的虚拟内容也可以由在单个深度平面上提供图像的系统来显示。

[0396] 此外,可以进行许多修改以使特定情况、材料、物质组成、过程、过程动作或步骤适应本发明的目的、精神或范围。此外,如本领域技术人员将理解的,本文描述和示出的每个单独的变型具有分立的部件和特征,其可以容易地与任何其它几个实施例的特征分离或组合,而不脱离本发明的范围或精神。所有这些修改旨在落入与本公开相关的权利要求的范围内。

[0397] 本发明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。换言之,“提供”动作仅需要用户获得、访问、接近、定位、设置、激活、加电或执行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在逻辑上可能的所述事件的任何顺序进行,也可以以所述的事件顺序进行。

[0398] 此外,应该理解,在此描述和/或在附图中示出的每种处理、方法和算法可以体现在由被配置为执行特定和特殊计算机指令的一个或多个物理计算系统、硬件计算机处理器、专用电路和/或电子硬件执行的代码模块中,以及完全或部分地由所述代码模块自动执行。例如,计算系统可以包括用特定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,或者可以用解译的编程语言编写。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。

[0399] 此外,本公开的功能的某些实施例在数学上、计算上或技术上足够复杂,因此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)来执行功能(例如由所涉及的计算量或复杂性决定)或基本实时地提供结果。例如,视频可以包括许多帧,每帧具有数百万个像素,并且需要专门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提供所需的图像处理任务或应用。

[0400] 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器件,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器件,这些器件的组合等等。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)中的一个或多个的一部分。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的和基于导线/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分组或帧)。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器件中,或者可以经由计算机可读传输介质来传送。

[0401] 在此描述和/或在附图中示出的任何处理、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、修改或其它方式的改变。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此处描述的功能中的部分或全部。此处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,例如顺序地执行、并发地执行或以某种其它方式执行。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,此处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。

[0402] 本发明的示例方面以及关于材料选择和制造的细节已经在上文中阐述。至于本发明的其他细节,这些可以结合上面引用的专利和公开以及本领域技术人员公知或领会的来领会。关于本发明的基于方法的方面,就通常或逻辑上采用的附加动作而言,这同样适用。

[0403] 此外,虽然本发明已经参考可选地结合各种特征的几个示例进行了描述,但是本发明不限于关于本发明的每个变体所构想的描述或指示的内容。在不背离本发明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成等同物(无论是在本文中引用还是为了某种简洁而未包括在内)。此外,在提供值范围的情况下,应当理解,在该范围的上限和下限之间的每个中间值,以及该所述范围内的任何其他所述的值或中间值都包含在本发明内。

[0404] 此外,可以构想,所描述的发明变体的任何可选特征可以独立地,或者与本文描述的任何一個或多个特征组合地提出和要求保护。对单数项的引用包括存在多个相同项的可能性。更具体地,如本文和与其相关的权利要求中所使用的,单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”包括复数所指对象,除非另有具体说明。换言之,制品的使用允许与本公开相关联的上述描述以及权利要求中的主题项目的“至少一个”。还应注意,可以起草此类权利要求以排除任何可选元素。因此,本声明旨在作为结合权利要求要素的叙述使用诸如“仅”、“只有”等之类的排他性术语的使用,或“否定”限制的使用的先行基础。在不使用这些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”应允许包含任何附加要素,无论这些权利要求中是否列举了给定数量的要素,或者特征的添加可被视为正在改变在此类权利

要求中阐述的要素的性质。

[0405] 因此,权利要求不旨在限于本文所示的实施例,而是符合与本公开、本文公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

