



(10) 授权公告号 CN 110651211 B

(45) 授权公告日 2022.08.05

(21) 申请号 201880032797.X

(22) 申请日 2018.03.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110651211 A

(43) 申请公布日 2020.01.03

(30) 优先权数据
62/474,568 2017.03.21 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.11.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/023652 2018.03.21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/175653 EN 2018.09.27

(73) 专利权人 奇跃公司
地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 郑惠全 吴哲宇 C·卡尔里斯勒
M·A·克鲁格 W·莫尔泰尼

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247
专利代理师 姜利芳 杨晓光

(51) Int.Cl.
G02B 6/34 (2006.01)
G02B 6/10 (2006.01)
G02B 6/24 (2006.01)
G02B 6/26 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103038568 A, 2013.04.10
CN 103038568 A, 2013.04.10
CN 103823267 A, 2014.05.28
CN 103038567 A, 2013.04.10

审查员 钟杰

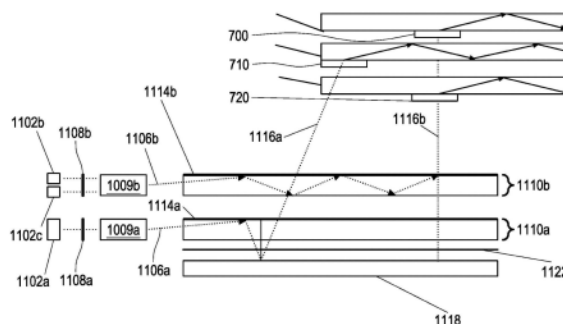
权利要求书4页 说明书38页 附图31页

(54) 发明名称

具有用于分体式光瞳的空间光调制器照射的显示系统

(57) 摘要

将不同颜色分离为横向位移光束的照射系统可以用于将不同颜色图像内容导引到用于将图像显示在眼睛中的目镜中。例如,这样的目镜可以用于增强现实头戴式显示器。可以提供利用一个或多个波导将来自光源的光朝向空间光调制器导引的照射系统。来自所述空间光调制器的光可以朝向目镜导引。本发明的一些方面提供具有不同颜色的光以不同角度从所述一个或多个波导耦出并且沿着不同光束路径导引。



1. 一种显示设备,包括:

第一光发射器,其具有第一光谱分布;

第一波导,其相对于所述第一光发射器设置以接收来自所述第一光发射器的光,所述第一波导被配置为沿着第一路径将光射出到所述波导之外;

第二光发射器,其具有与所述第一光发射器的所述第一光谱分布不同的第二光谱分布;

第二波导,其相对于所述第二光发射器设置以接收来自所述第二光发射器的光,所述第二波导被配置为沿着第二路径将光射出到所述波导之外;以及

空间光调制器,其相对于所述第一和第二波导设置以接收从所述第一和第二波导射出的所述光并调制所述光,

其中,所述显示设备被配置为使得来自所述第一和第二波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后分别以第一角度范围沿着所述第一路径导引和以不同于所述第一角度范围的第二角度范围沿着所述第二路径导引,以使得来自所述第一波导的所述光和来自所述第二波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后分别入射在距所述波导和空间光调制器一定距离的相应第一和第二空间位置上。

2. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,所述第一和第二光发射器包括发光二极管。

3. 根据权利要求2所述的显示设备,其中,所述第一和第二光发射器包括第一和第二颜色发光二极管,所述第一颜色发光二极管具有与所述第二颜色发光二极管不同的颜色。

4. 根据权利要求1-3中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一和第二波导包括平面波导,并且所述第一和第二发射器分别相对于所述第一和第二波导的边缘设置以将光注入到所述第一和第二波导的边缘中。

5. 根据权利要求1-3中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一和第二波导包括分别沿着第一和第二路径将光射出到所述第一和第二波导之外的转向特征。

6. 根据权利要求5所述的显示设备,其中,所述转向特征形成衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面的一部分。