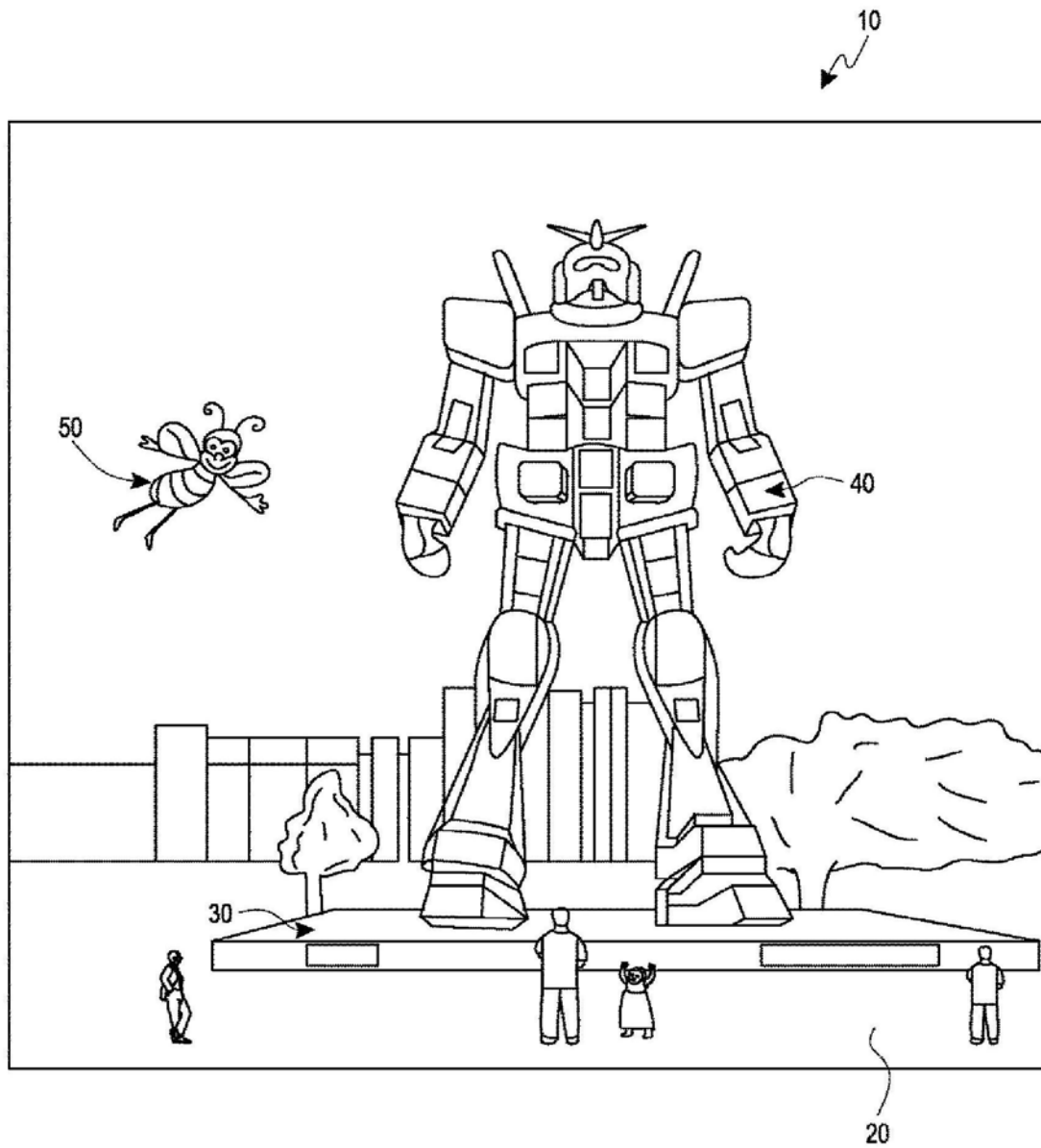


图1

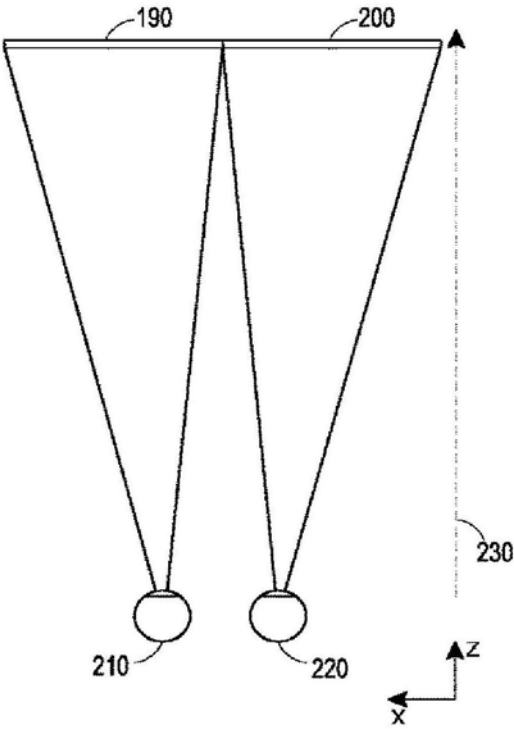


图2

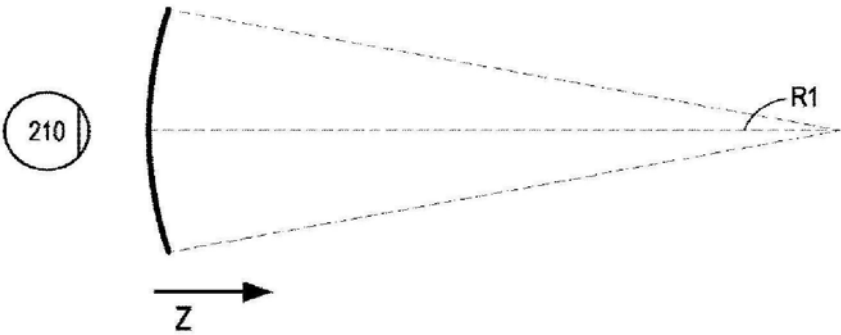


图3A

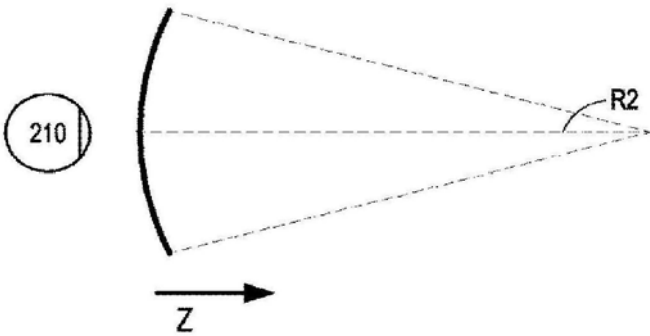


图3B

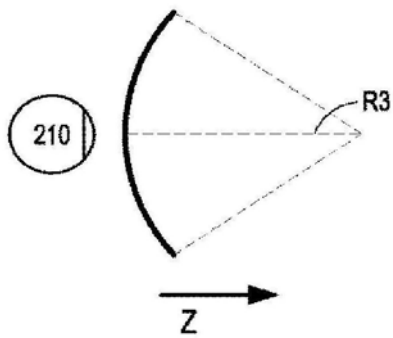


图3C

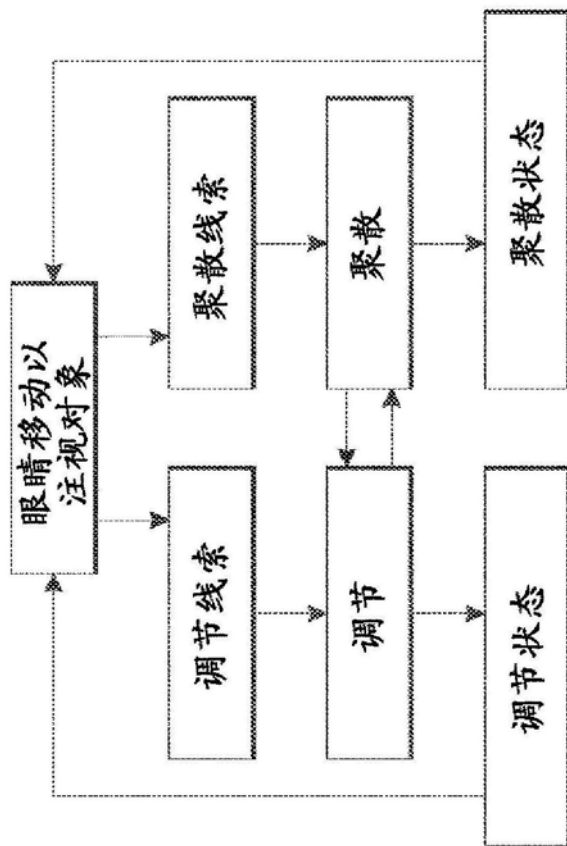


图4A

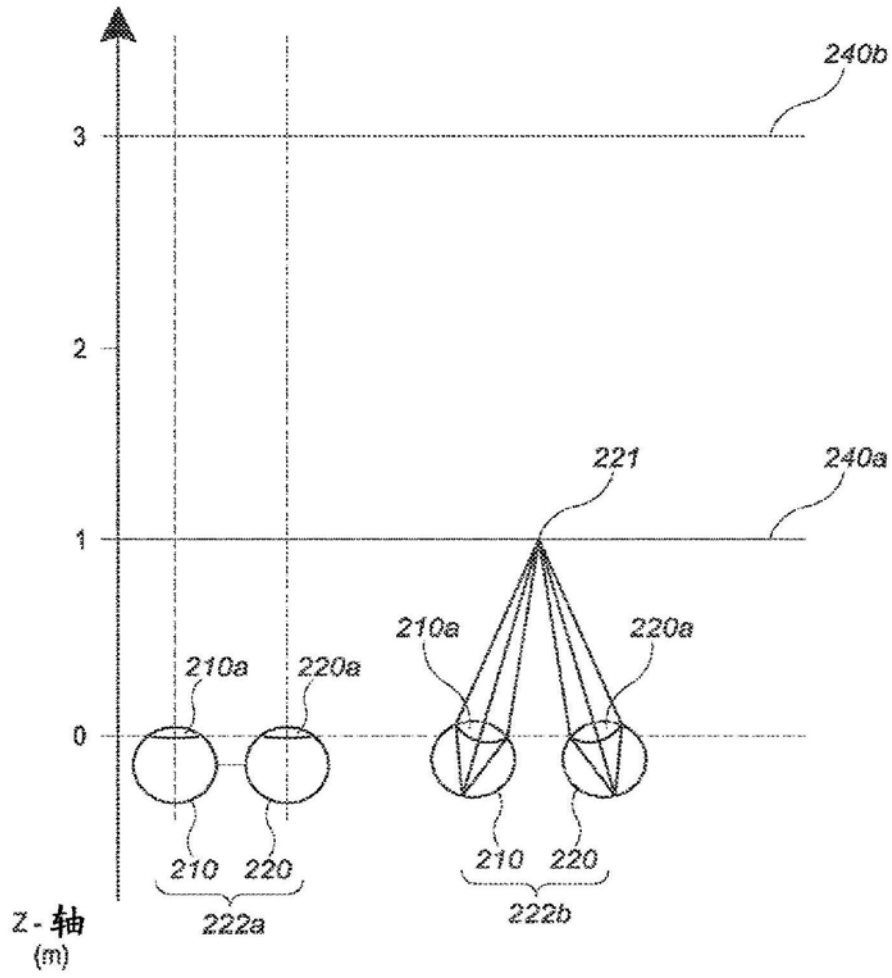


图4B

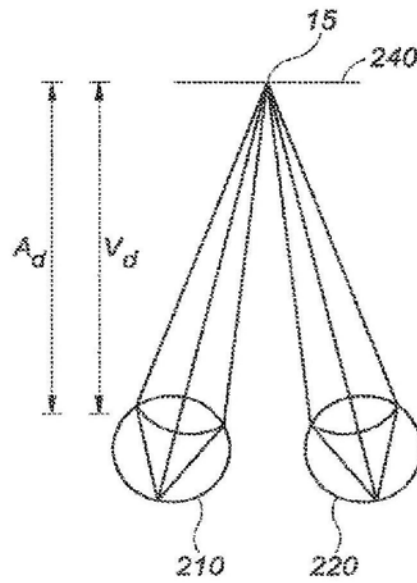


图4C

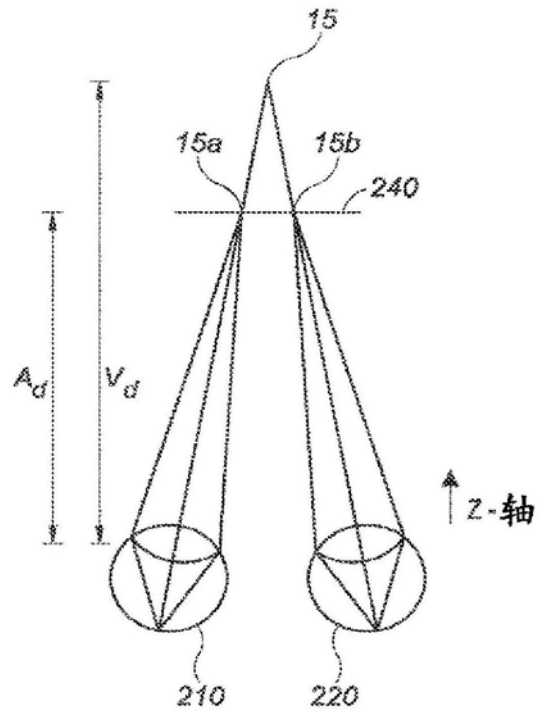


图4D

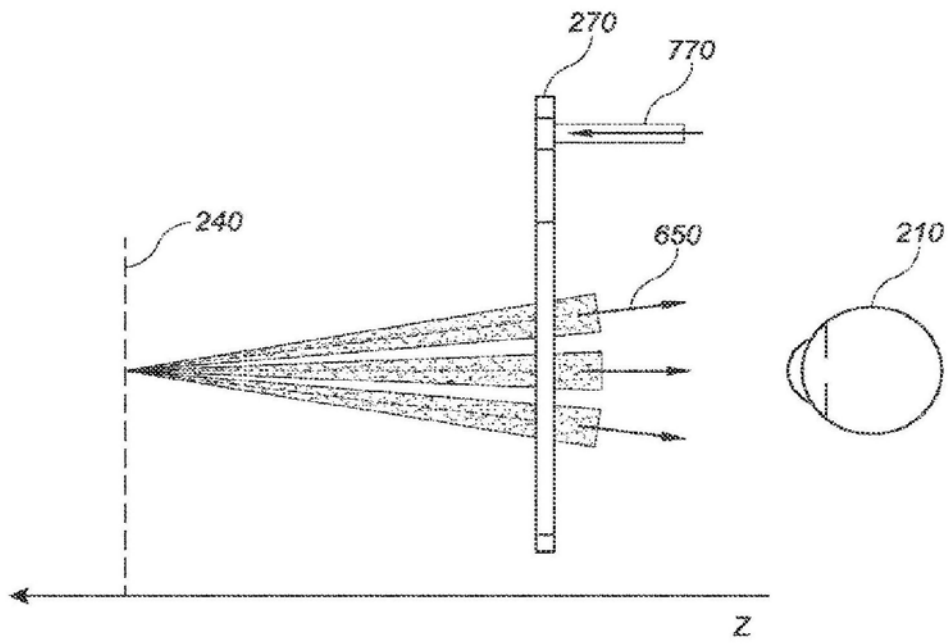


图5

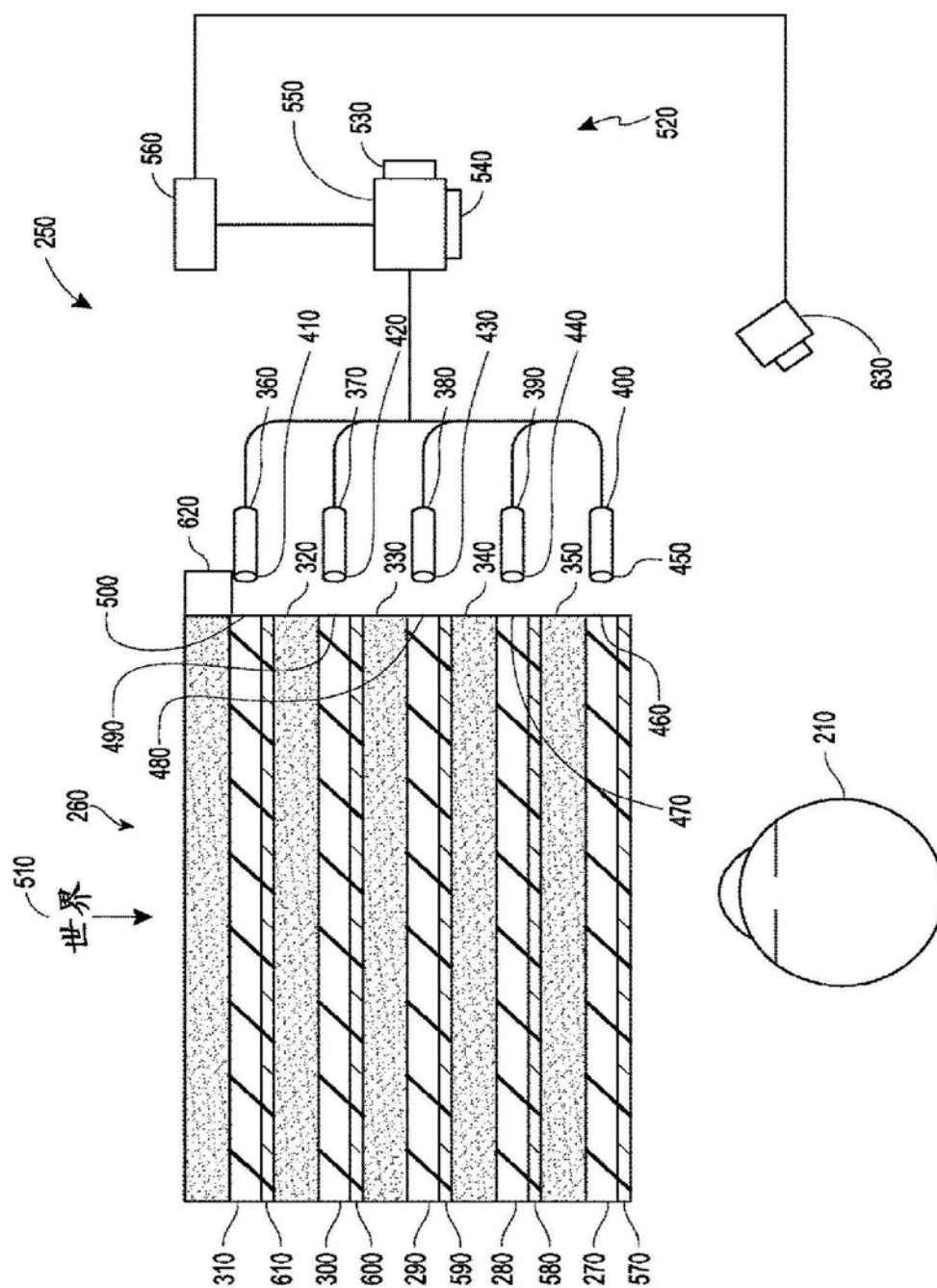


图6

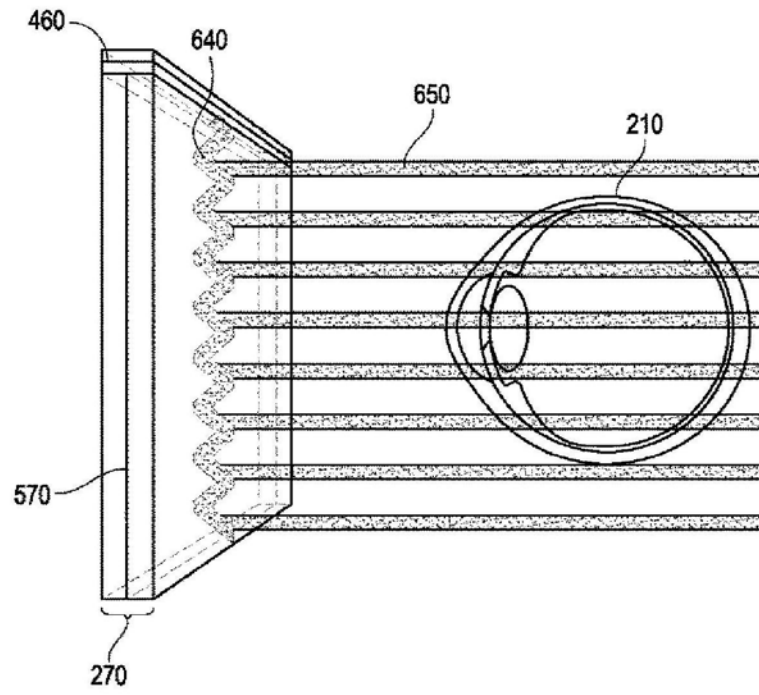


图7

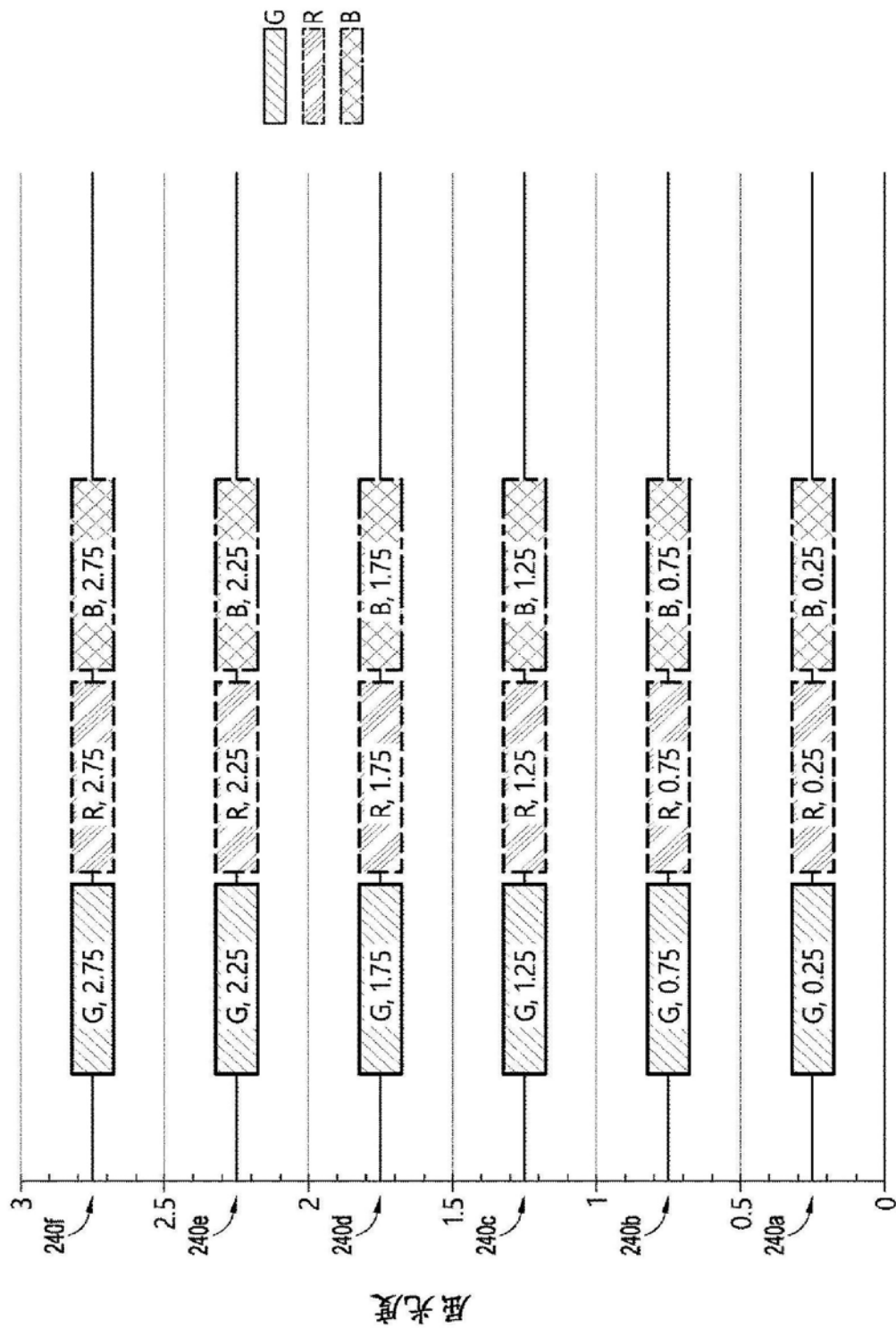


图8

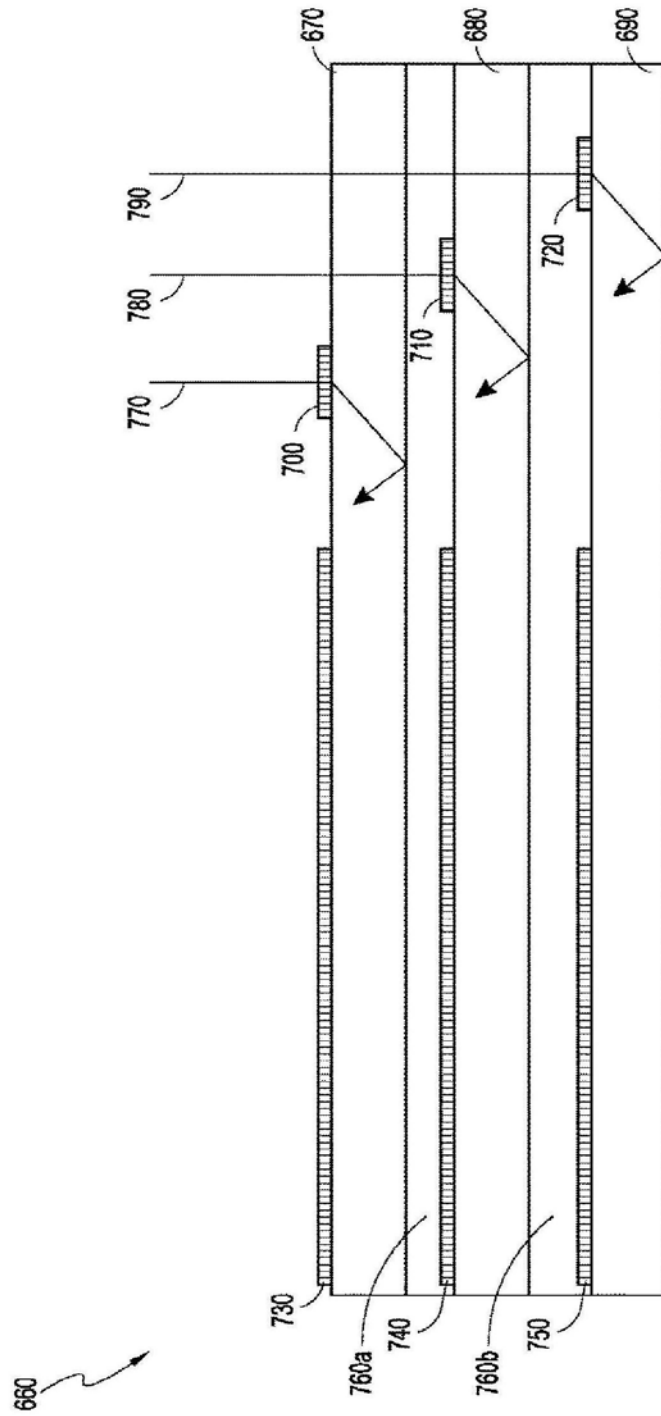


图9A

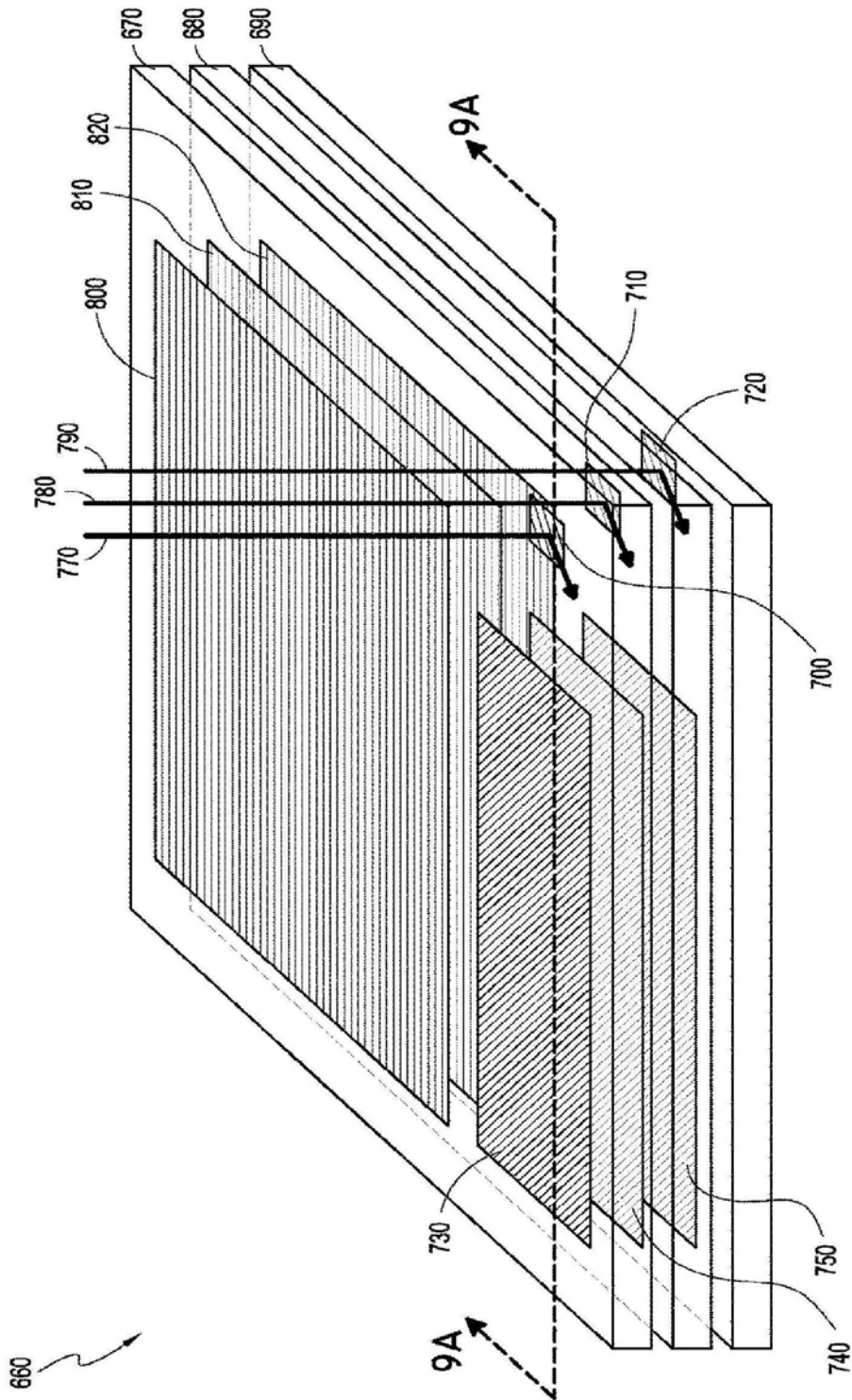


图9B

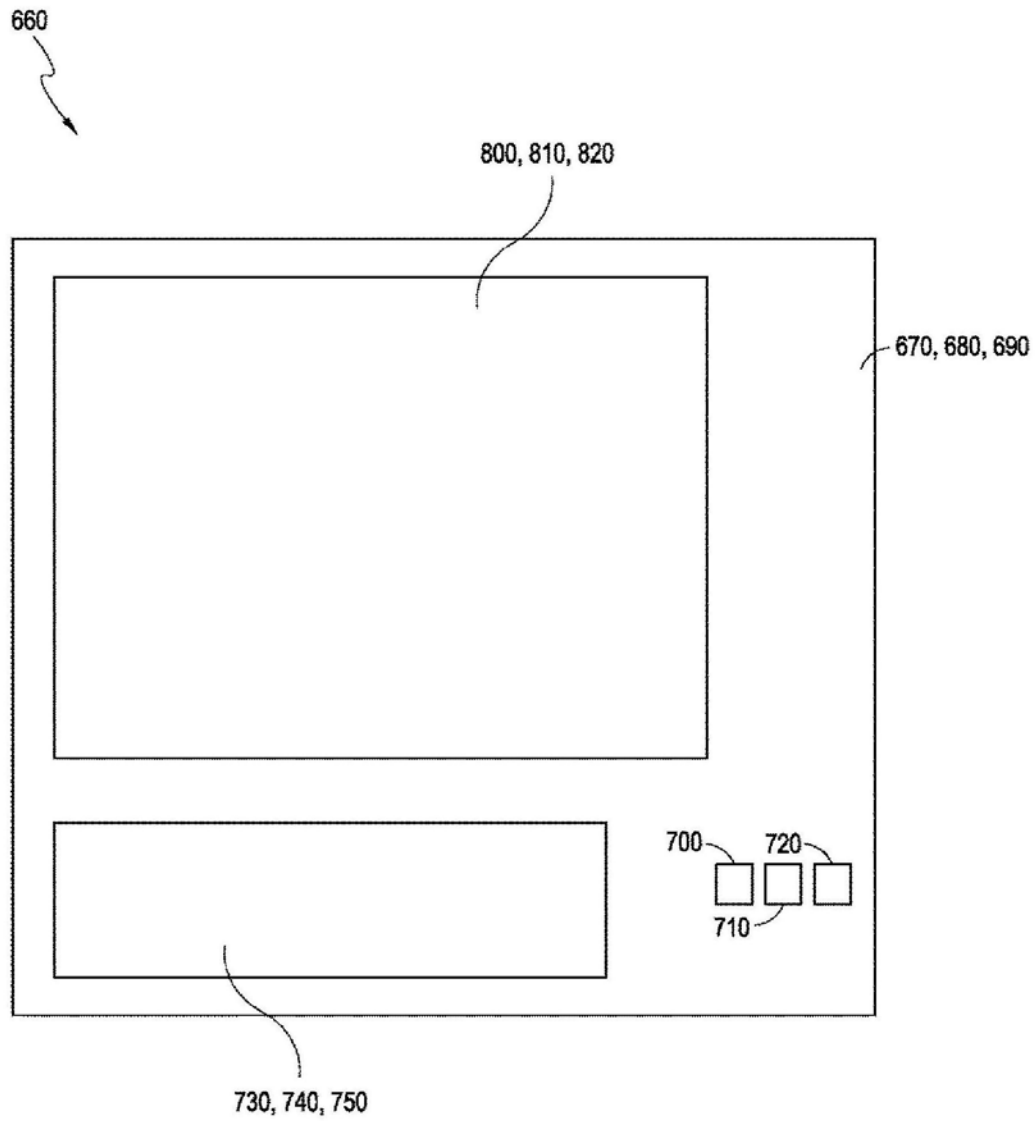


图9C

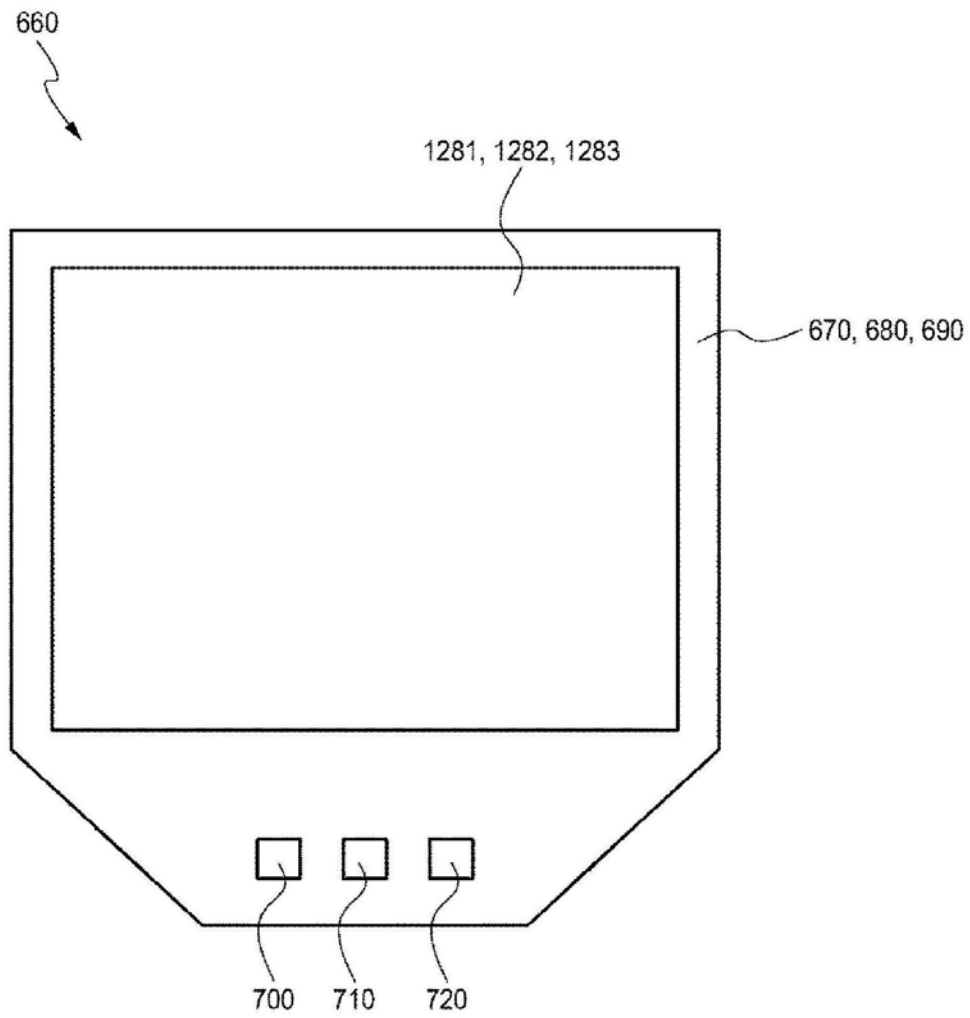


图9D

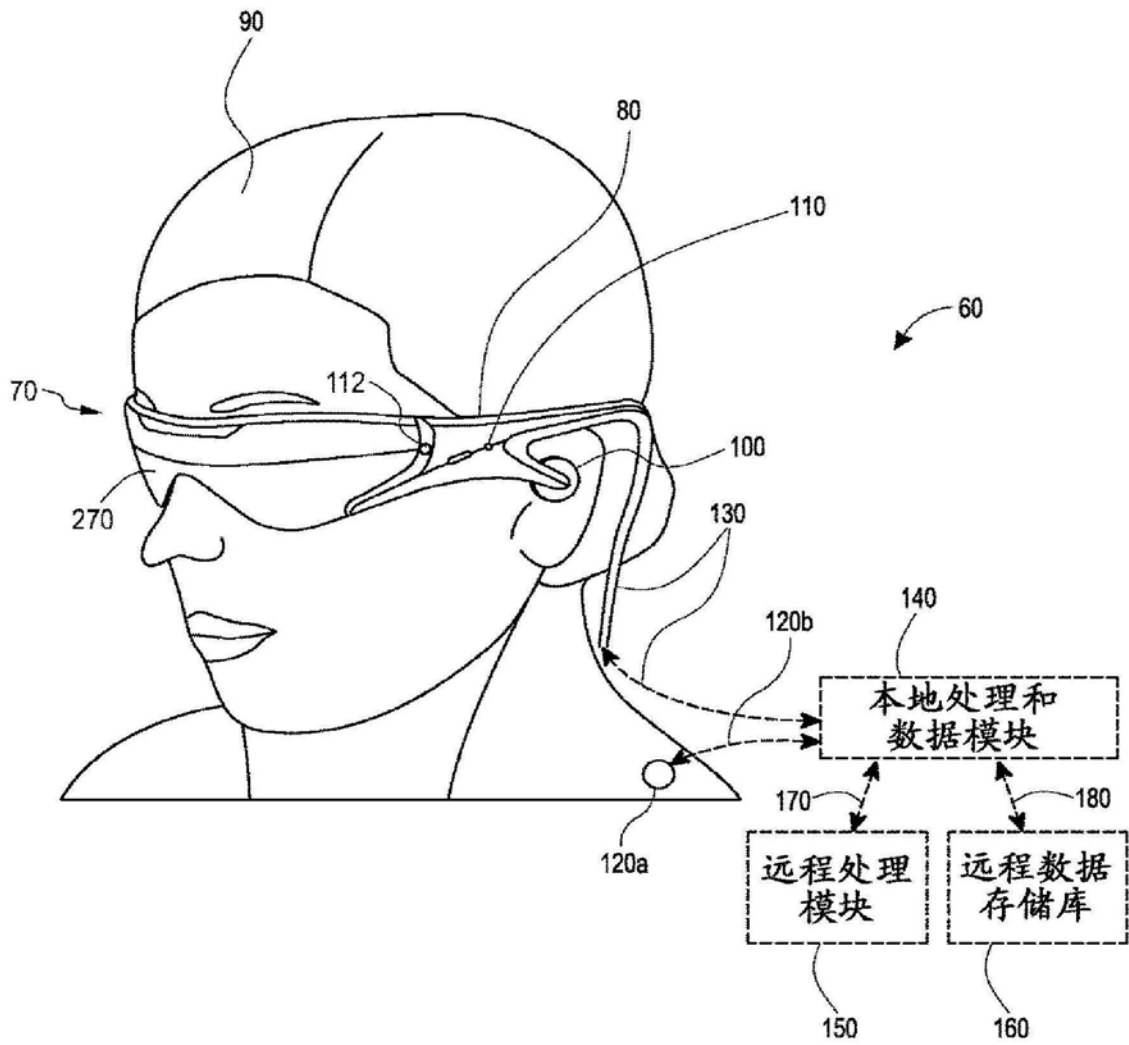


图9E

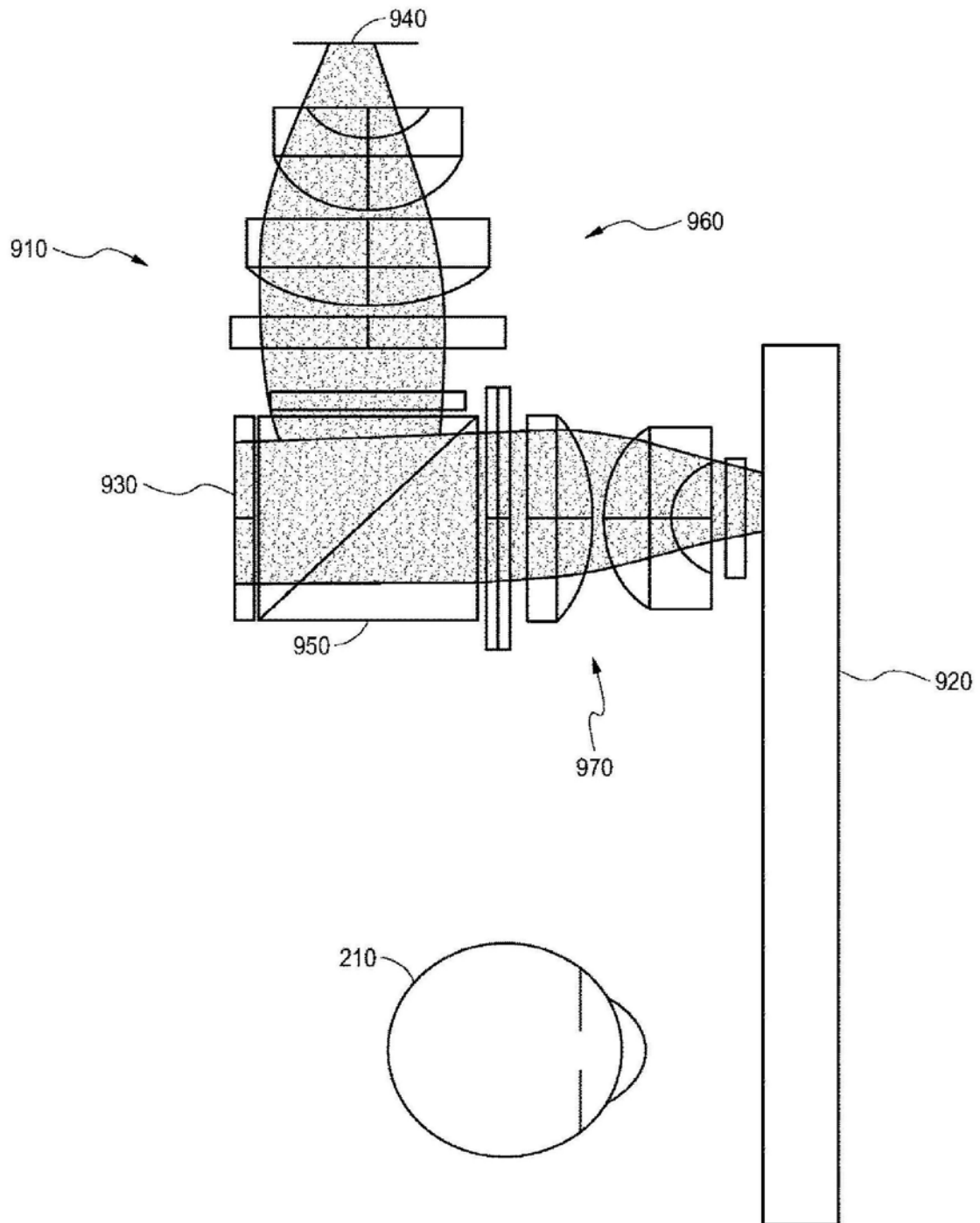


图10

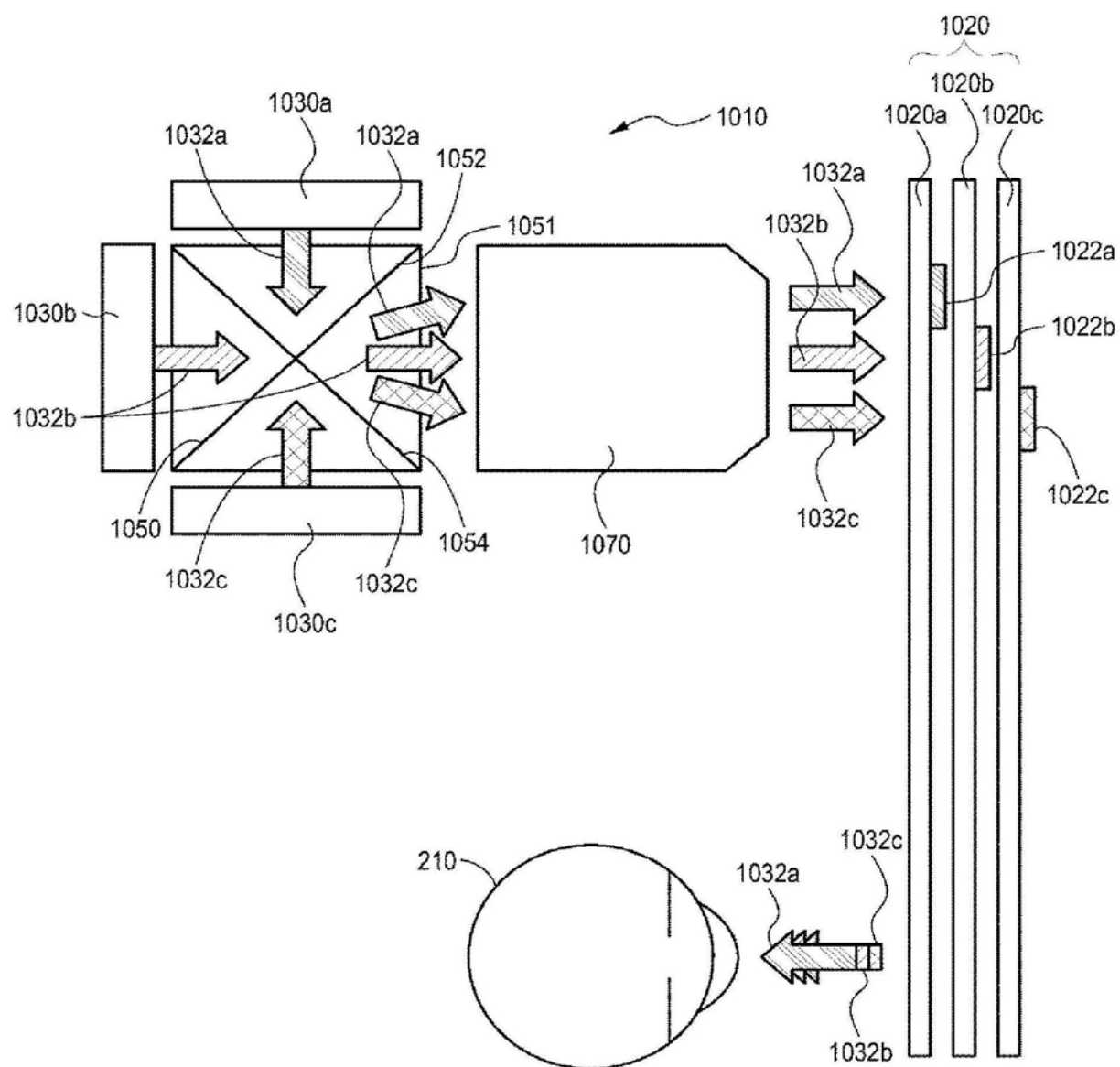


图11A

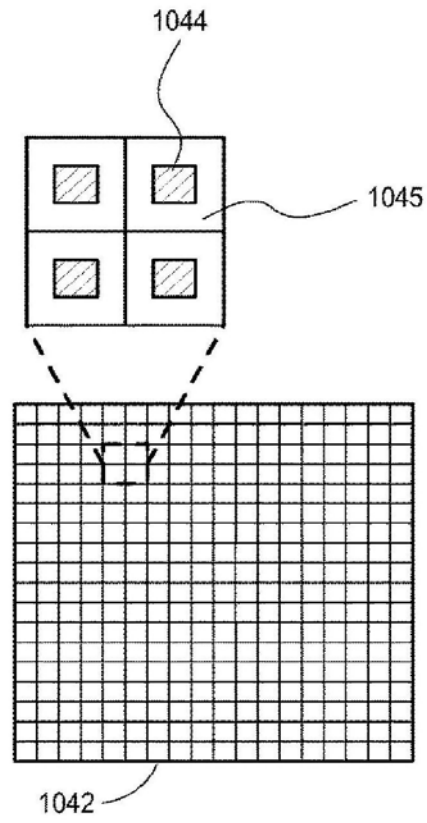


图11B