7. 根据权利要求1-3和6中的任一项所述的显示设备,其中,所述空间光调制器包括透射空间光调制器,其被配置为调制透射通过所述空间光调制器的光。

8. 根据权利要求1-3和6中的任一项所述的显示设备,其中,所述空间光调制器包括反射空间光调制器,其被配置为反射并调制入射在其上的光。

9. 根据权利要求1所述的显示设备,还包括:

第三光发射器,其具有与所述第一和第二光谱分布不同的第三光谱分布;以及

第三波导,其相对于所述第三光发射器设置以接收来自所述第三光发射器的光,所述第三波导被配置为沿着第三路径将光射出到所述波导之外,所述空间光调制器相对于所述第三波导设置以接收从所述第三波导射出的所述光并调制所述光,

其中,所述显示设备被配置为使得来自所述第三波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后以与所述第一和第二路径不同的角度沿着所述第三路径导引,以使得来自所述第一、第二和第三波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后入射在距所述波导和所述空间光调制器一定距离的相应第一、第二和第三空间位置上。

10. 根据权利要求9所述的显示设备,其中,所述第一、第二和第三光发射器包括发光二

极管。

11. 根据权利要求10所述的显示设备, 其中, 所述第一、第二和第三光发射器包括第一、第二和第三颜色发光二极管, 所述第一颜色发光二极管具有与所述第二颜色发光二极管和第三颜色发光二极管不同的颜色, 并且所述第二颜色发光二极管具有与所述第三颜色发光二极管不同的颜色。

12. 根据权利要求11所述的显示设备, 其中, 所述第一、第二和第三光发射器分别包括红色、绿色和蓝色发光二极管。

13. 根据权利要求9-12中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述第一、第二和第三波导包括平面波导, 并且所述第一、第二和第三光发射器分别相对于所述第一、第二和第三波导的边缘设置以将光注入到所述第一、第二和第三波导的边缘中。

14. 根据权利要求9-12中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述第一、第二和第三波导包括将光分别沿着第一、第二和第三路径射出到所述第一、第二和第三波导之外的转向特征。

15. 根据权利要求14所述的显示设备, 其中, 所述转向特征形成衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面的一部分。

16. 根据权利要求9-12和15中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述空间光调制器包括透射空间光调制器, 其被配置为调制透射通过所述空间光调制器的光。

17. 根据权利要求9-12和15中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述空间光调制器包括反射空间光调制器, 其被配置为反射并调制入射在其上的光。

18. 根据权利要求1-3和6中的任一项所述的显示设备, 还包括:

第四波导, 其具有与其相关联的耦入光学元件, 与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以接收由所述空间光调制器调制之后的来自所述第一波导的光; 以及

第五波导, 其具有与其相关联的耦入光学元件, 与所述第五波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第二波导和所述第二路径设置以接收由所述空间光调制器调制之后的来自所述第二波导的光,

其中, 分别与所述第四和第五波导相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收来自所述第一和第二光发射器的所述光。

19. 根据权利要求18所述的显示设备, 其中, 与所述第四和第五波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到所述第四和第五波导中, 以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

20. 根据权利要求18所述的显示设备, 其中, 用于所述第四和第五波导的所述耦入光学元件包括转向特征, 所述转向特征被配置为将光分别重引导到所述第四和第五波导中, 以通过全内反射在其中引导。

21. 根据权利要求20所述的显示设备, 其中, 所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

22. 根据权利要求18所述的显示设备, 其中, 所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

23. 根据权利要求18所述的显示设备,还包括第六波导。

24. 根据权利要求23所述的显示设备,还包括:

第三光发射器,其具有与所述第一和第二光谱分布不同的第三光谱分布;以及

第三波导,其相对于所述第三光发射器设置以接收来自所述第三光发射器的光,所述第三波导被配置为沿着第三路径将光射出到所述波导之外,所述空间光调制器相对于所述第三波导设置以接收从所述第三波导射出的所述光并调制所述光,

其中,所述显示设备被配置为使得来自所述第三波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后以与所述第一和第二路径不同的角度沿着所述第三路径导引,以使得来自所述第一、第二和第三波导的所述光在由所述空间光调制器调制之后入射在距所述波导和所述空间光调制器一定距离的相应第一、第二和第三空间位置上。