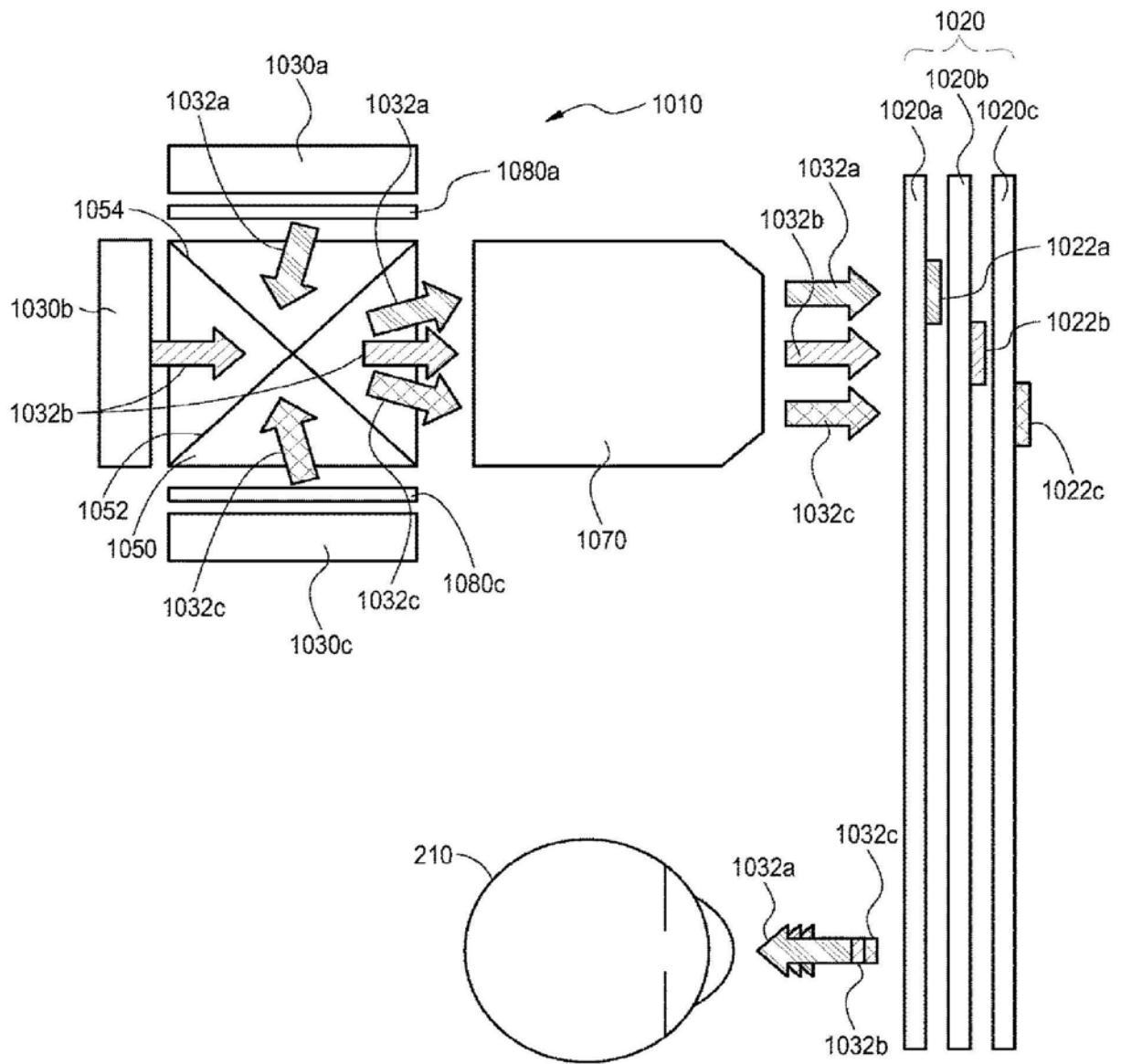


图12

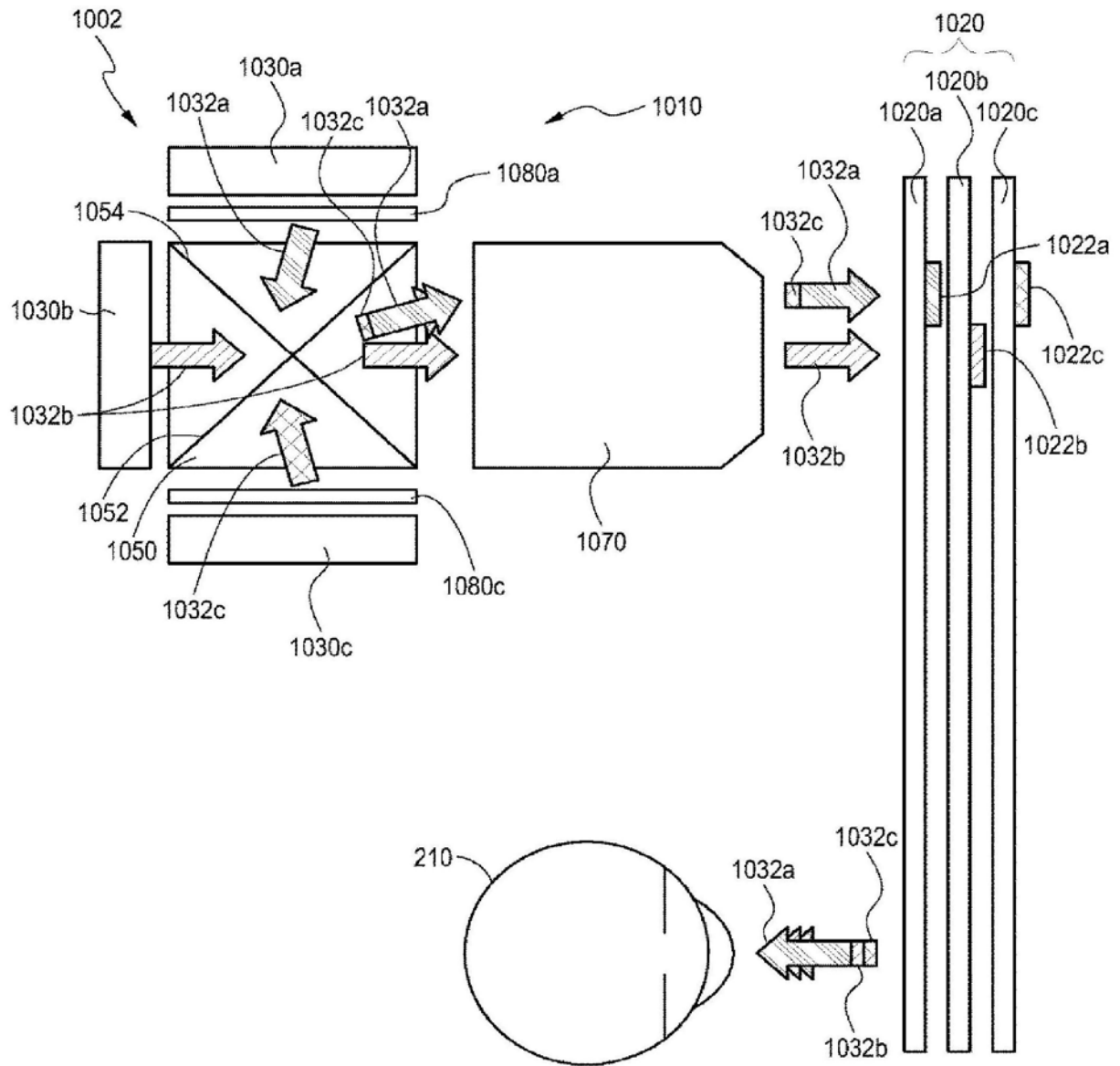


图13A

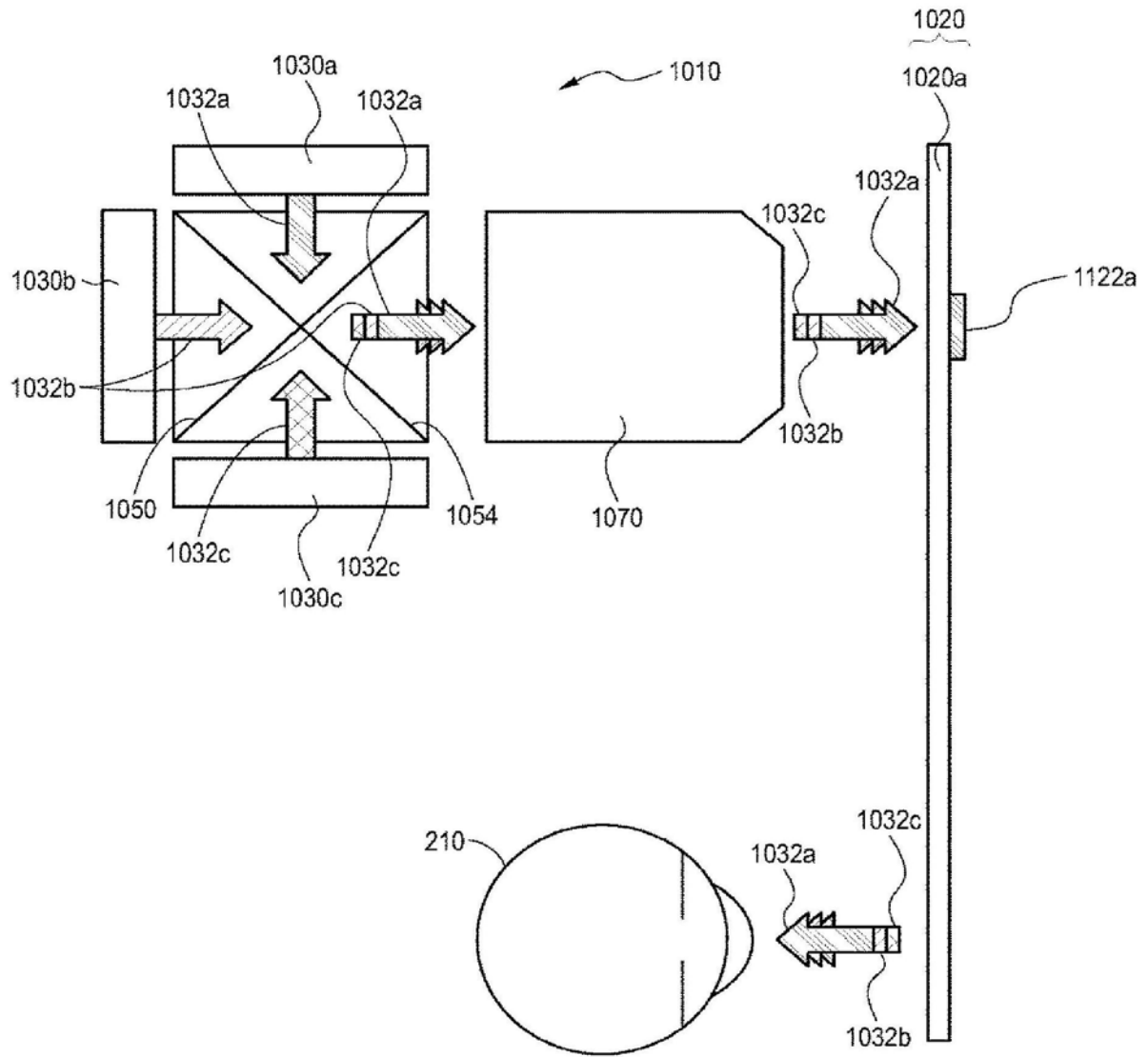


图13B

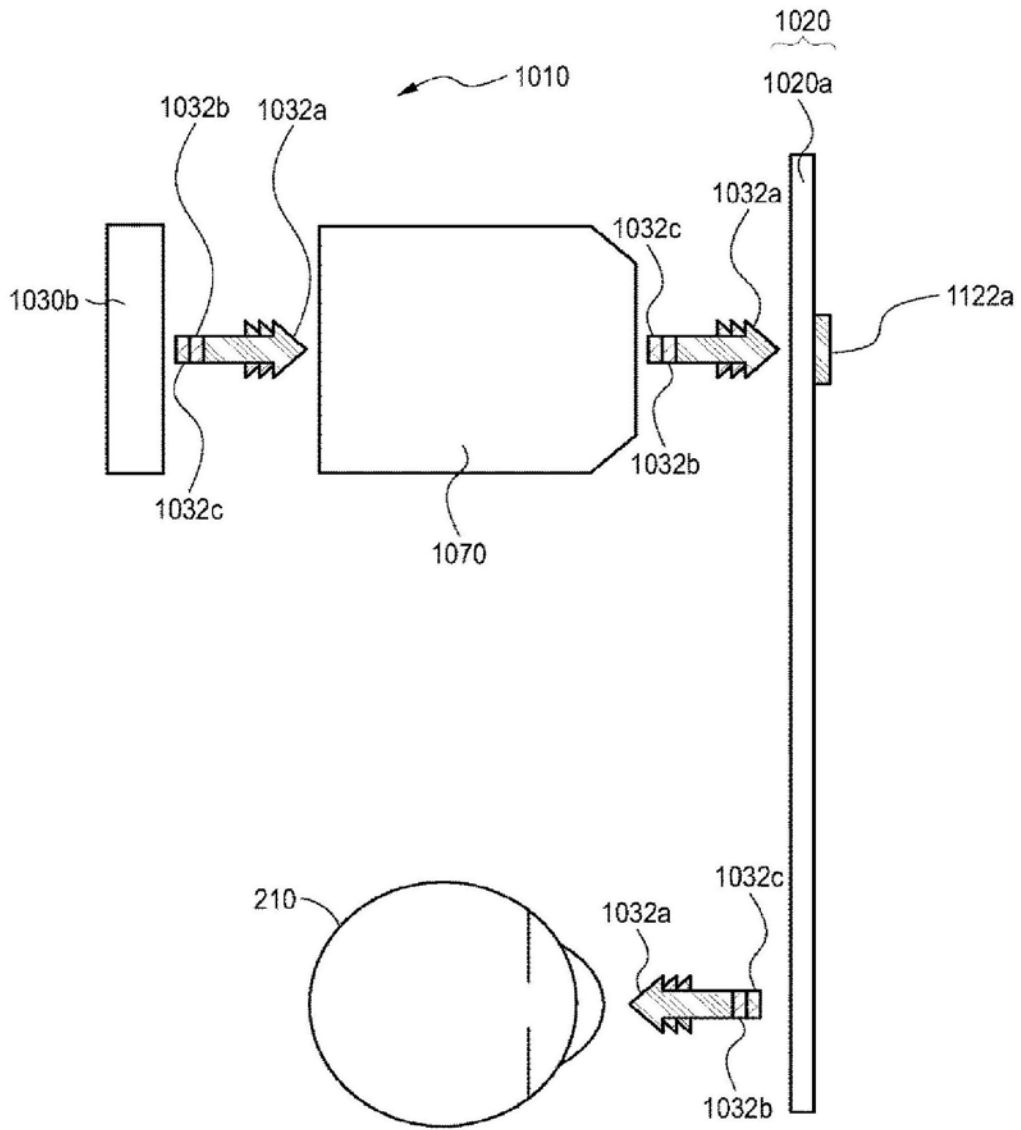


图14

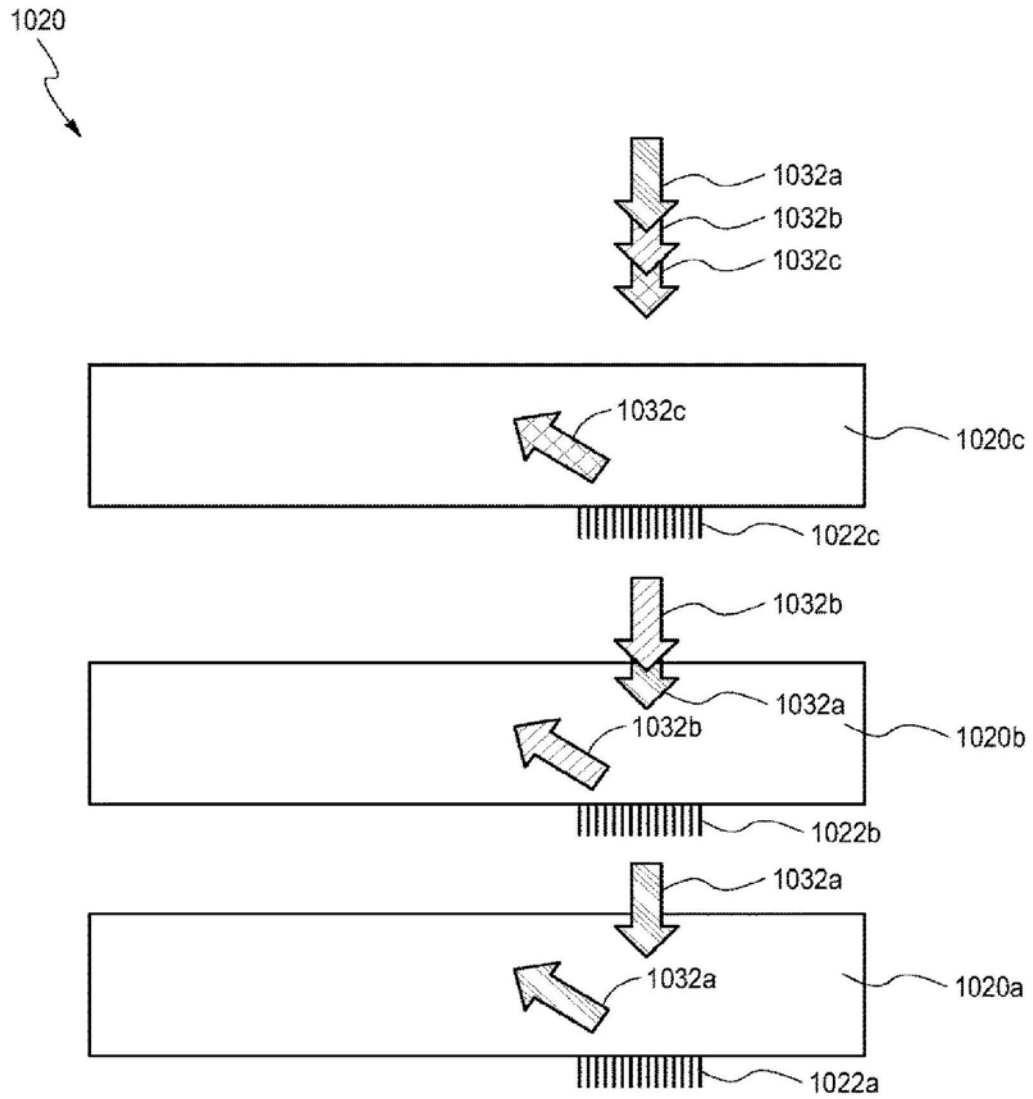


图15

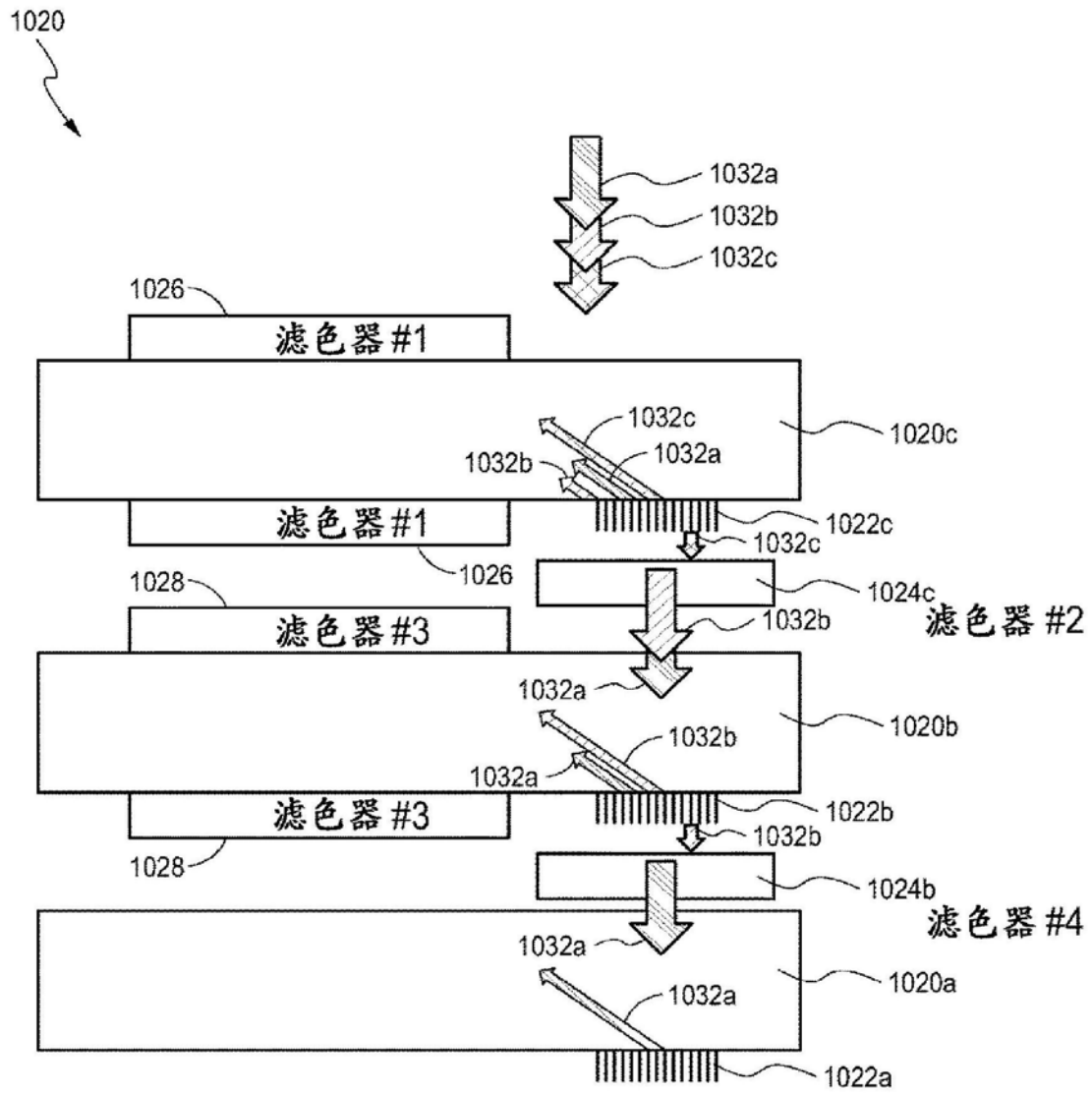


图16

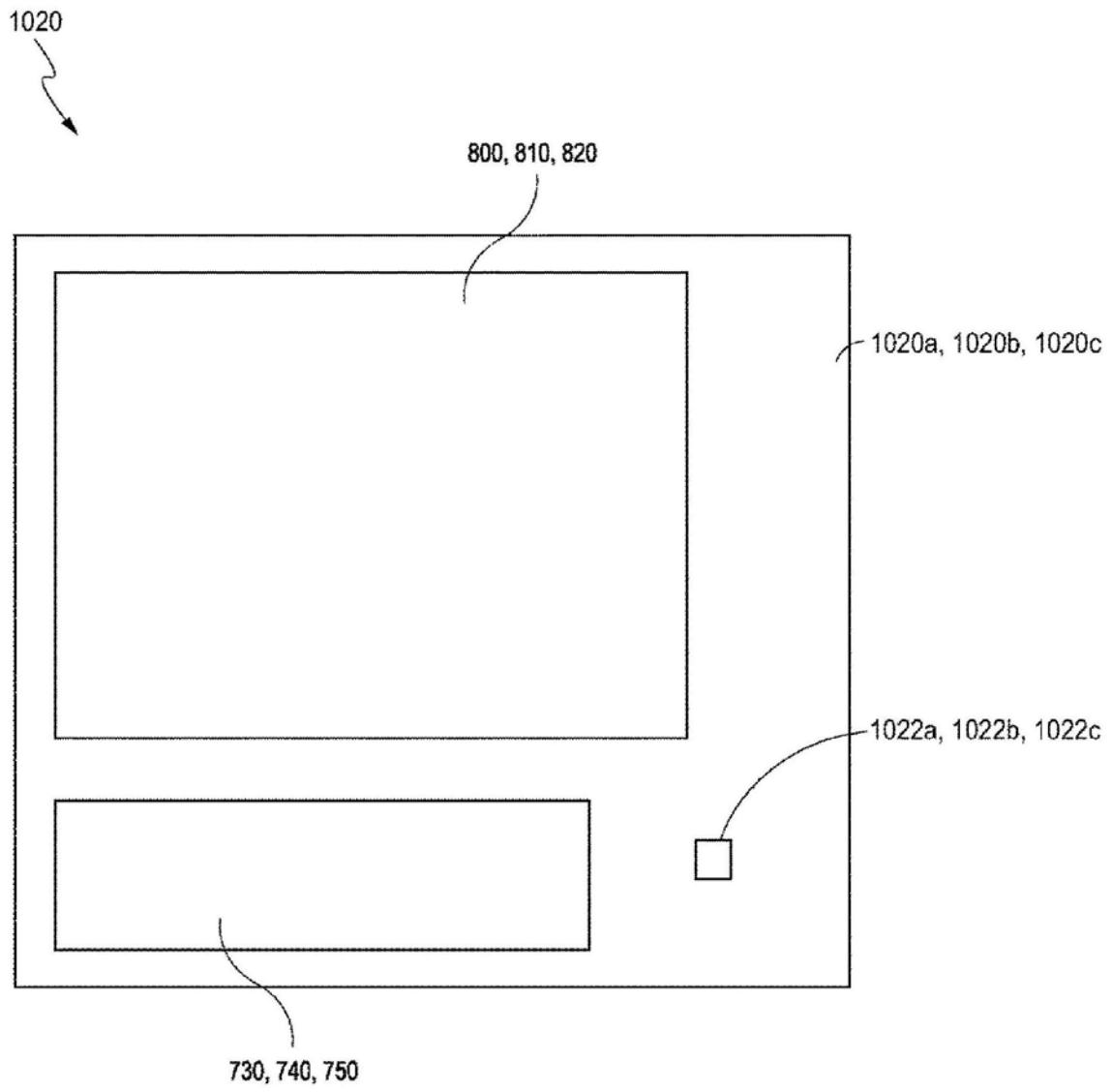


图17

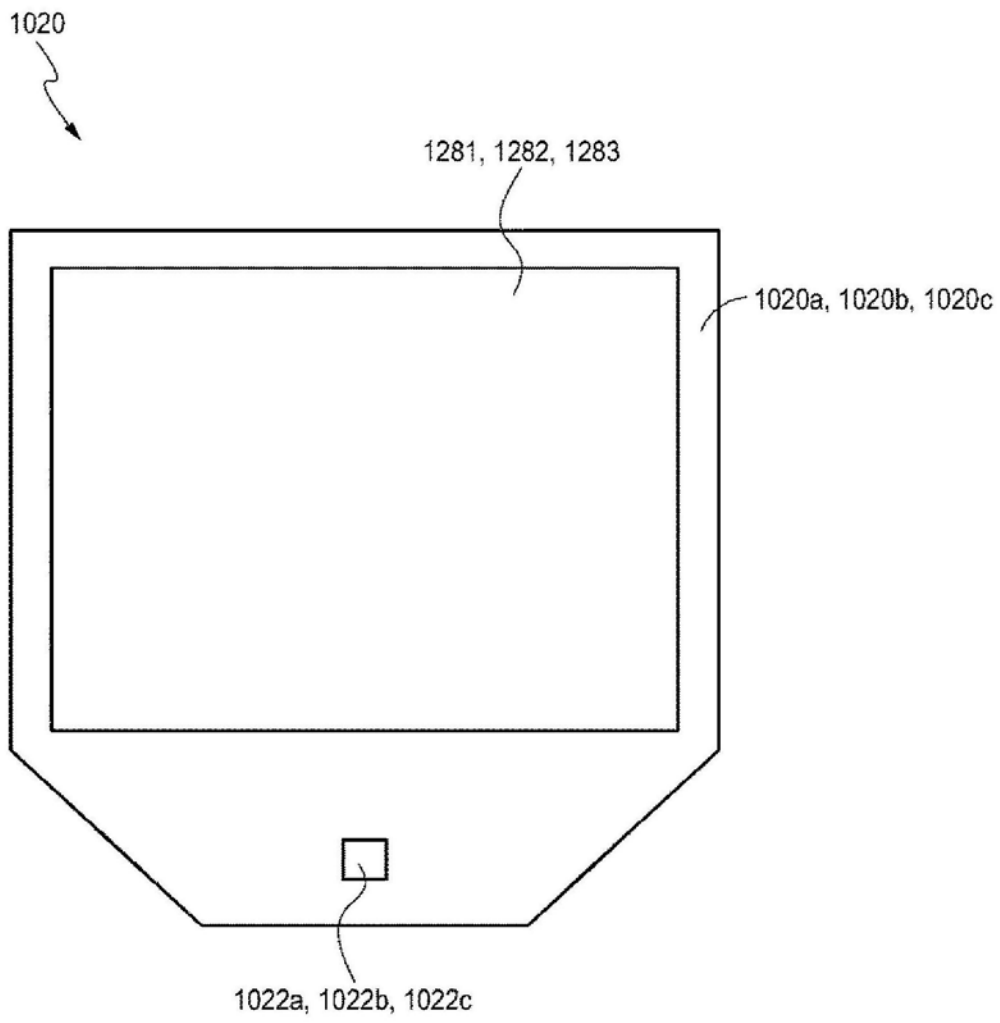


图18

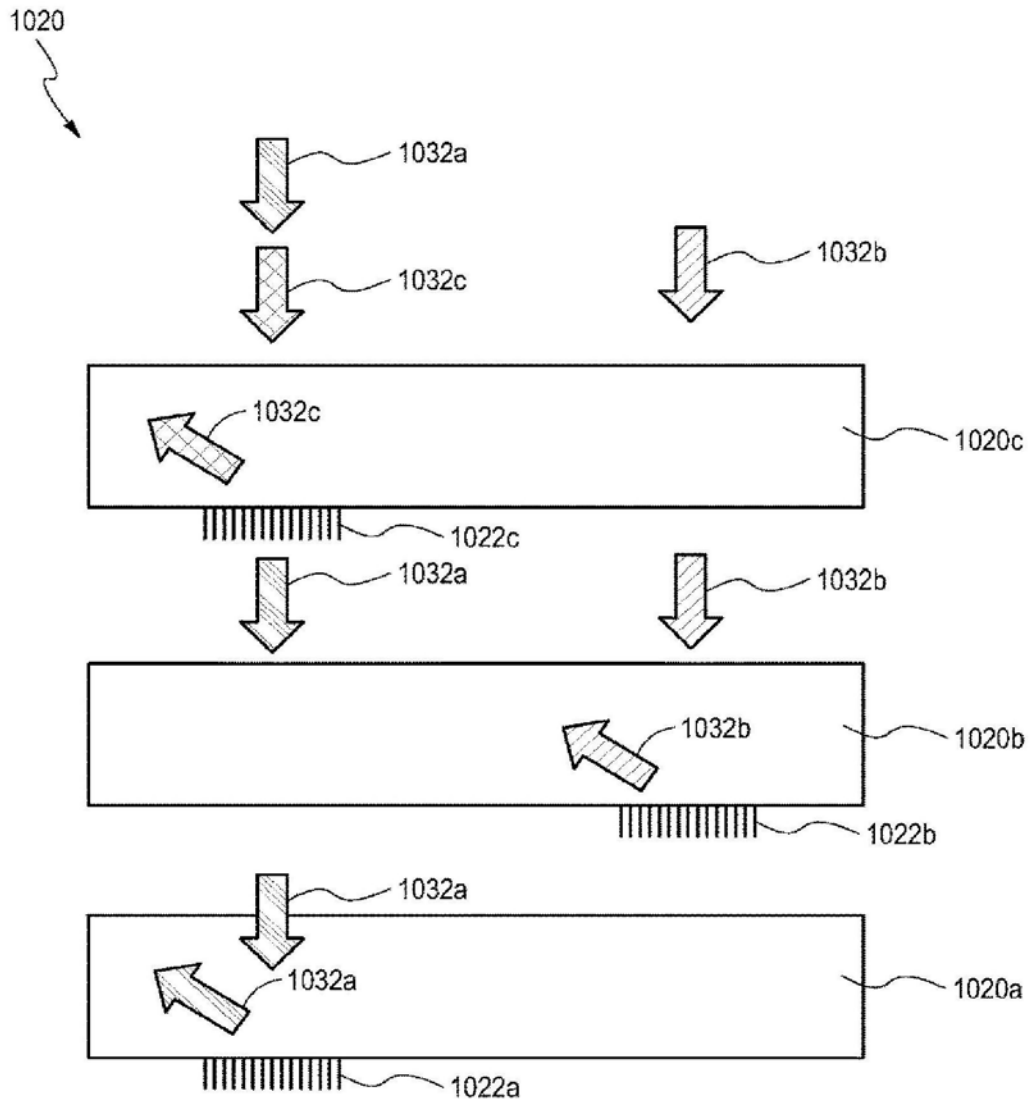


图19A

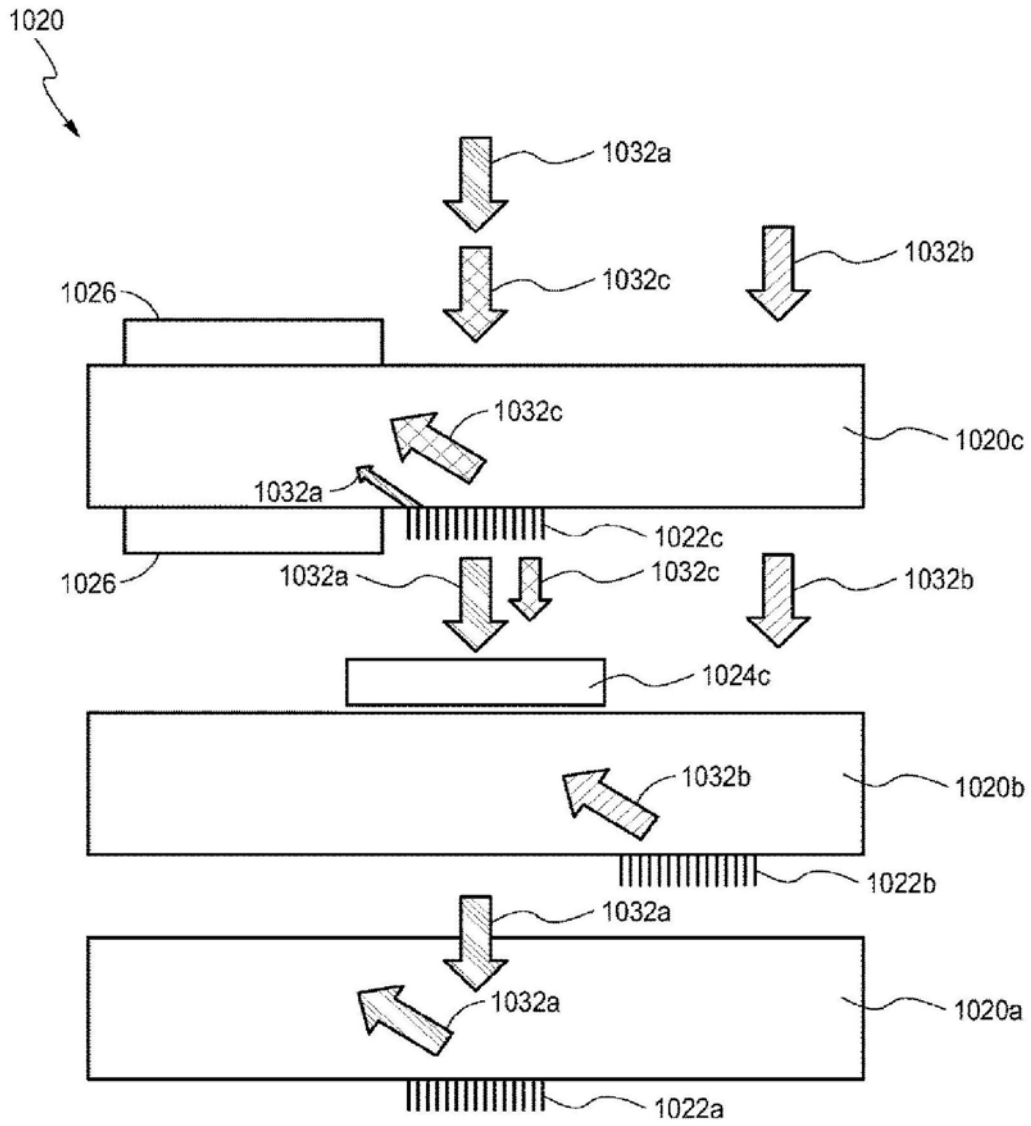


图19B

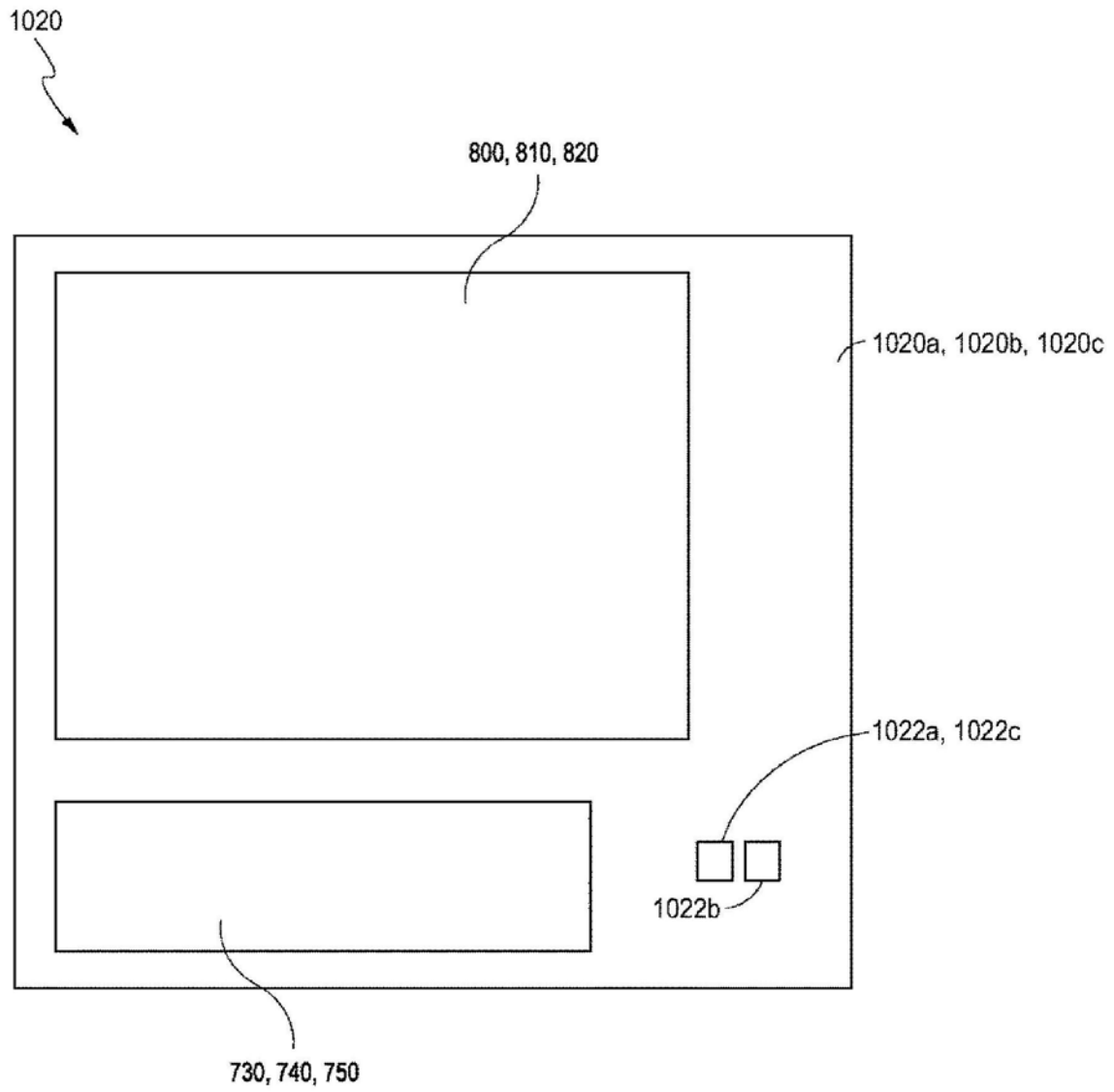


图20A

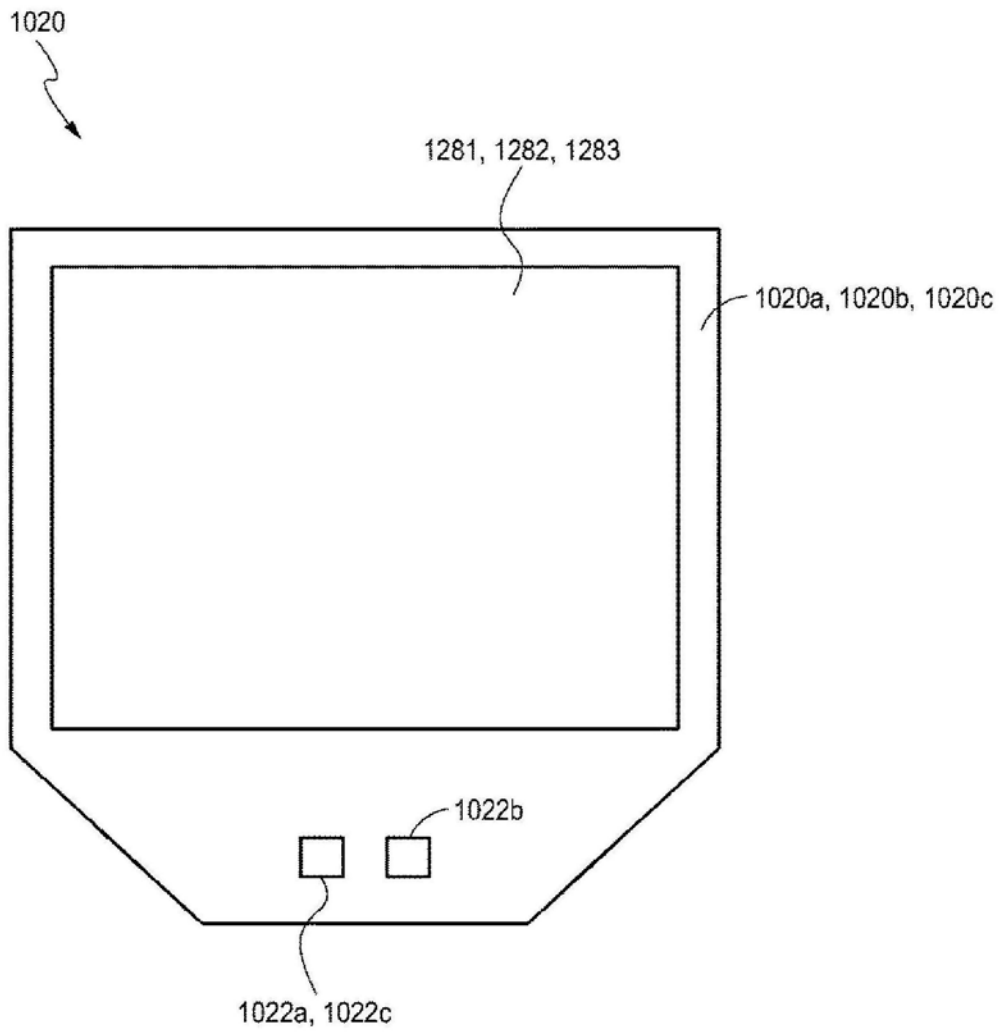


图20B

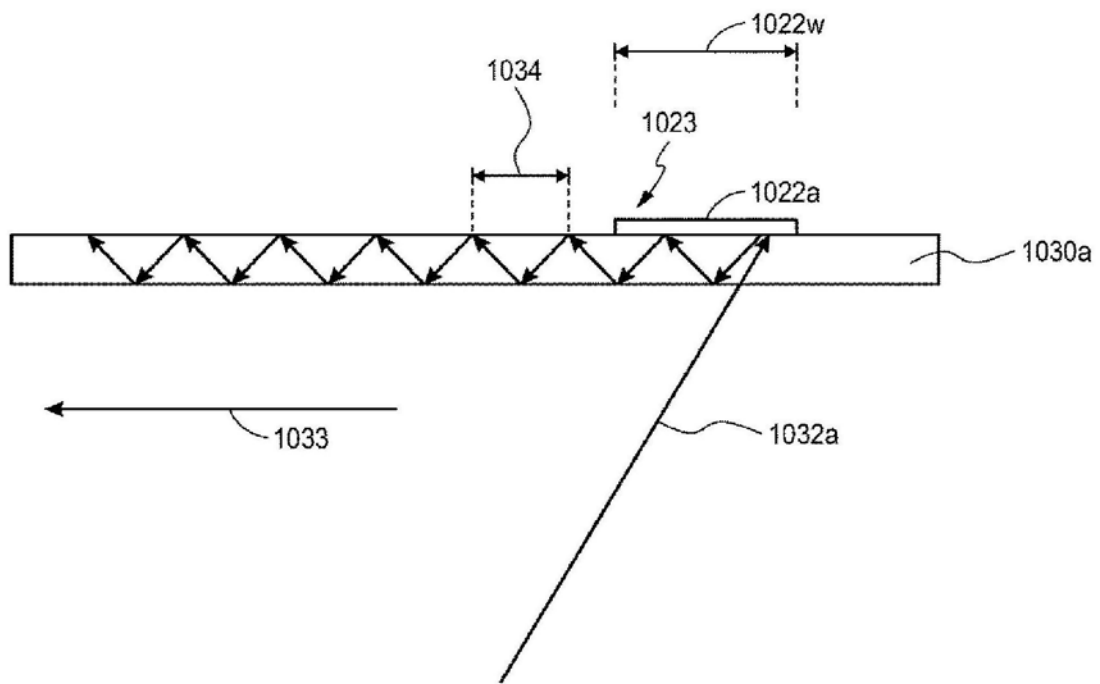


图21

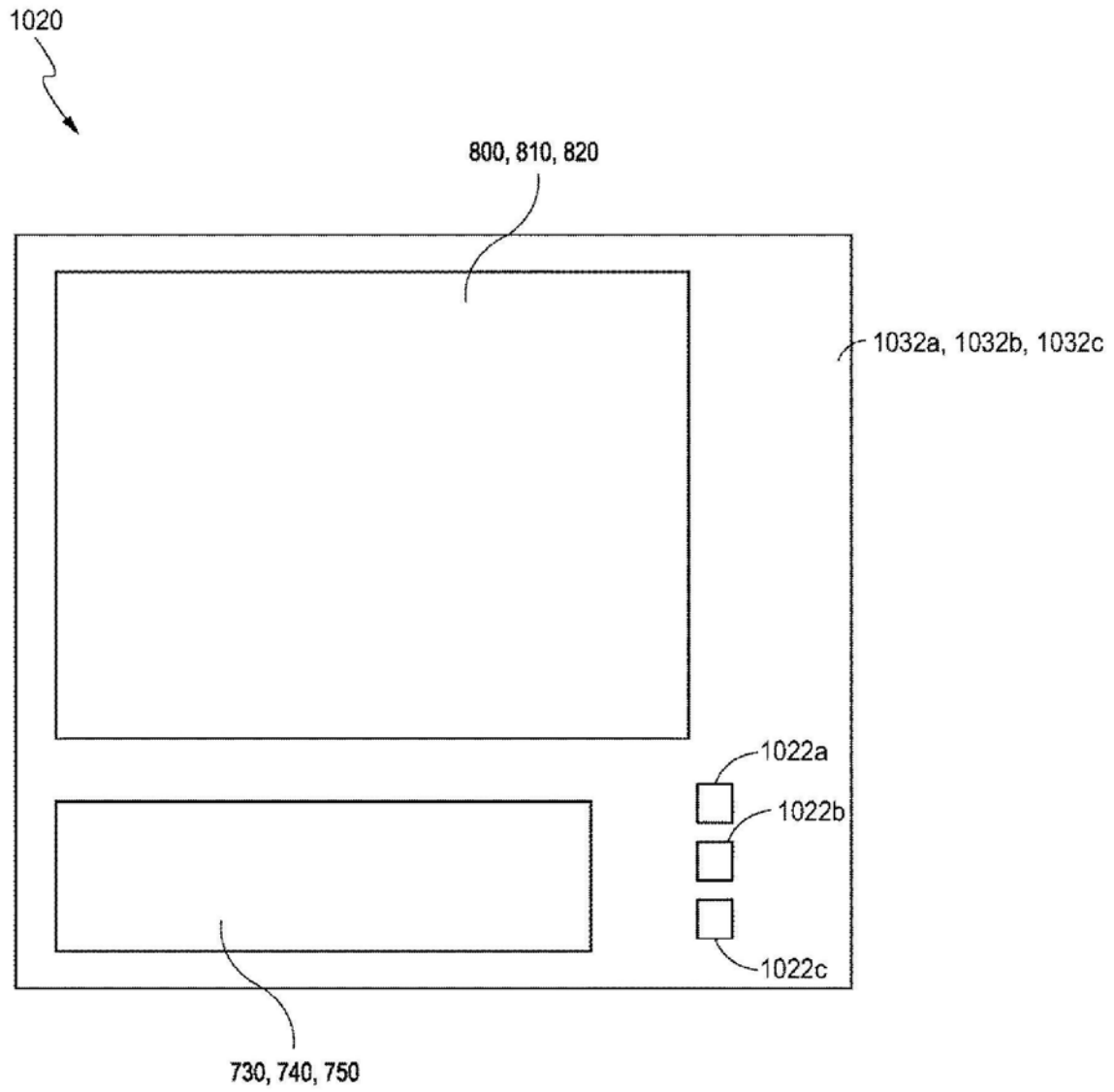


图22A

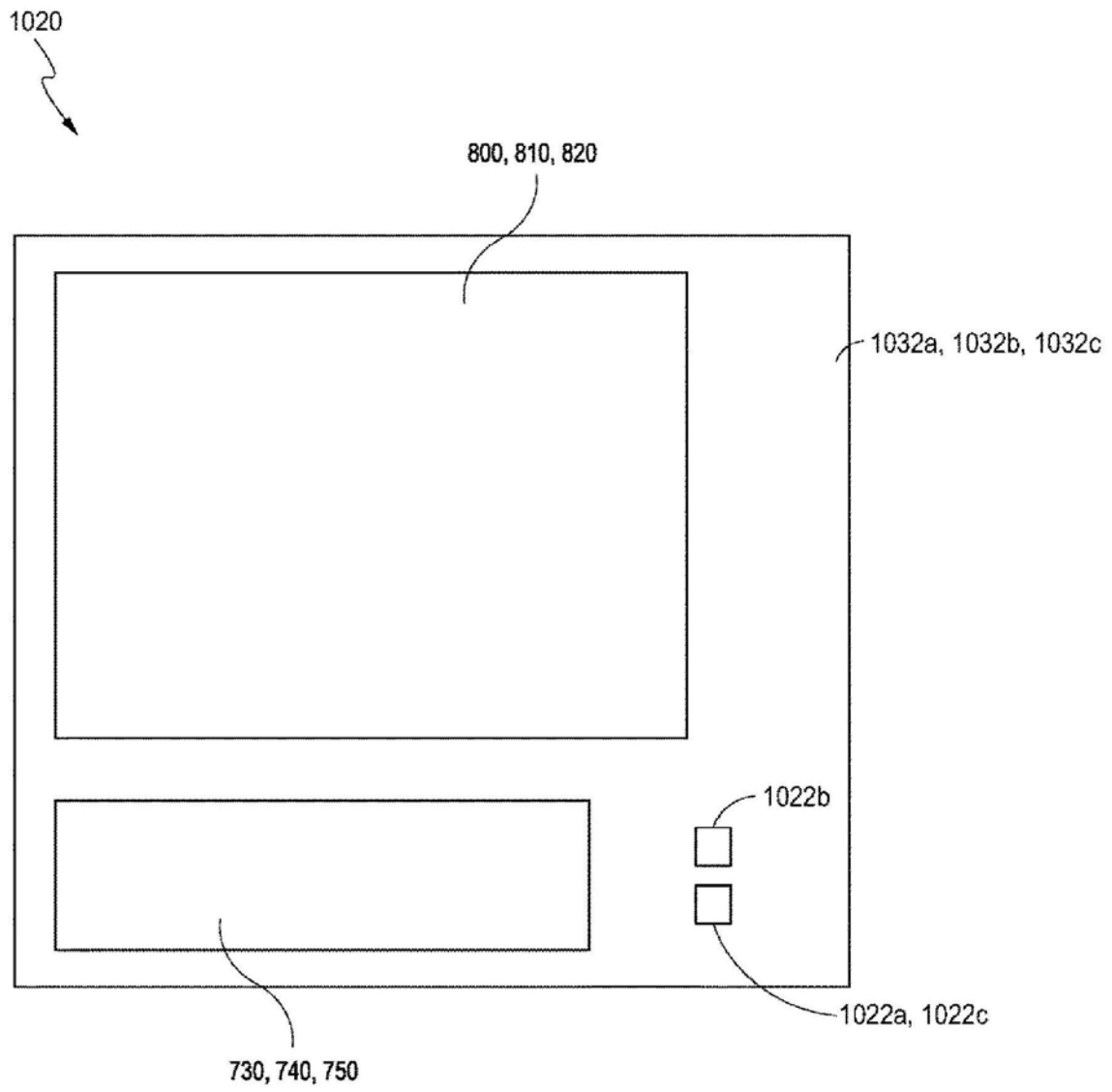


图22B

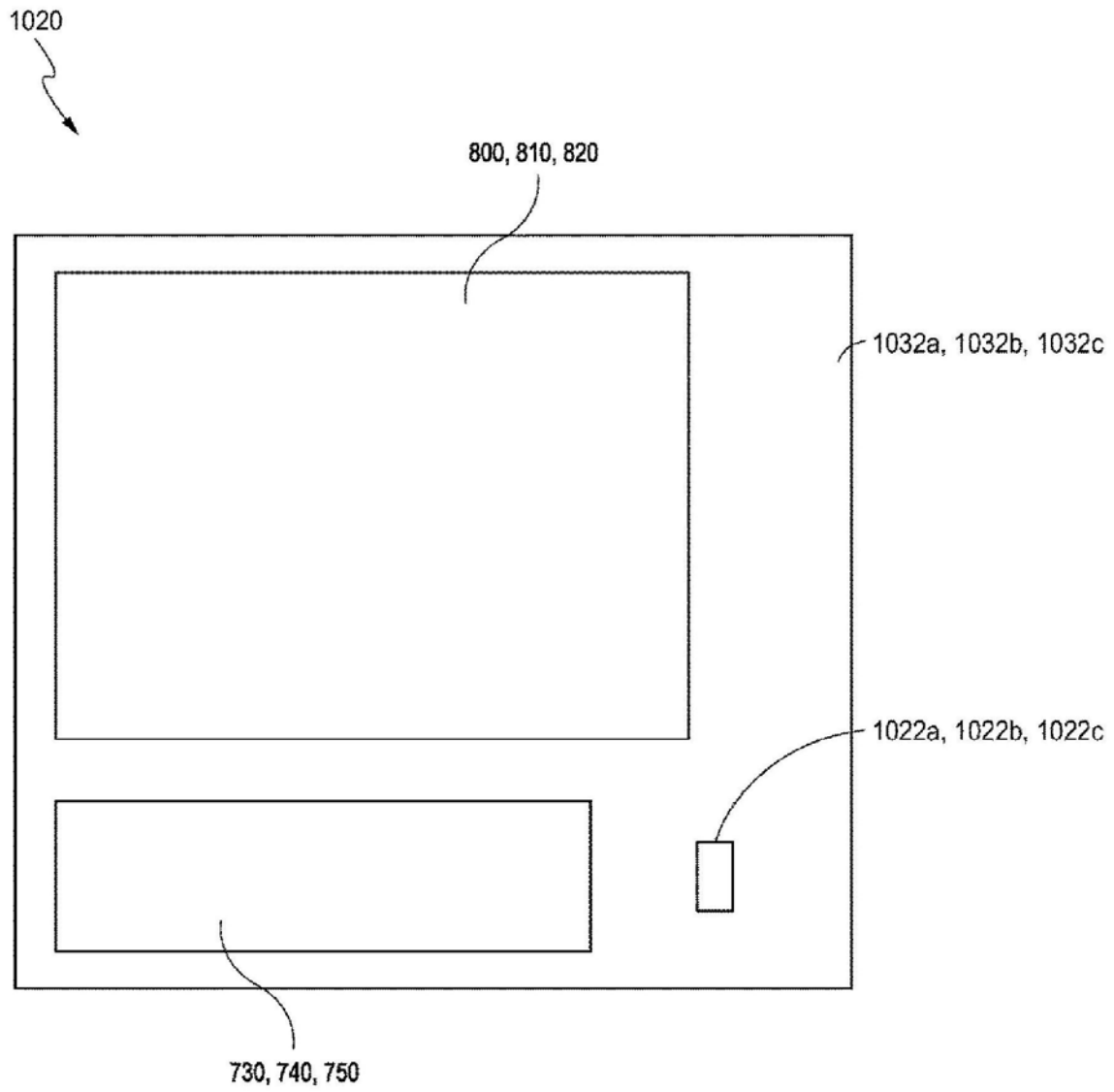


图22C

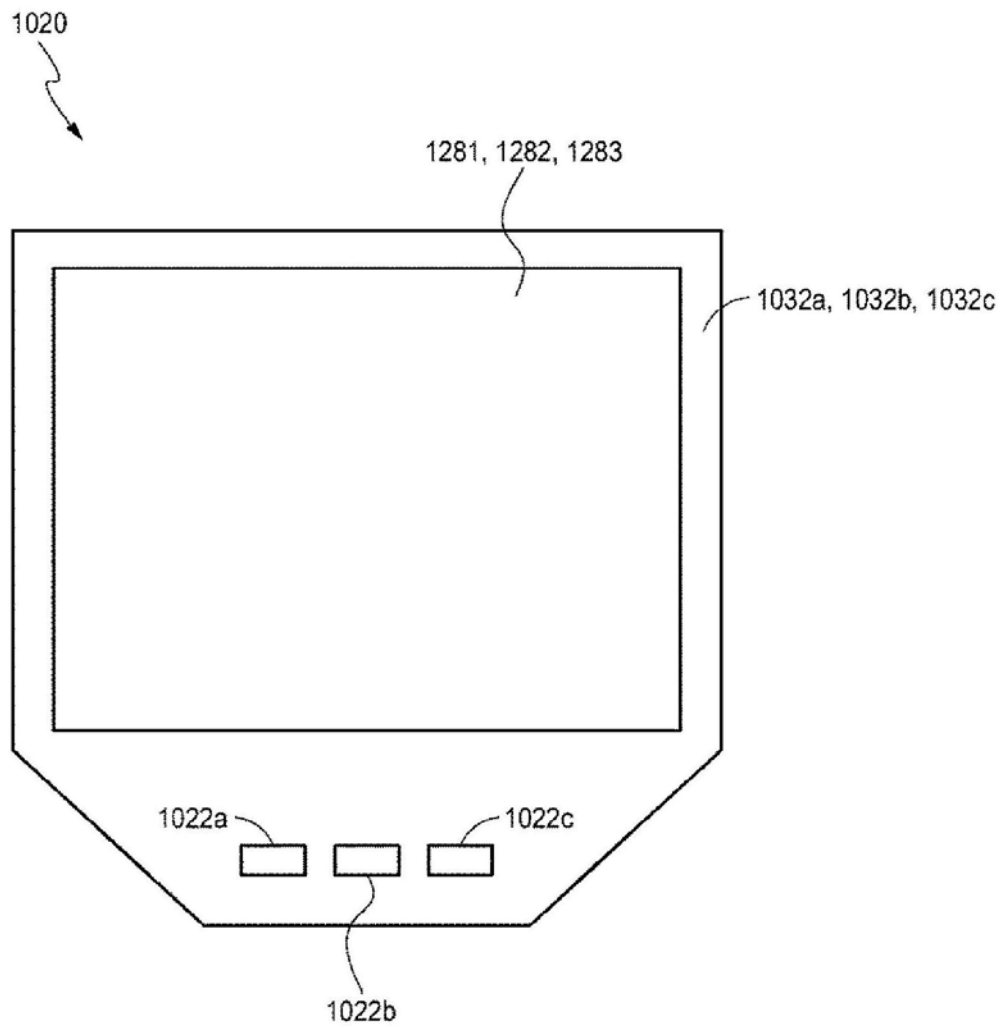


图23A

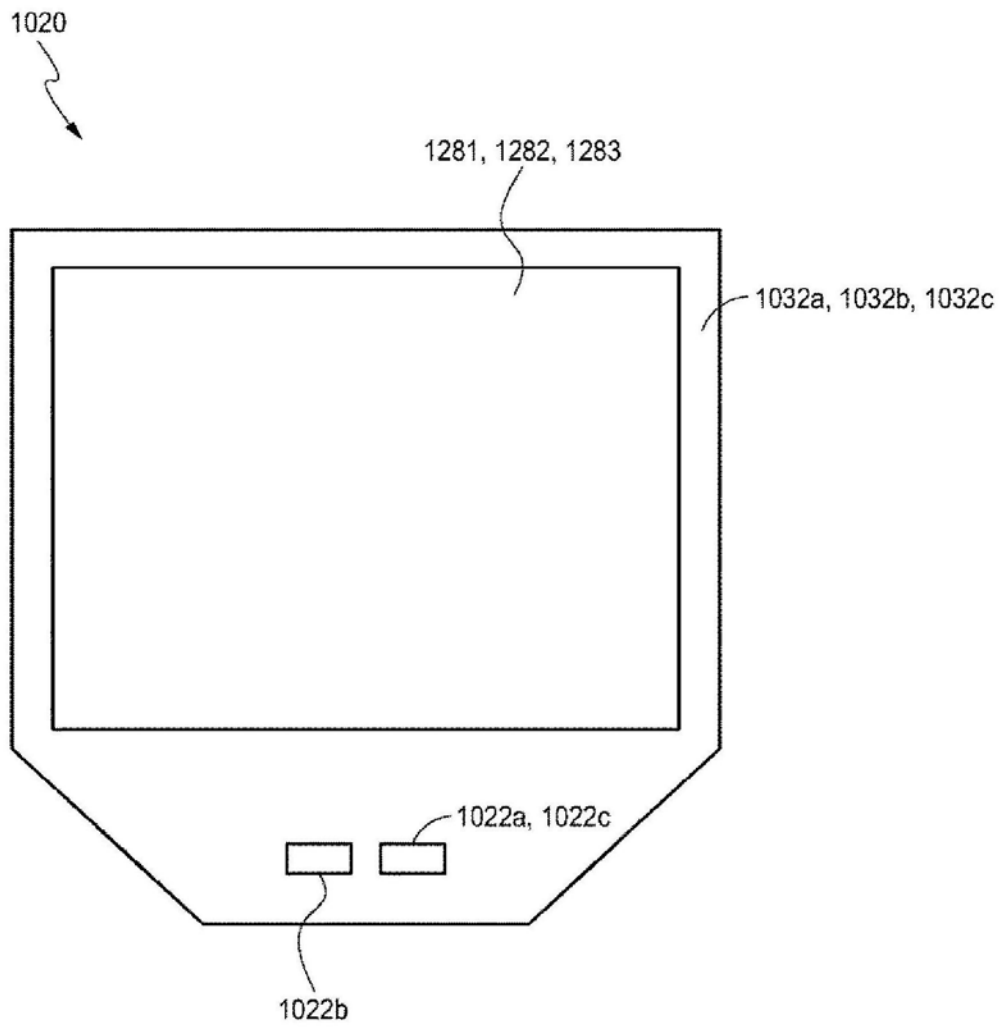


图23B

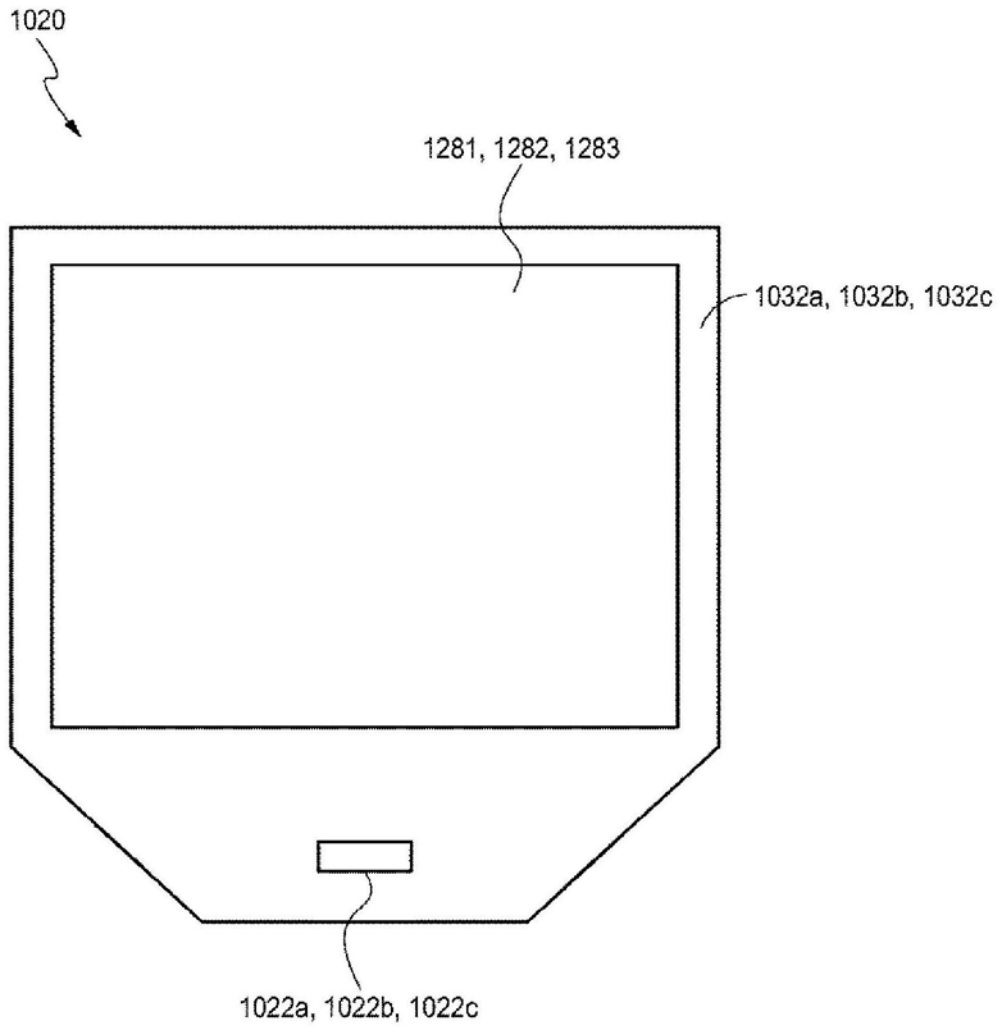


图23C

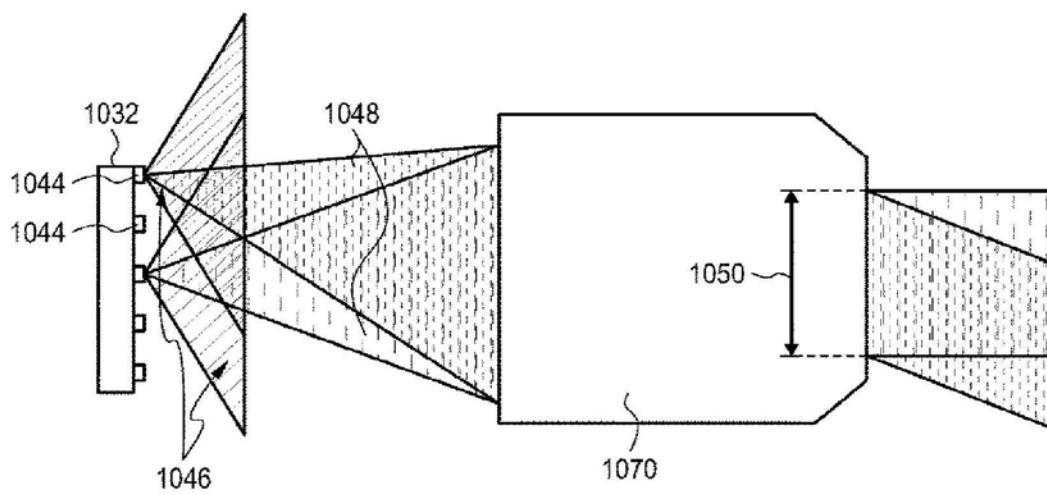


图24A

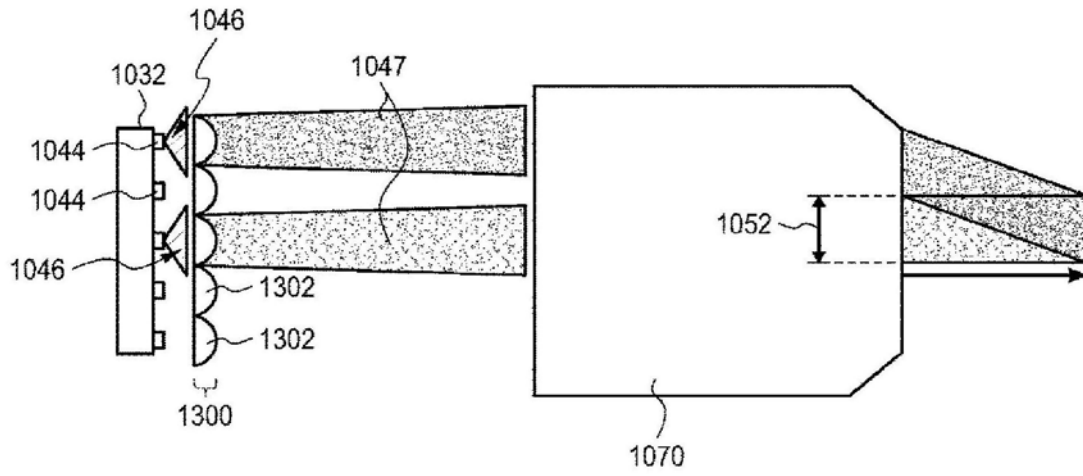