25. 根据权利要求24所述的显示设备,其中,所述第六波导具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第六波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第三波导和所述第三路径设置以接收所述空间光调制器调制之后的来自所述第三波导的光。

26. 根据权利要求25所述的显示设备,其中,与所述第六波导相关联的所述耦入光学元件位于沿着所述第三路径的所述第三空间位置以接收来自所述第三光发射器的所述光。

27. 根据权利要求24-26中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一、第二和第三光发射器包括第一、第二和第三颜色发光二极管,所述第一颜色发光二极管具有与所述第二颜色发光二极管和第三颜色发光二极管不同的颜色,并且所述第二颜色发光二极管具有与所述第三颜色发光二极管不同的颜色。

28. 根据权利要求27所述的显示设备,其中,所述第一、第二和第三光发射器分别包括红色、绿色和蓝色发光二极管。

29. 根据权利要求23所述的显示设备,其中,与所述第五波导相关联的所述耦入光学元件是波长选择性的并且被配置为将具有第一颜色的更多光转向到所述第五波导中,以使得所述第一颜色光通过全内反射在所述第五波导内引导;并且被配置为将具有第二颜色的更多光转向到所述第六波导中,以使得所述第二颜色光通过全内反射在所述第六波导内引导。

30. 根据权利要求29所述的显示设备,其中,与所述第五波导相关联的所述波长选择性光学元件被配置为通过反射将具有所述第一颜色的光重导引到所述第五波导中,以使得具有所述第一颜色的所述光在所述第五波导内引导,并且具有所述第二颜色的光透射通过所述波长选择性光学元件和所述第五波导到所述第六波导中并且由所述波长选择性光学元件重导引,以使得具有所述第二颜色的光在所述第六波导内引导。

31. 根据权利要求29或30所述的显示设备,其中,与所述第五波导相关联的所述波长选择性光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

32. 根据权利要求29或30所述的显示设备,还包括:

第三光发射器,其具有第三光谱分布;以及

第三波导,其相对于所述第三光发射器设置以接收来自所述第三光发射器的光,所述第三波导沿着第三路径将所述光射出到所述波导之外以便所述光入射在距所述波导和所述空间光调制器一定距离的第三空间位置上。

33. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,所述第一光发射器包括点光源。

34. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,所述第一光发射器包括线光源。
35. 根据权利要求34所述的显示设备,其中,所述第一光发射器包括发光二极管的线性布置。
36. 根据权利要求35所述的显示设备,其中,所述发光二极管的线性布置与微透镜阵列相关联。
37. 根据权利要求1所述的显示设备,包括将光导引到所述第一波导中的光导。
38. 根据权利要求37所述的显示设备,其中,所述光导被设置在所述第一波导的边界上,并且反射元件沿着所述光导的一个边界设置。
39. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,光经由第一耦出元件从所述第一波导耦出。
40. 根据权利要求39所述的显示设备,其中,所述第一耦出元件包括体积相位光栅。
41. 根据权利要求39所述的显示设备,其中,所述第一耦出元件包括胆甾型液晶光栅。
42. 根据权利要求39-40中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一耦出元件的衍射效率沿着所述第一耦出元件到所述第一光发射器的距离而变化。
43. 根据权利要求42所述的显示设备,其中,所述衍射效率随着距所述第一光发射器的距离增加而单调减小。
44. 根据权利要求39-41和43中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一耦出元件的节距沿着所述第一耦出元件到所述第一光发射器的距离而变化。
45. 根据权利要求39-41和43中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一耦出元件包括多个层的堆叠。
46. 根据权利要求45所述的显示设备,其中,所述堆叠内的第一层被配置为从所述第一波导耦出具有第一颜色的光,并且所述堆叠内的第二层被配置为从所述第一波导耦出具有第二颜色的光。
47. 根据权利要求45所述的显示设备,其中,所述堆叠内的第一层被配置为耦出第一颜色,并且所述堆叠内的第二层被配置为耦出所述第一颜色。
48. 根据权利要求45所述的显示设备,其中,所述堆叠内的第一层被配置为以第一角度耦出遇到所述第一波导的边界的光,并且所述堆叠内的第二层被配置为以第二角度耦出遇到所述第一波导的边界的光。
49. 根据权利要求39所述的显示设备,其中,第一四分之一波延迟器被设置在所述空间光调制器与所述第一波导之间。
50. 根据权利要求49所述的显示设备,其中,第二四分之一波延迟器被设置在所述波导的与所述空间光调制器相对的边界上。
51. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,来自所述第一光发射器的所述光基本上被导引离开所述第一波导的轴。
52. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,所述显示设备不包括所述第一光发射器与所述第一波导之间的聚焦光学器件。
53. 根据权利要求1所述的显示设备,其中,所述第一波导是楔形的。
54. 根据权利要求53所述的显示设备,其中,所述第一波导被配置为改变反射离开所述第一波导的边界的光的角度。