图24B

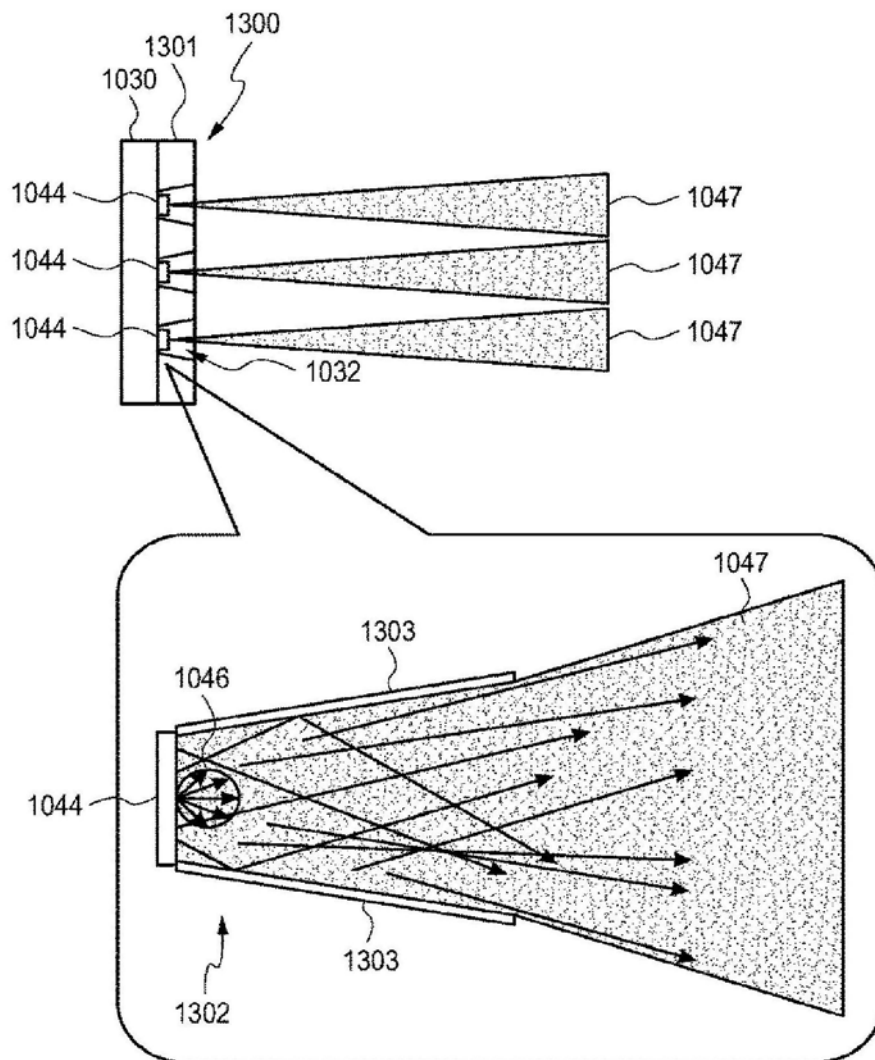


图25A

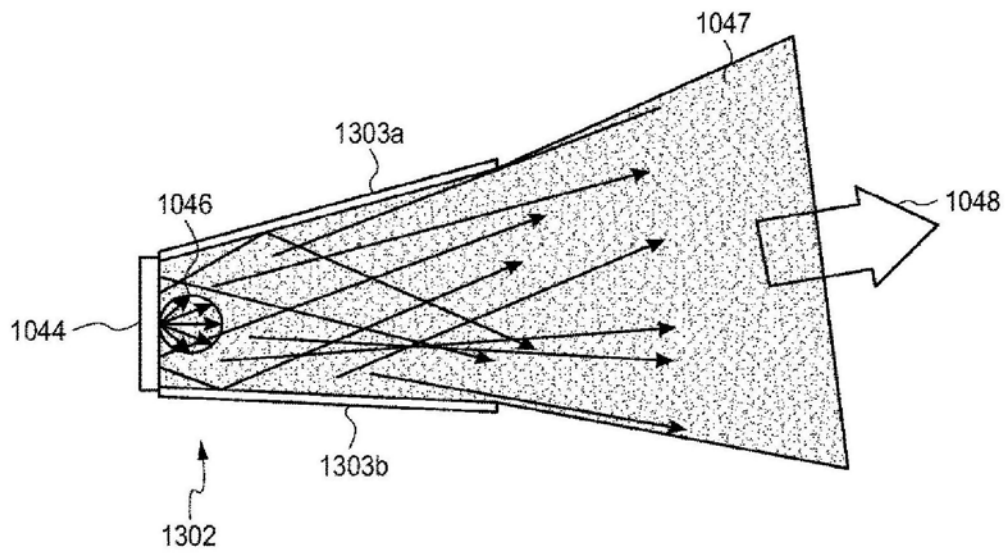


图25B

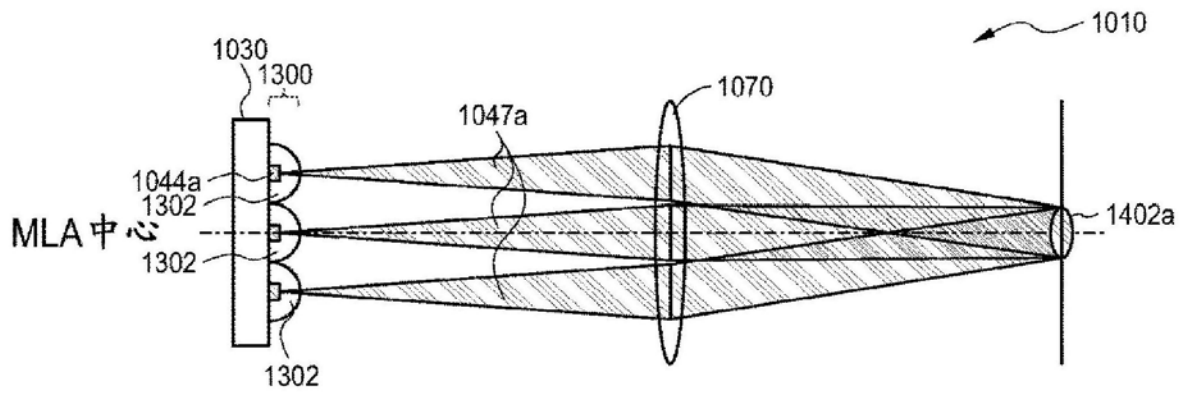


图26A

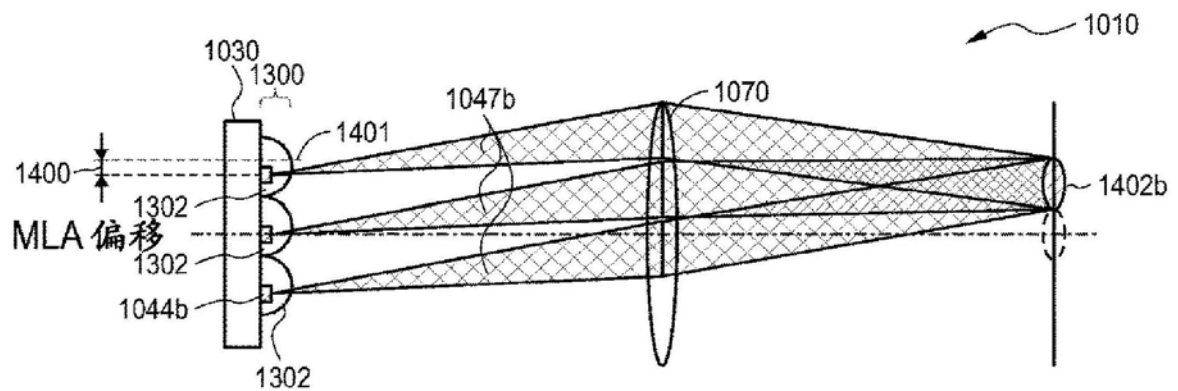


图26B

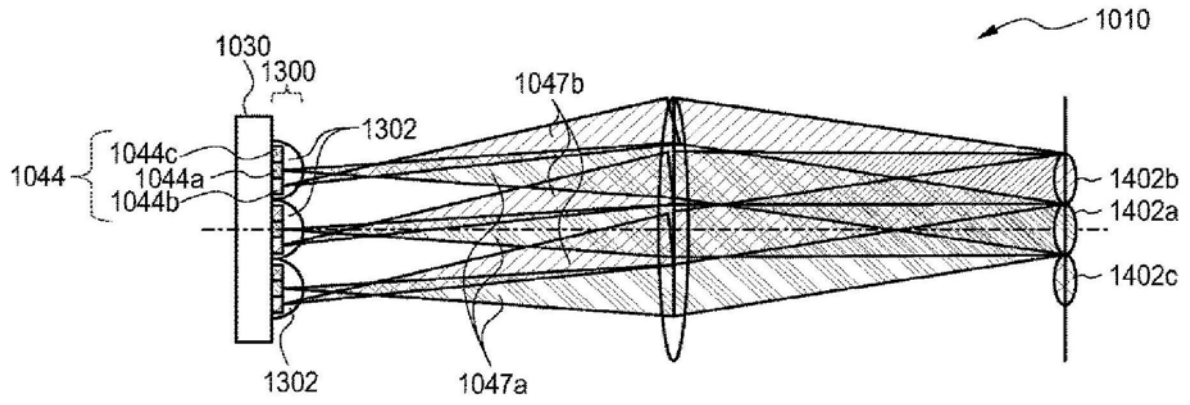


图26C

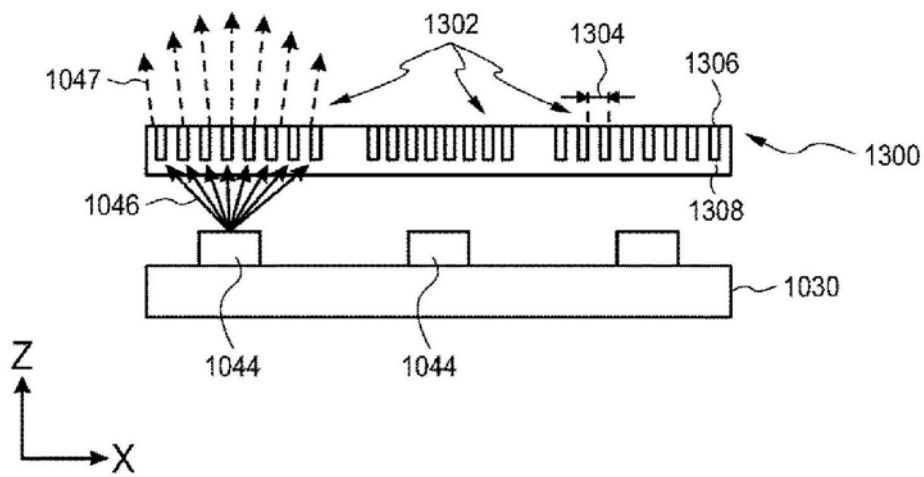


图27

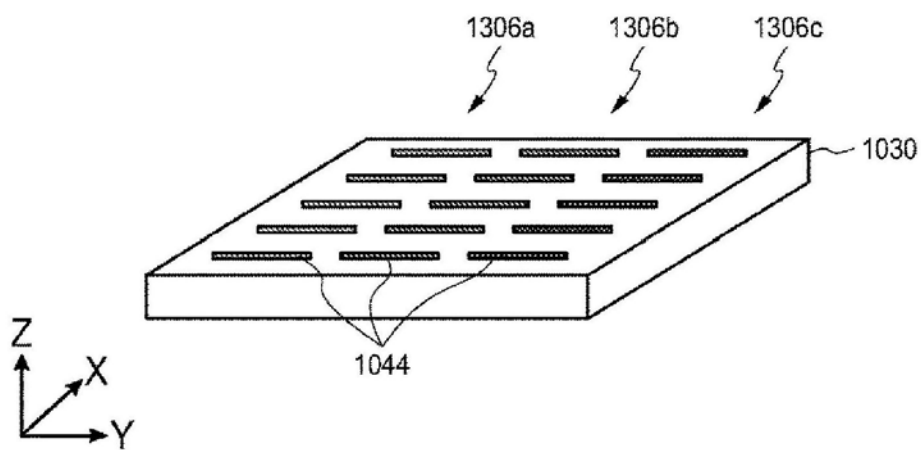


图28

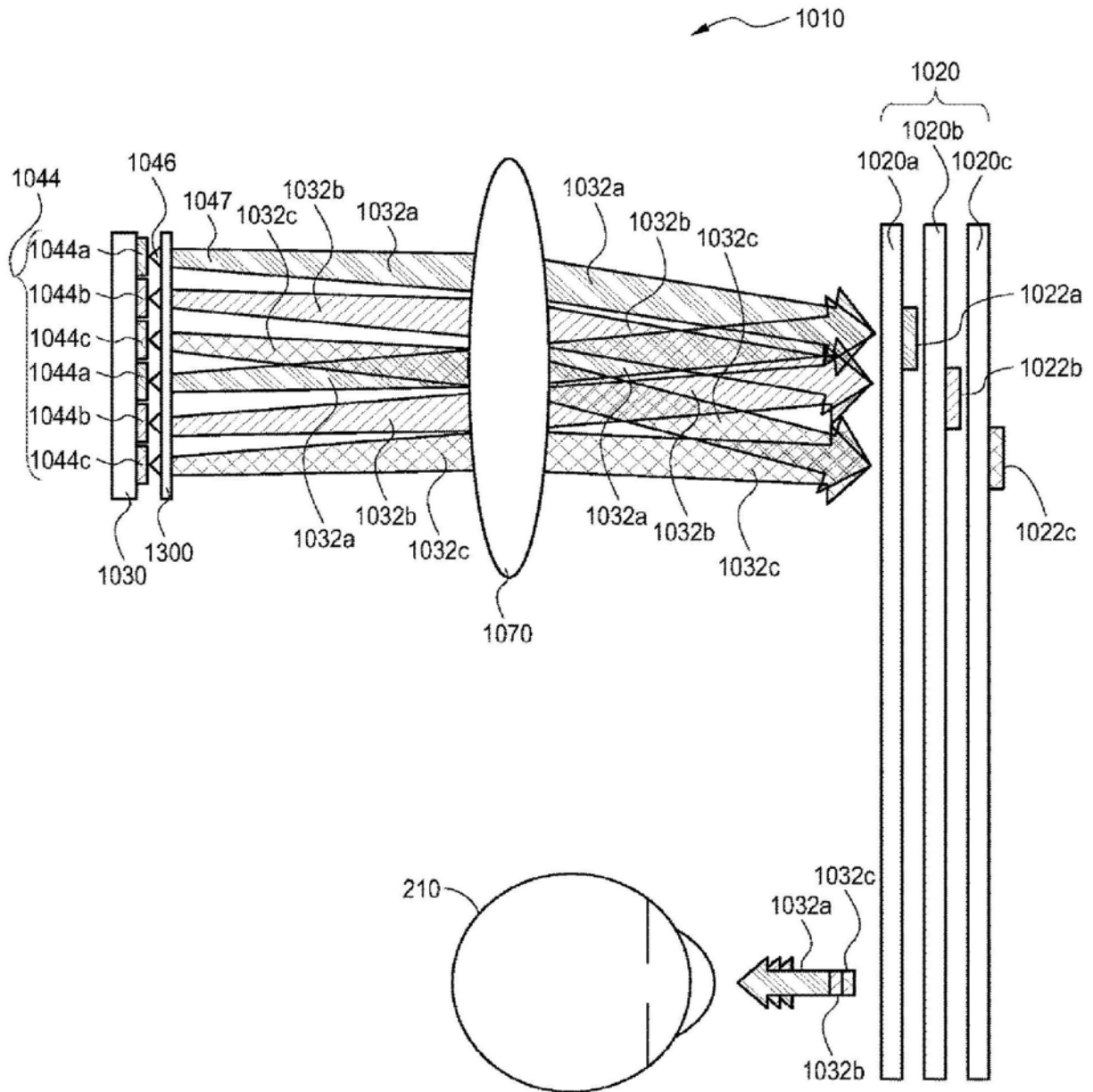


图29

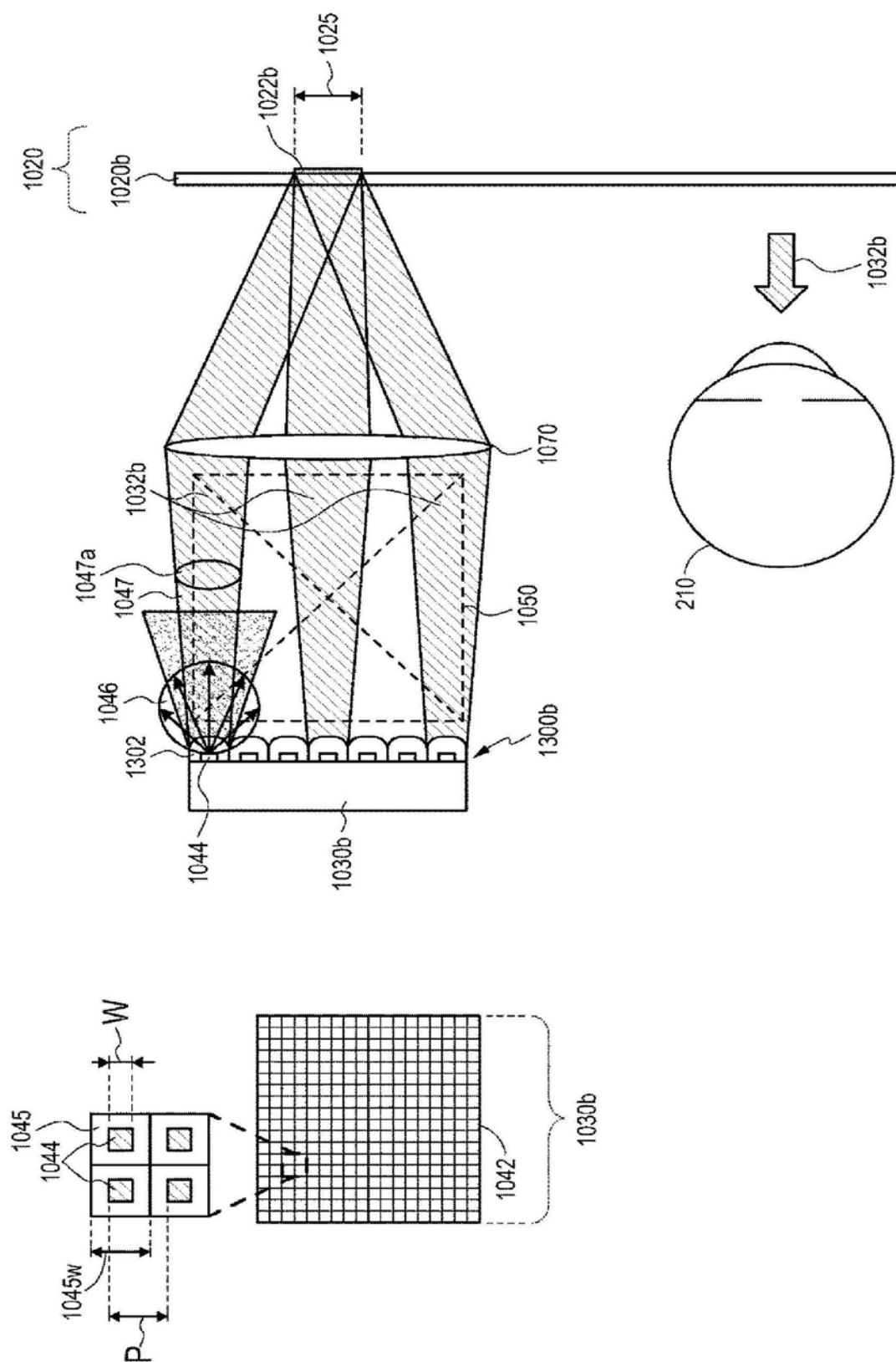


图30A

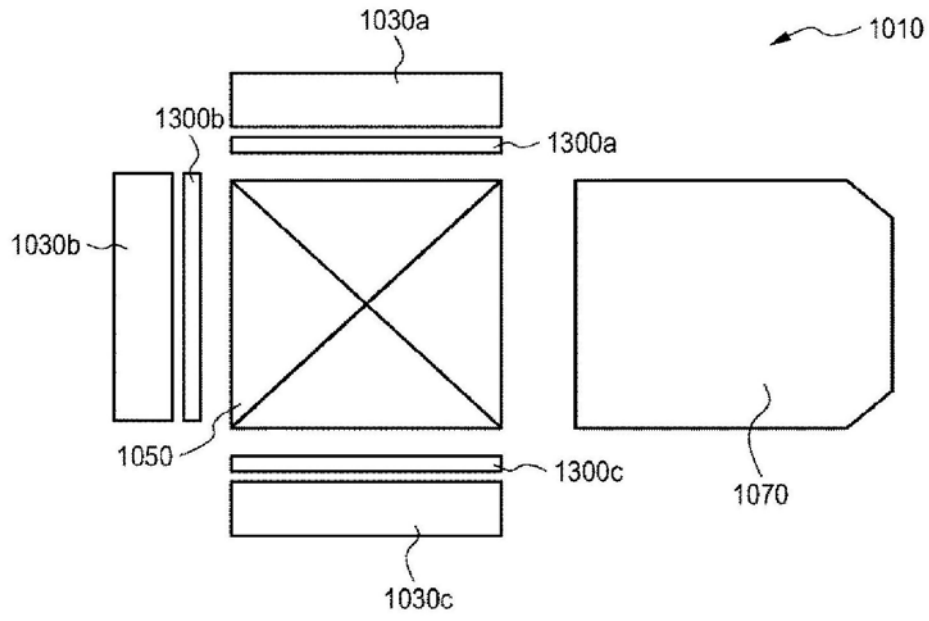


图30B