具有用于分体式光瞳的空间光调制器照射的显示系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年3月21日提交的美国临时申请号62/474,568(代理人案号MLEAP.084PR)在35U.S.C.§119(e)下的优先权的权益,其以整体内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及光学设备,包括虚拟现实和增强现实成像和可视化系统。

背景技术

[0004] 现代计算和显示技术已经有助于用于所谓的“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统的开发,其中数字再现的图像或其部分以其看起来是真实的或可以被感知为真实的方式呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现而对其它实际的真实世界视觉输入不透明;增强现实或“AR”场景通常涉及将数字或虚拟图像信息呈现为对用户周围的实际世界的可视化的增强。混合现实或“MR”场景是一种类型的AR场景,一般涉及被集成到自然世界中并对该自然世界做出响应的虚拟对象。例如,在MR场景中,AR图像内容可以被真实世界中的对象阻挡,或者以其他方式,可以被感知为与真实世界中的对象交互。

[0005] 参考图1,描绘了增强现实场景10,其中,AR技术的用户看到了真实世界的公园状的设置20,该设置以人、树、背景中的建筑物以及混凝土平台30为特征。除了这些项之外,AR技术的用户还感知到他“看到”了“虚拟内容”,诸如站在真实世界平台30上的机器人雕像40,以及看起来是大黄蜂的化身的正在飞行的卡通式的化身角色50,即使这些元素40、50在真实世界中不存在。由于人类视觉感知系统是复杂的,因此要产生有助于在其他虚拟或真实图像元素当中舒适、感觉自然、丰富呈现的虚拟影像元素的AR技术具有挑战性。

[0006] 本文公开的系统和方法解决了与AR和VR技术有关的各种挑战。

附图说明

[0007] 图1示出了用户通过AR设备观看的增强现实(AR)视图。

[0008] 图2示出了可佩戴显示系统的示例。

[0009] 图3示出了用于为用户模拟三维影像的传统显示系统。

[0010] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维影像的方法的各方面。

[0011] 图5A至5C示出了曲率半径与焦半径之间的关系。

[0012] 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。

[0013] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0014] 图8示出了堆叠波导组件的示例,其中每个深度平面包括使用多种不同分量颜色形成的图像。

[0015] 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。

[0016] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。

[0017] 图9C示出了图9A和9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。

[0018] 图9D示出了向多个耦合入光学元件提供多个输入光束的基于波导的图像源,该多个耦合入光学元件与形成目镜的一部分的波导的堆叠集成。

[0019] 图10A和10B示出了包括单个波导的基于波导的图像源,该单个波导可以接收白光并且包括具有色散并且将不同颜色光(例如,红、绿、蓝)导引到不同方向中的耦合出光学元件。

[0020] 图11A-11C示出了包括多个波导的基于波导的图像源,多个波导中的每一个光学耦合到具有将相应波导中的光导引到不同方向中的耦合出光学元件的不同颜色LED(例如,红、绿、蓝)。

[0021] 图11D示出了包括三个颜色光发射器和两个波导的基于波导的图像源,其中,来自两个发射器的颜色中的两种颜色被组合到单个波导中。

[0022] 图12A示出了包括单个波导的基于波导的图像源,该单个波导可以耦合到白色LED并且将光耦合到具有对应的颜色滤波器的多个快门以在不同时间处选择性地通过光的不同颜色。