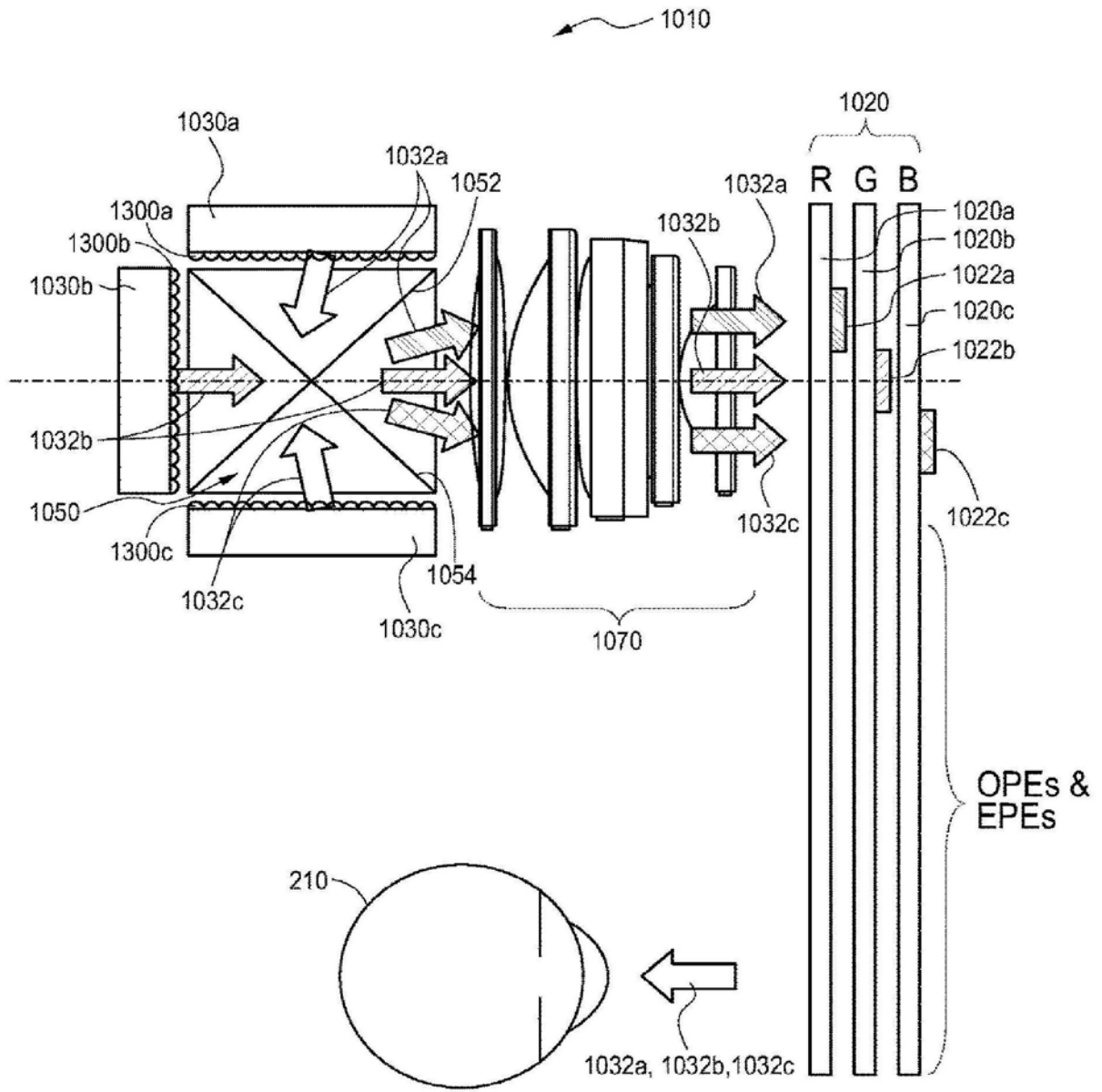


图30C

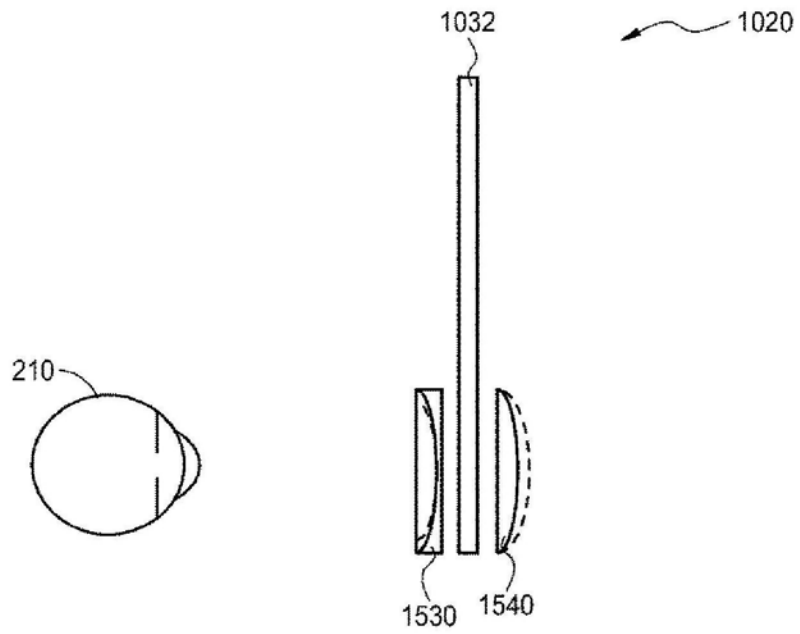


图31A

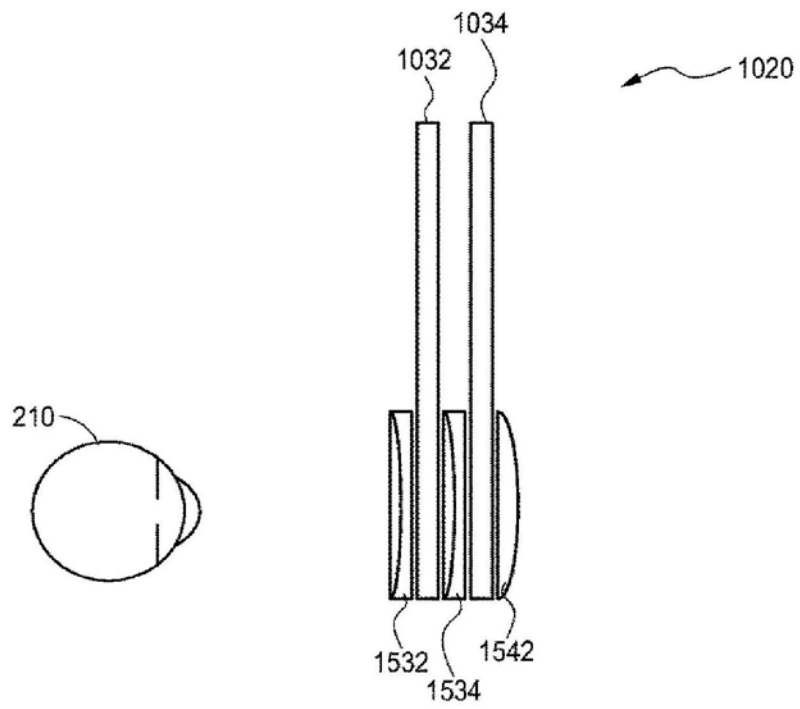


图31B

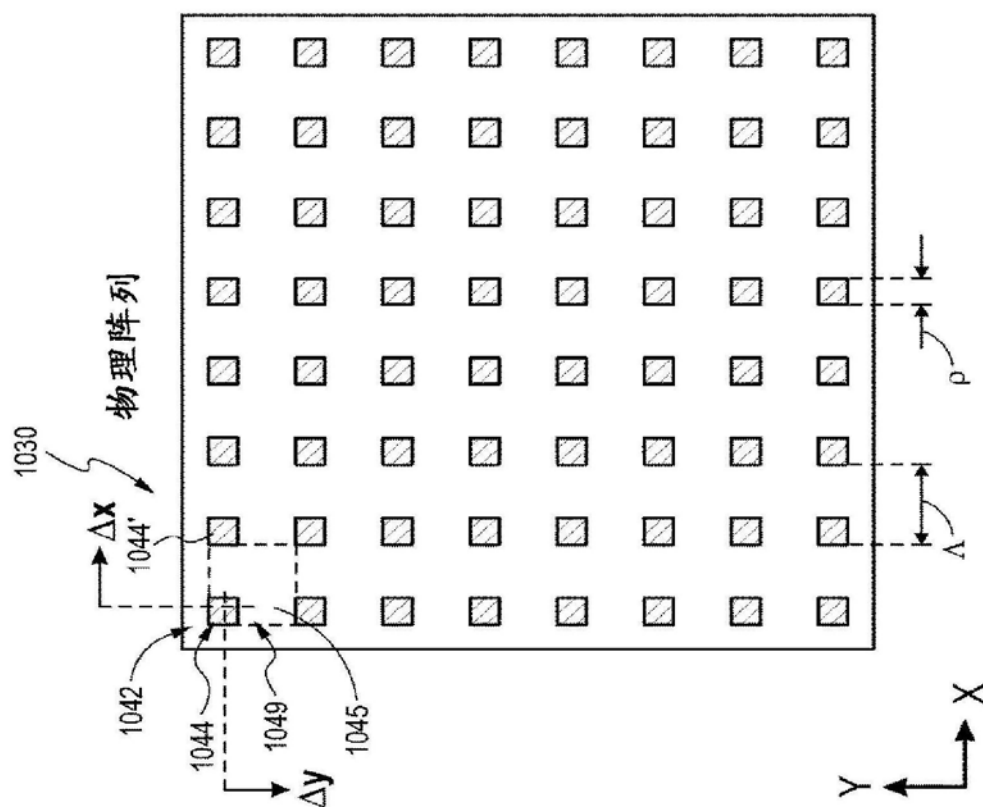


图32A

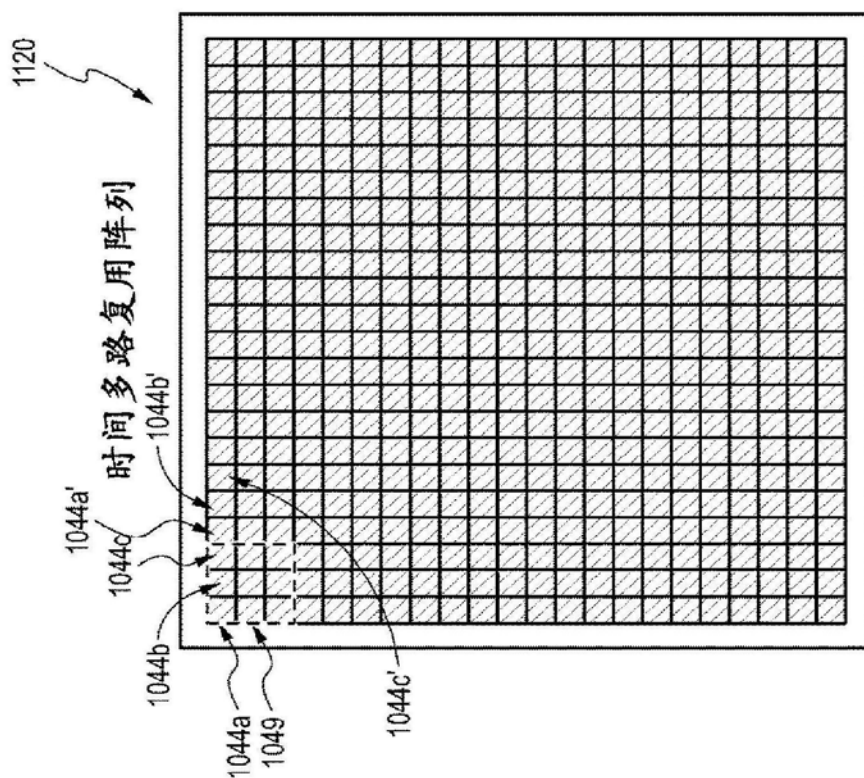


图32B

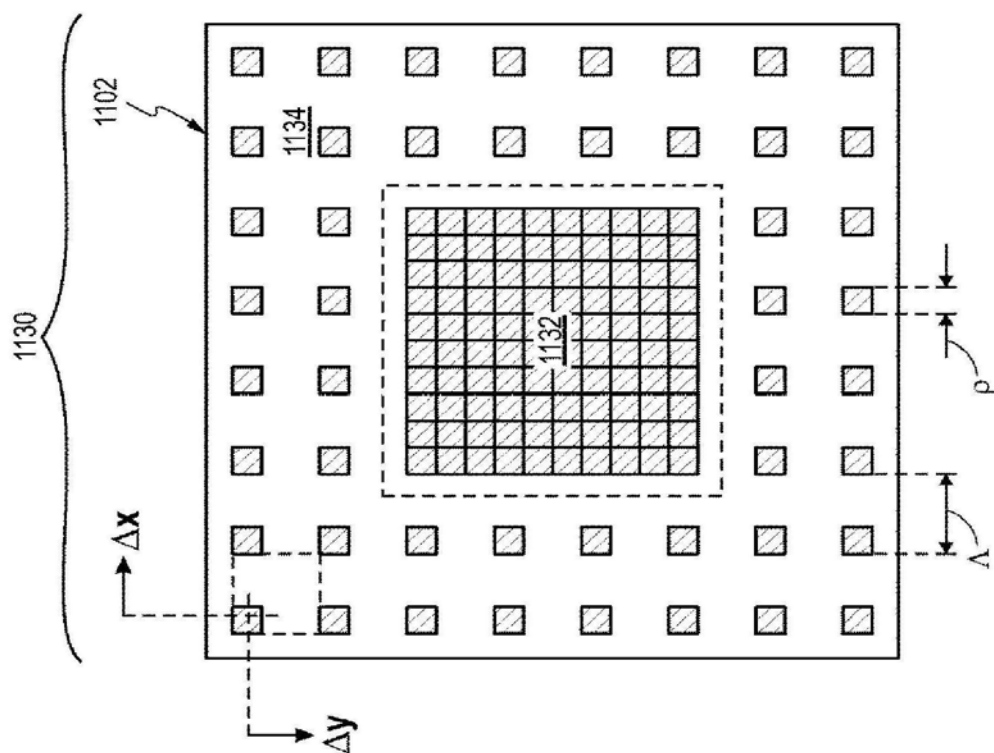


图32C

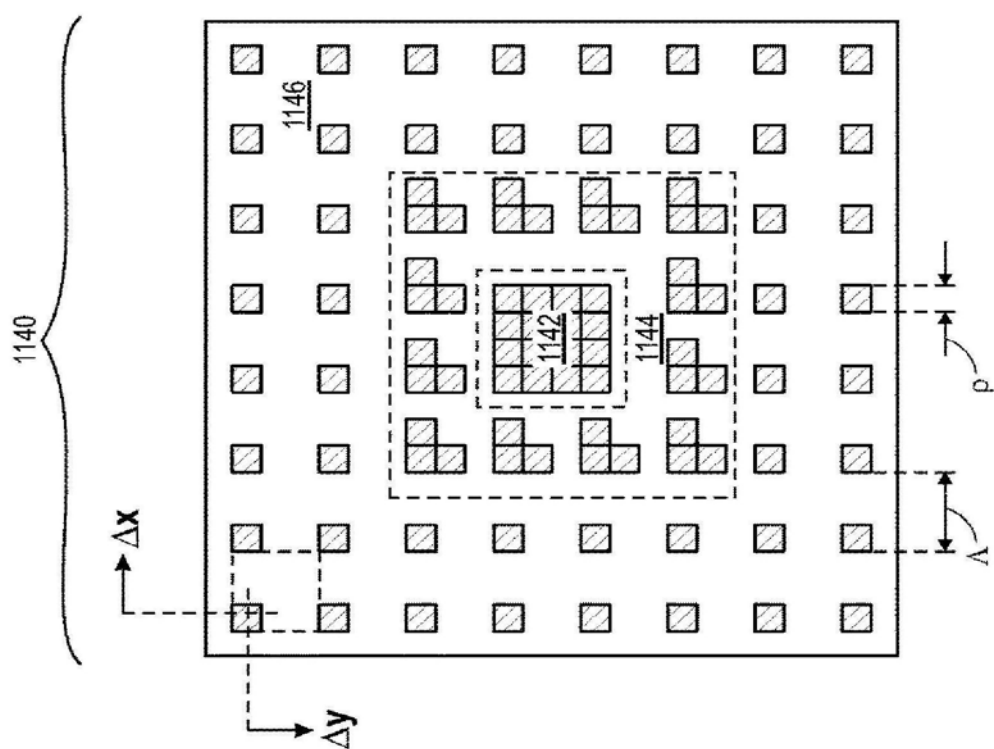


图32D

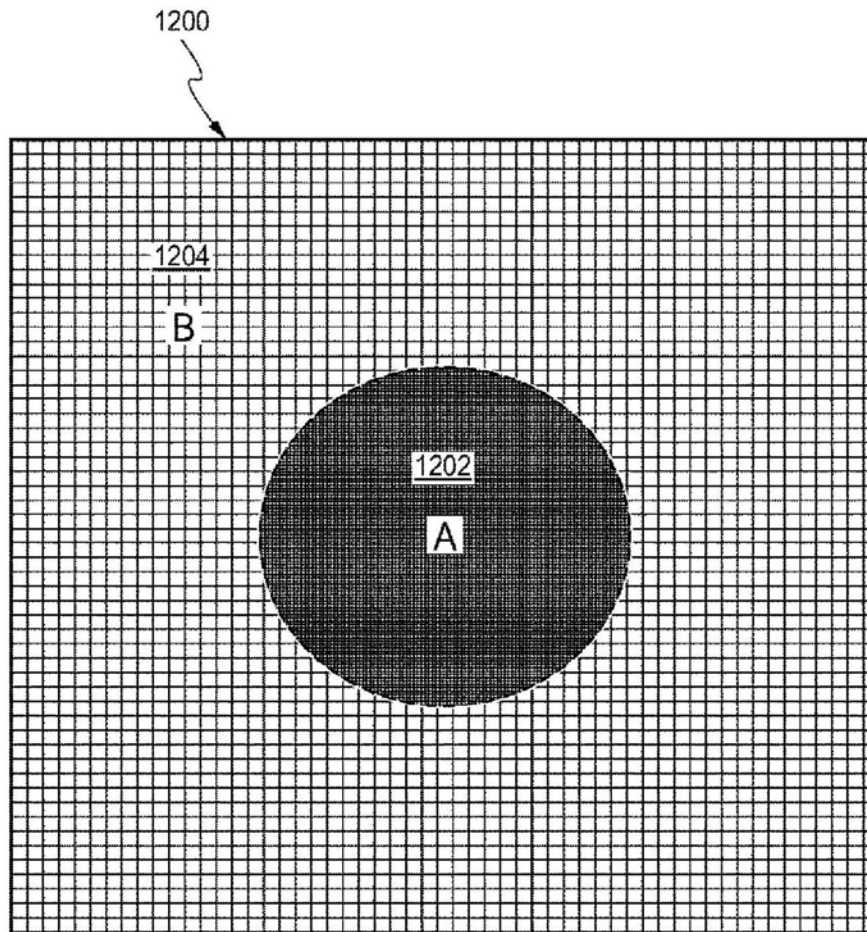


图33

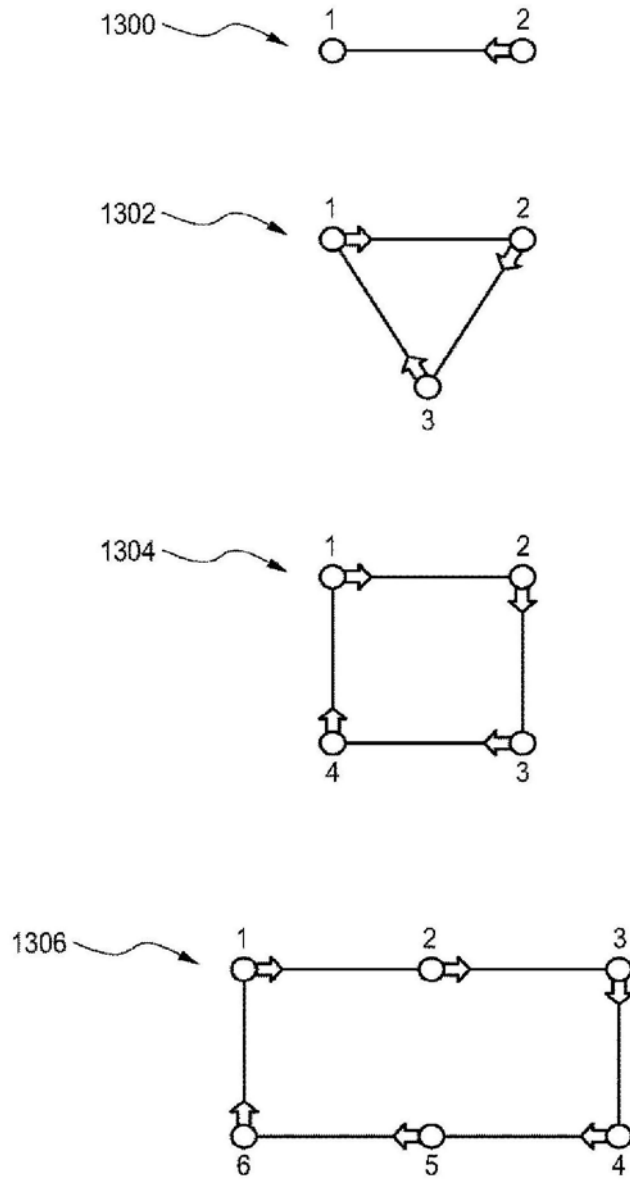


图34

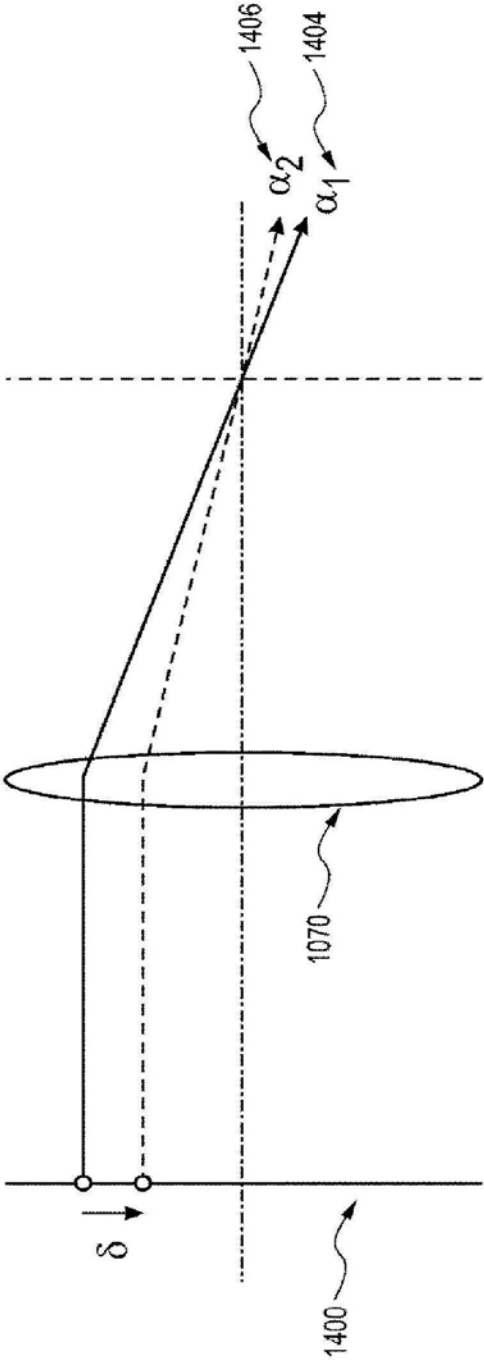


图35A

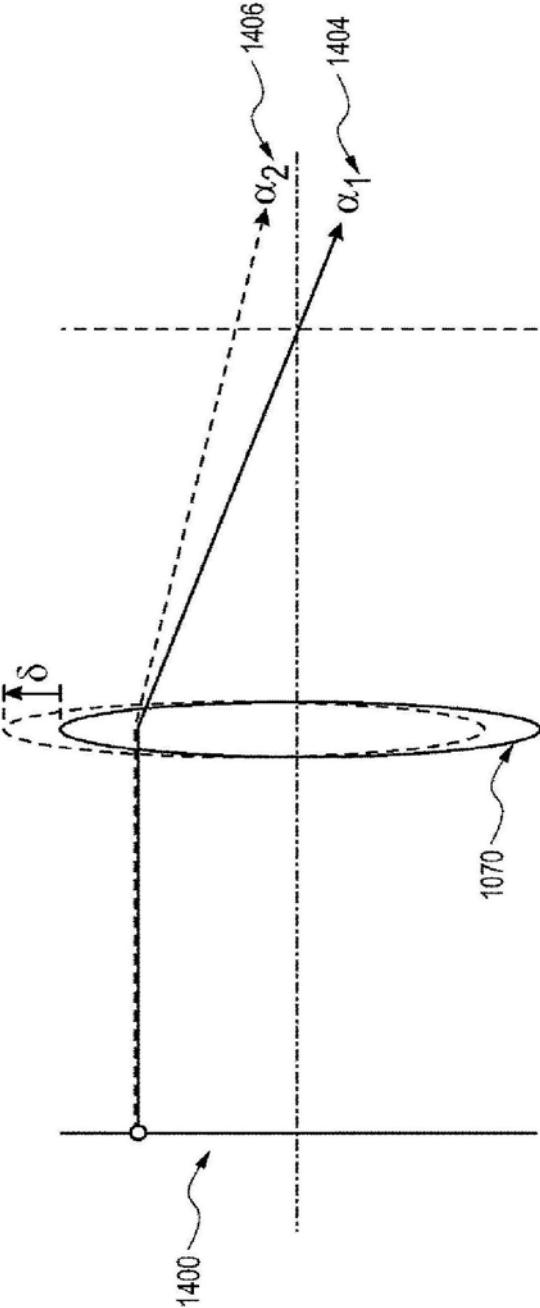