[0023] 图12B是示出用于如图12A中示出的包括快门和空间光调制器的基于波导的图像源的示例刷新过程的流程图。

[0024] 图13示出了包括单个波导的基于波导的图像源,该单个波导可以耦合到白色LED并且将光耦合到分离不同颜色的多个二向色分束器并且在不同横向位置处产生不同颜色束。

[0025] 图14A和14B分别示出了包括由点光源和线光源照射的波导的基于波导的图像源。

[0026] 图14C-14E示出了用于将光耦合到波导中的附加布置。

[0027] 图15A示出了包括波导和耦合出光学元件的基于波导的图像源,该耦合出光学元件包括体积相位衍射元件。

[0028] 图15B示出了包括用于不同颜色的体积相位光栅(VPG)衍射元件的堆叠的基于波导的光分布器件。

[0029] 图15C示出了包括用于不同角度的体积相位光栅(VPG)衍射元件的堆叠的基于波导的光分布器件。

[0030] 图16示出了包括波导和耦合出光学元件的基于波导的图像源,该耦合出光学元件包括胆甾型液晶光栅(CLCG)。

[0031] 图17A和17B示出了可以被配置为利用离轴照射的基于波导的光分布器件。

[0032] 图18示出了包括楔形波导的基于波导的图像源。

发明内容

[0033] 根据一些方面,可以提供一种显示设备,包括:

[0034] 一个或多个光发射器,其被配置为发射光;

[0035] 第一波导,其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光,所述第一波导被配置为(i)沿着第一路径将具有第一颜色的光射出所述波导之外,以及(ii)沿着第二路径将具有第二颜色的光射出到所述第一波导之外;以及

[0036] 空间光调制器,其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且

调制所述光，

[0037] 其中，所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光，以及

[0038] 其中，所述显示设备被配置为使得来自所述第一波导的具有所述第一颜色和所述第二颜色的所述光在由所述空间光调制器调制之后以不同角度沿着所述相应第一和第二路径导引并且入射在距所述第一波导和空间光调制器一定距离的相应第一和第二空间位置。

[0039] 根据其他方面，提供了一种显示设备，包括：

[0040] 一个或多个光发射器，其被配置为发射光；

[0041] 第一波导，其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光，以使得所述光在所述第一波导中通过全内反射引导，所述第一波导被配置为将在所述第一波导内引导的光射出到所述波导之外；

[0042] 快门系统，其包括第一快门和第二快门以及分别被配置为选择性地透射第一和第二颜色光的对应的第一和第二颜色滤波器，所述快门系统相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光，以使得来自所述第一波导的具有所述第一和第二颜色的光沿着相应第一和第二光路分别穿过所述相应第一和第二颜色滤波器，以及穿过所述相应第一快门和第二快门到距所述第一波导一定距离处的相应第一和第二空间位置；

[0043] 空间光调制器，其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并调制所述光，所述快门系统相对于所述空间光调制器设置，以使得所述调制光沿着所述第一和第二光路导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述相应第一和第二空间位置；以及

[0044] 电子器件，其与所述快门系统和所述空间光调制器通信以 (i) 当所述空间光调制器被配置为呈现对应于所述第一颜色的图像时在第一时间处打开与所述第一颜色相关联的所述快门并且关闭与所述第二颜色相关联的所述快门，以及 (ii) 当所述空间光调制器被配置为呈现对应于所述第二颜色的图像时在第二时间处打开与所述第二颜色相关联的所述快门并且关闭与所述第一颜色相关联的所述快门，

[0045] 其中，所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光。

[0046] 根据其他实施例，可以提供一种显示设备，包括：

[0047] 一个或多个光发射器，其被配置为发射光；

[0048] 第一波导，其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光，以使得所述光在所述第一波导中通过全内反射引导，所述第一波导被配置为将在所述第一波导内引导的光射出到所述波导之外；