图35B

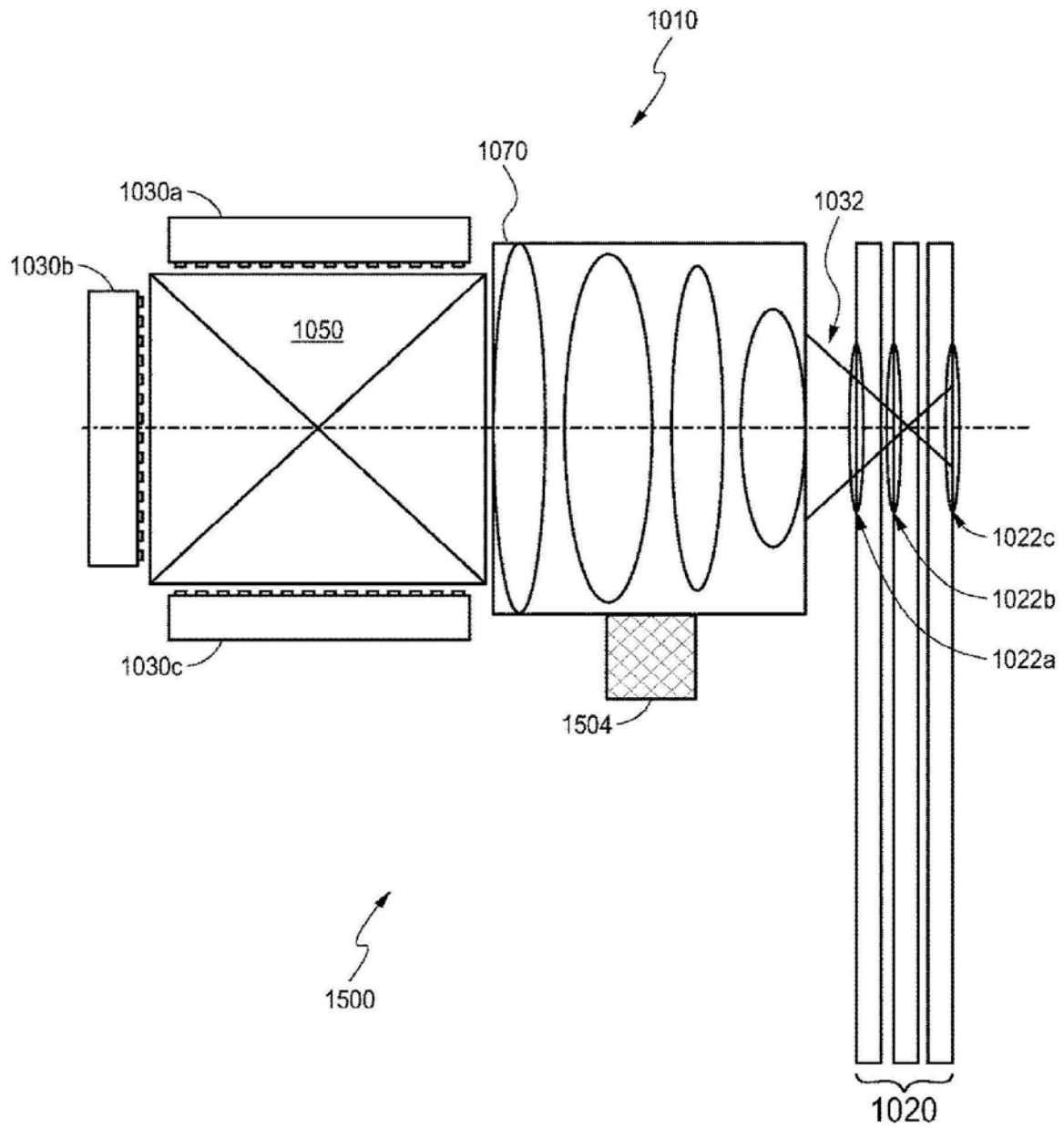


图36A

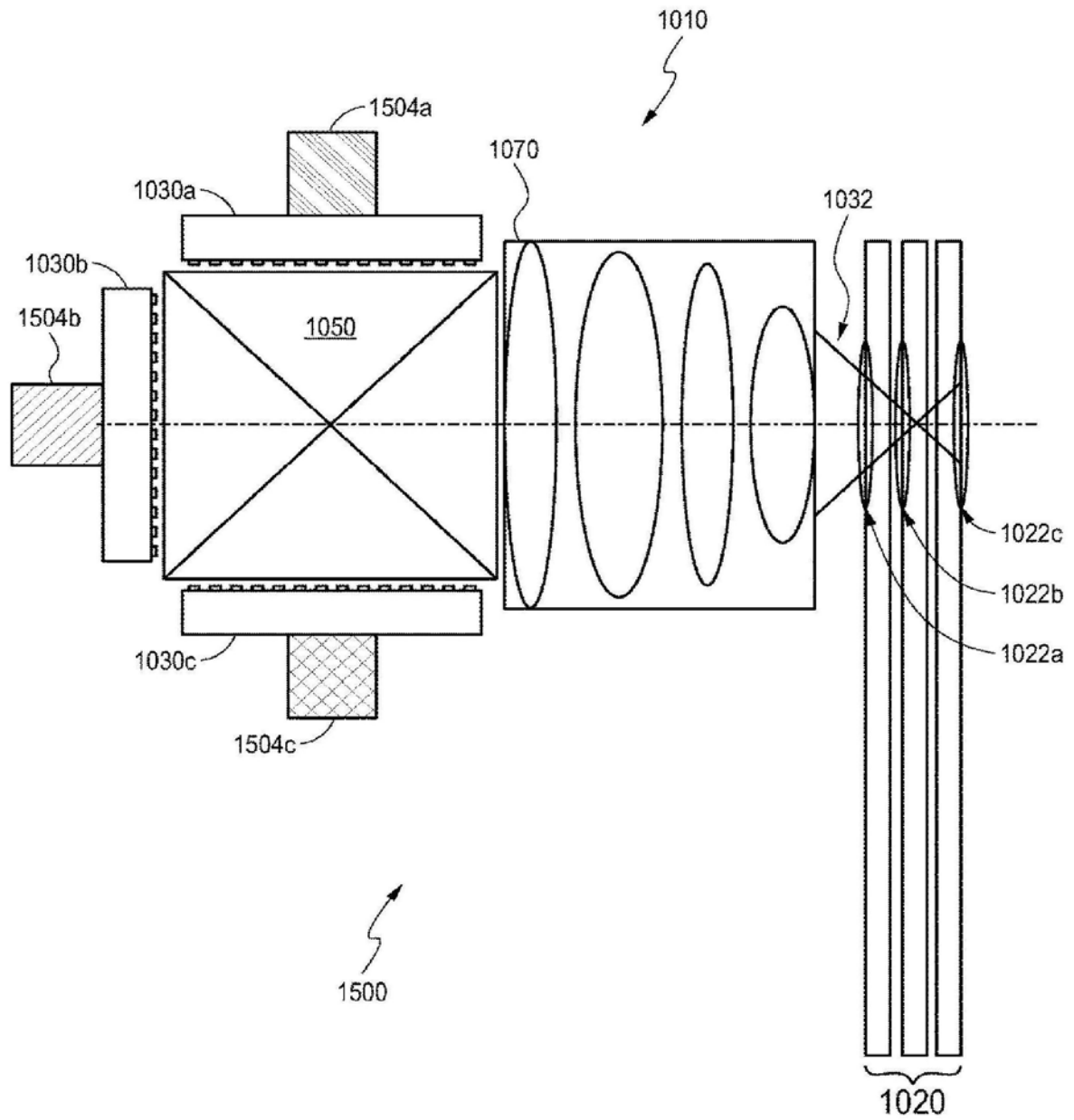


图36B

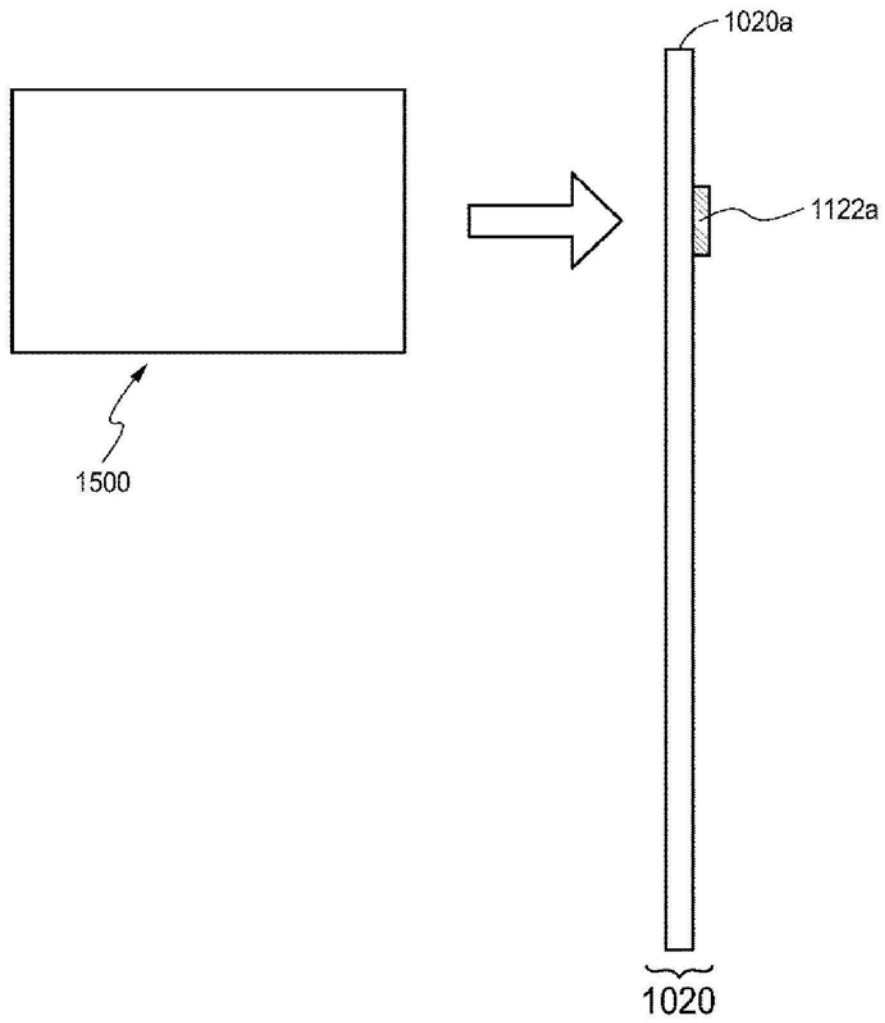


图37A

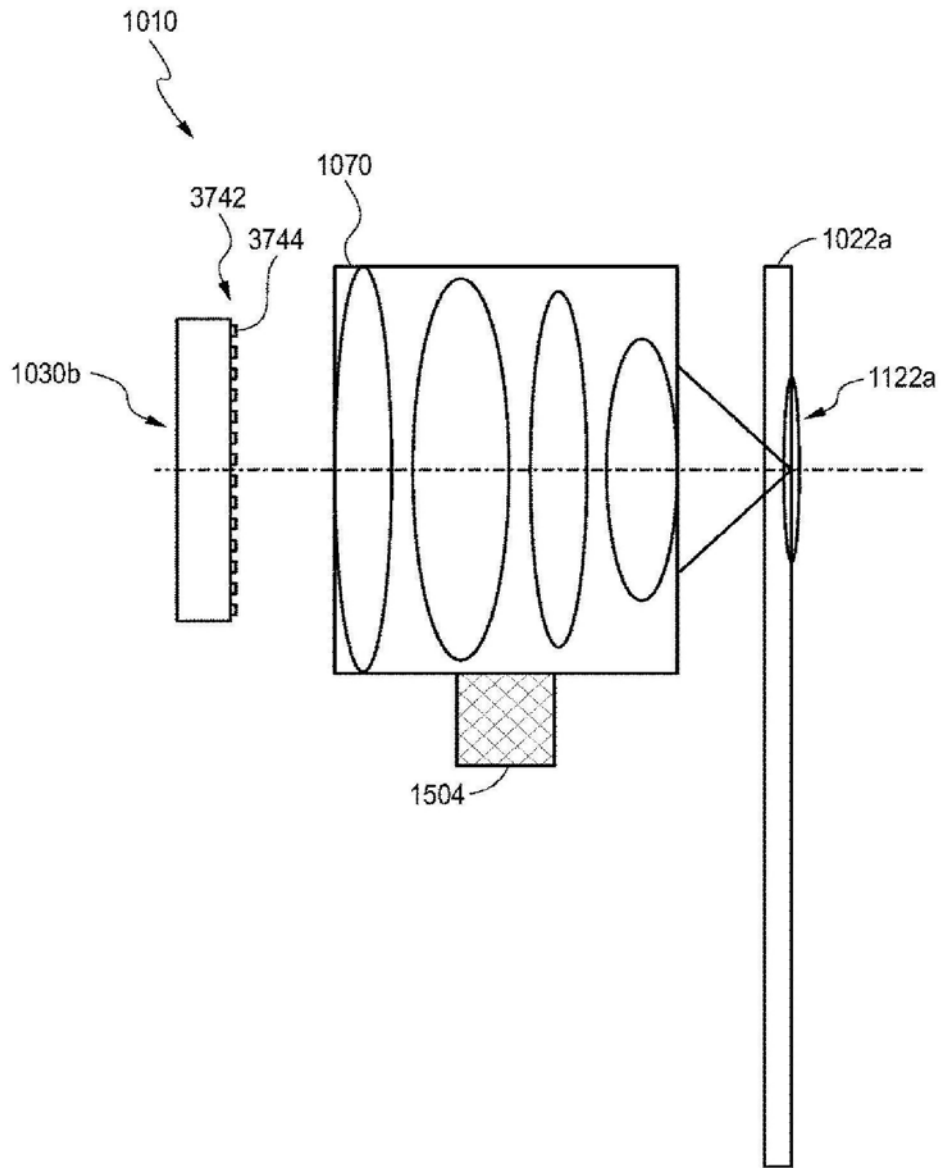


图37B

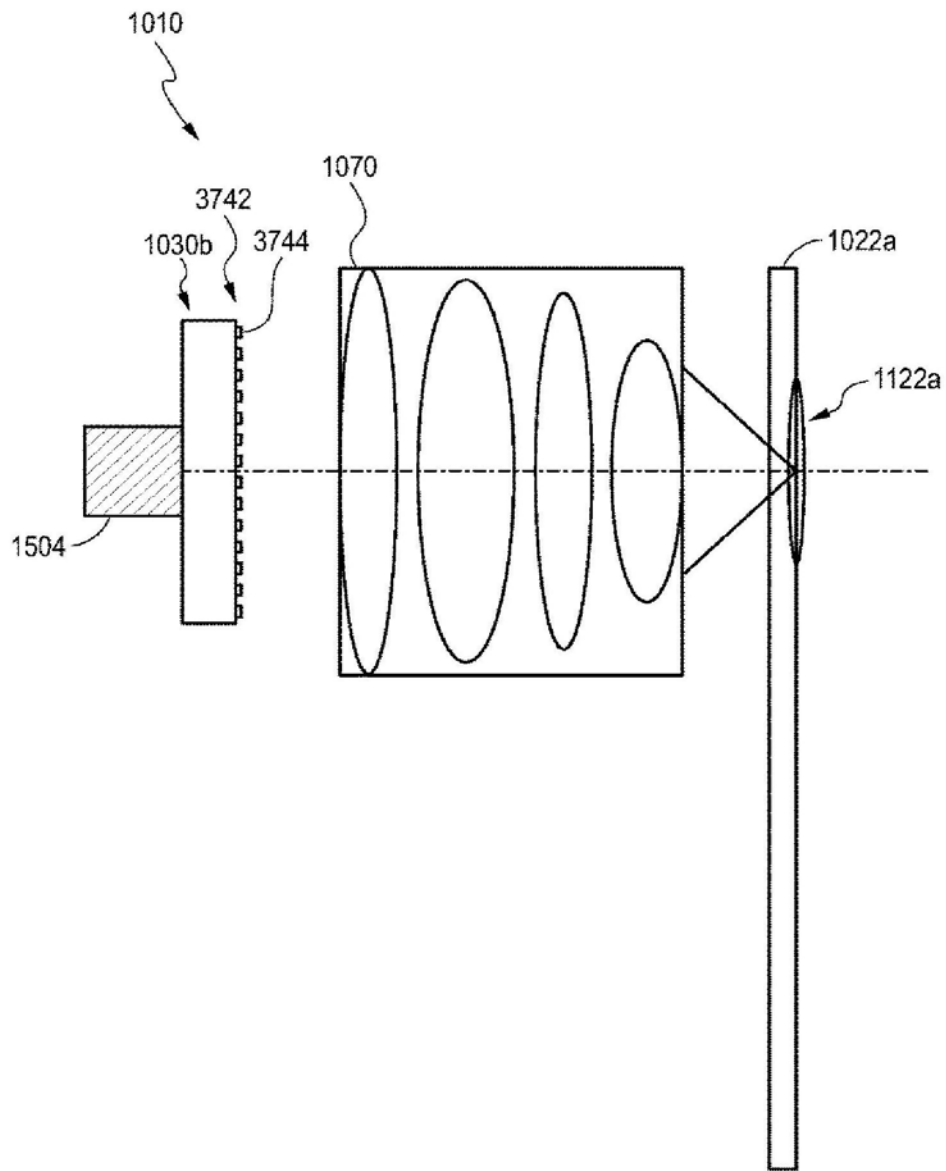


图37C

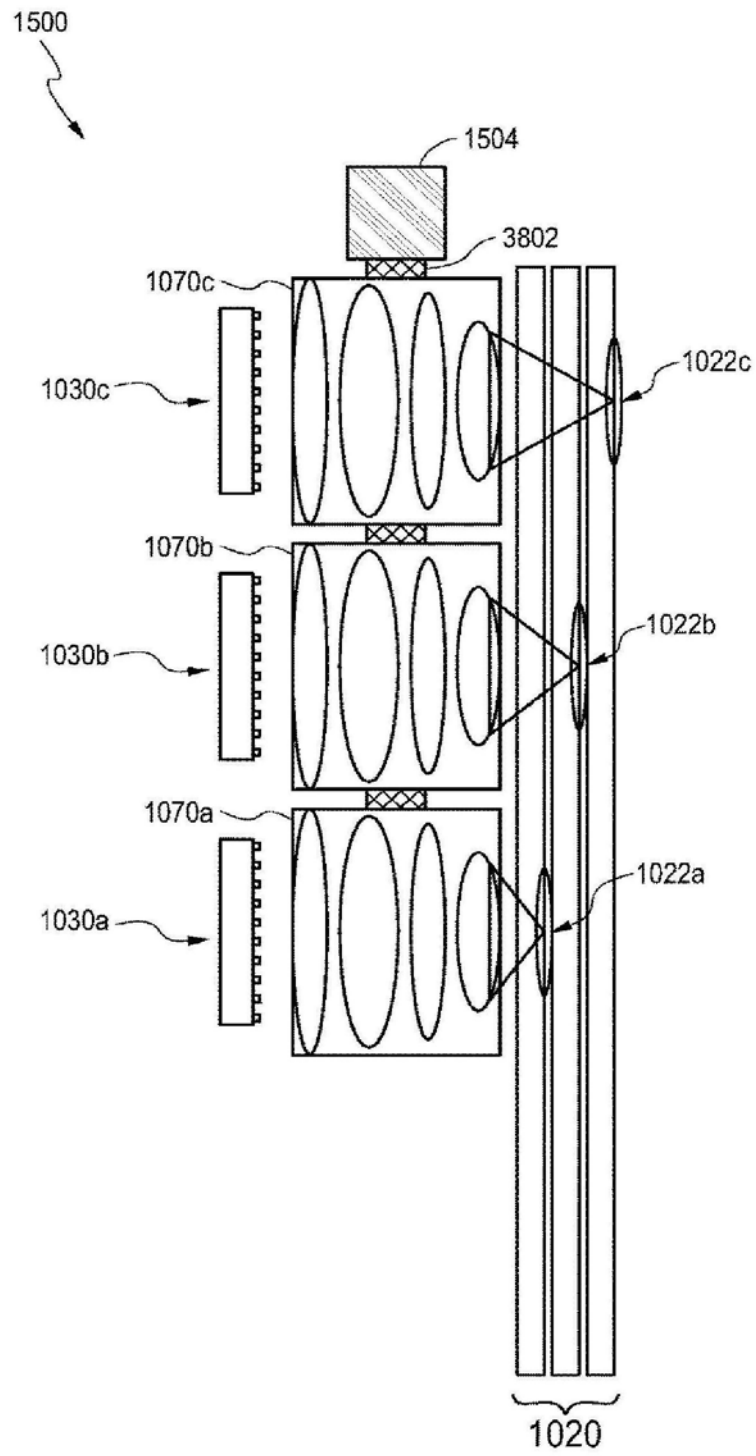


图38A

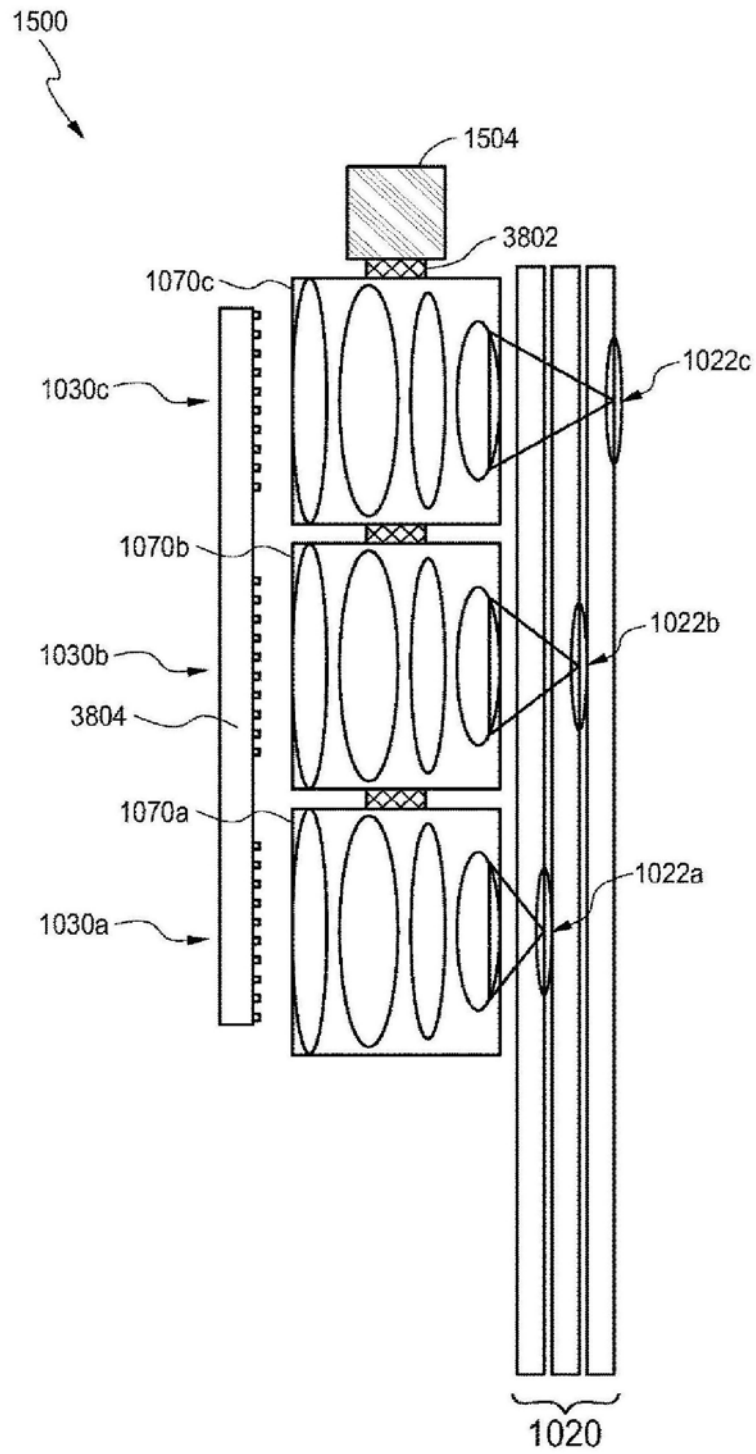


图38B

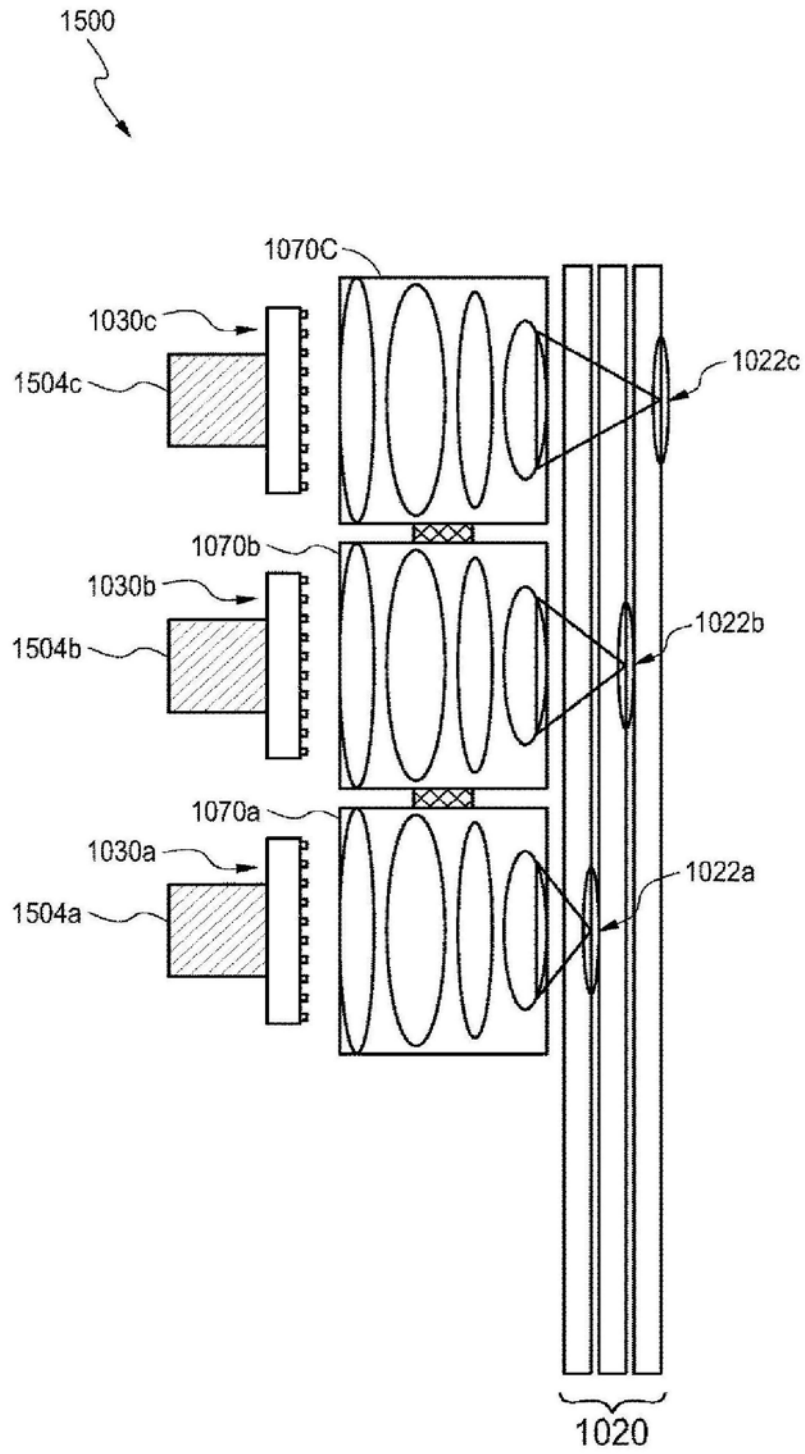


图38C

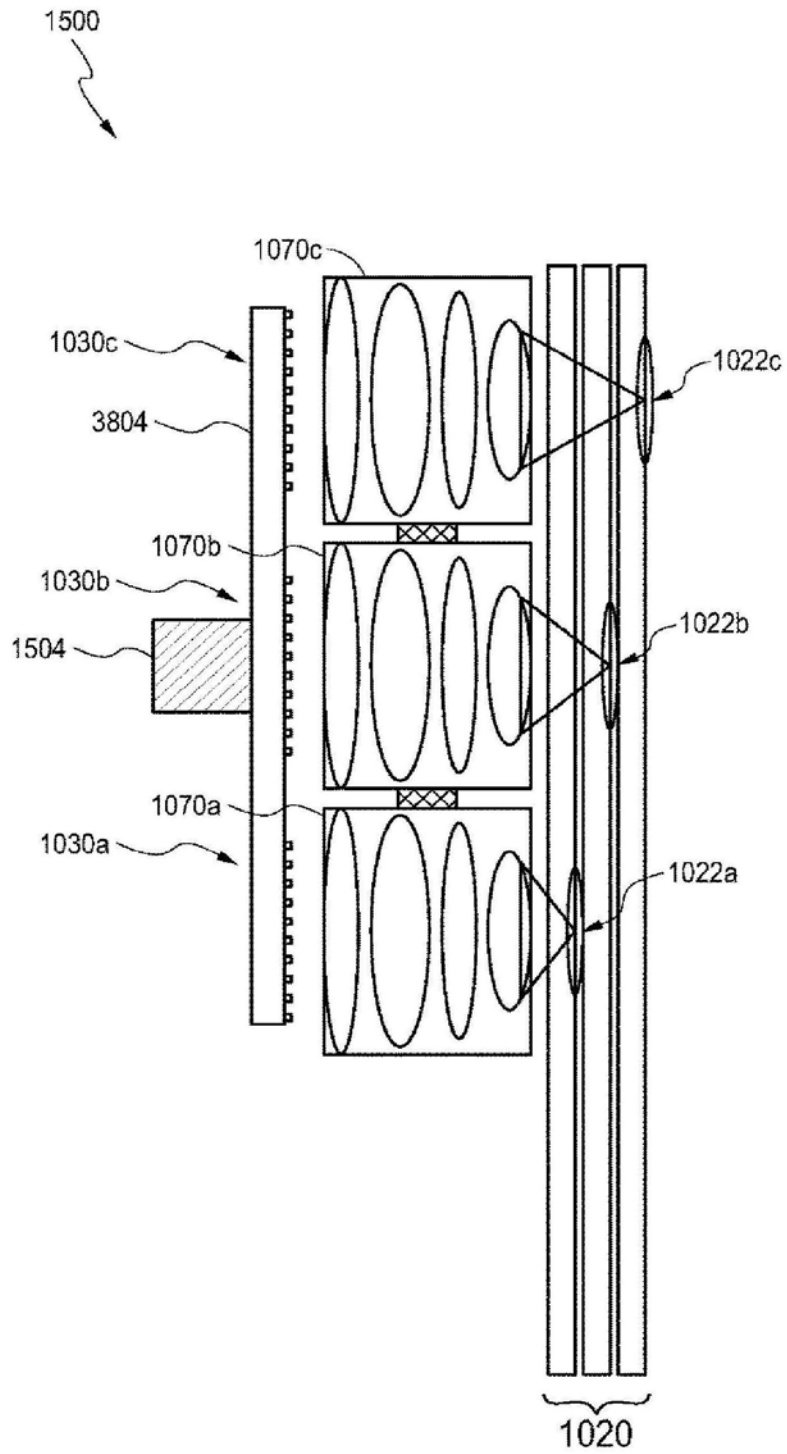


图38D

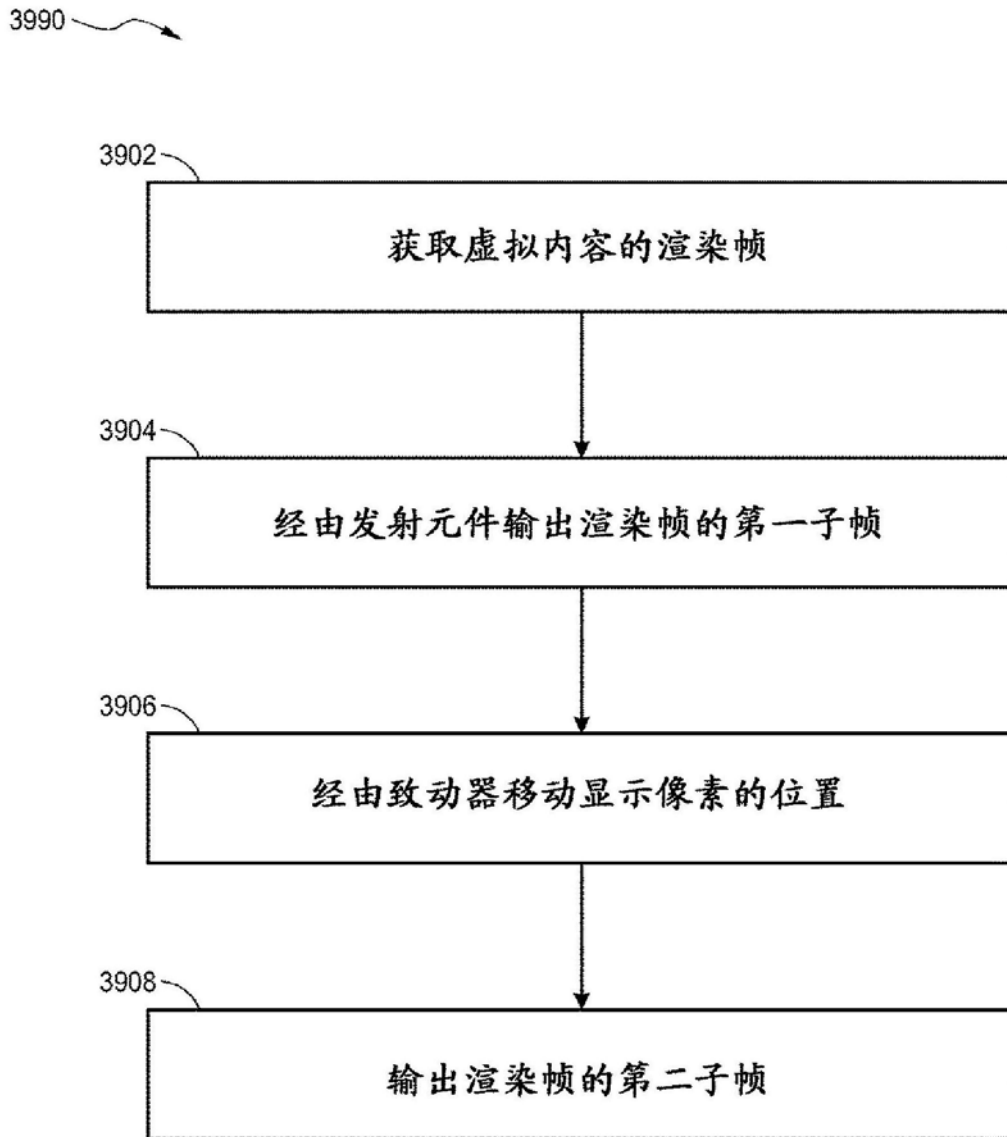


图39