[0049] 第一分束器，其被配置为选择性地沿着第一方向导引具有第一光谱分布的光和第一颜色光并且沿着第二方向导引第二光谱分布，所述第一分束器相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光，以使得来自所述第一波导的具有所述第一和第二光谱分布的光入射在所述第一分束器上并且具有所述第一和第二光谱分布的所述光沿着相应第一和第二光路导引，具有所述第一光谱分布和第一颜色的所述光被导引到距所述第一波导一定距离处的相应第一空间位置；以及

[0050] 空间光调制器，其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且

调制所述光,所述第一分束器相对于所述空间光调制器设置,以使得所述调制光沿着所述第一和第二光路导引并且具有所述第一颜色的所述光被导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述第一空间位置,

[0051] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有光谱分布的光,所述光谱分布包括沿着所述相应第一和第二光路导引的对应于所述第一和第二光谱分布的光谱分量。

[0052] 根据进一步的方面,可以提供一种用于头戴式显示器的显示设备,包括:

[0053] 基于波导的图像源,其包括:

[0054] 一个或多个光发射器,其被配置为发射光;

[0055] 一个或多个波导,其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光,以使得光经由全内反射在所述一个或多个光导内引导,所述一个或多个波导被配置为将光射出到所述波导之外;以及

[0056] 空间光调制器,其相对于一个或多个波导设置以接收从所述一个或多个波导射出的所述光并调制所述光,

[0057] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光,以及

[0058] 所述基于波导的图像源被配置为使得具有所述第一和第二颜色的所述光在由所述空间光调制器调制之后沿着所述相应第一和第二路径导引并且入射在距所述一个或多个波导和所述空间光调制器一定距离的相应第一和第二空间位置上,以及

[0059] 目镜元件,其包括基于波导的光分布系统,包括:

[0060] 第一波导,其具有与其相关联的耦合光学元件,与所述第一波导相关联的所述耦合光学元件相对于一个或多个第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述一个或多个波导的光;以及

[0061] 第二波导,其具有与其相关联的耦合光学元件,所述耦合光学元件相对于所述一个或多个波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述一个或多个波导的光,

[0062] 其中,分别与所述第一和第二波导相关联的所述耦合光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收具有所述第一和第二颜色的所述光。

具体实施方式

[0063] 现在将对附图进行参考,其中相似附图标记自始至终指代相似部件。将理解到,本文所公开的实施例包括光学系统,通常包括显示系统。在一些实施例中,显示系统是可佩戴的,其可以有利地提供更沉浸的VR或AR体验。例如,包含一个或多个波导(例如,波导的堆叠)的显示器可以被配置为佩戴定位在用户或观察者的眼睛的前面。在一些实施例中,两个波导堆叠(对于观察者的每只眼睛对应一个波导堆叠)可以被用于向每只眼睛提供不同的图像。

[0064] 示例显示系统

[0065] 图2示出了可佩戴显示系统60的示例。显示系统60包括显示器70,以及支持该显示器70的运行的各种机械和电子模块和系统。显示器70可以被耦合到框架80,该框架80可由

显示系统用户或观看者90佩戴,并且被配置为将显示器70定位在用户90的眼睛的前面。在一些实施例中,显示器70可以被认为眼镜。在一些实施例中,扬声器100被耦合到框架80并被配置为被定位在用户90的耳道附近(在一些实施例中,未示出的另一扬声器被定位在用户的另一耳道附近以提供立体/可成形声音控制)。在一些实施例中,显示系统还可以包括一个或多个麦克风110或者检测声音的其他设备。在一些实施例中,麦克风被配置为允许用户向系统60提供输入或者命令(例如,语音菜单命令、自然语言问题等的选择),和/或可以允许与其他人(例如,与类似显示系统的其他用户)的音频通信。麦克风还可以被配置为采集音频数据(例如,来自用户和/或环境的声音)的外围传感器。在一些实施例中,显示系统还可以包括外围传感器120a,该外围传感器120a可以与框架80分离并被附接到用户90的身体(例如,在用户90的头部、躯干、肢体等上)。在一些实施例中,外围传感器120a可以被配置为捕获表征用户90的生理状态的数据。例如,传感器120a可以是电极。

[0066] 继续参考图2,显示器70通过通信链路130(诸如通过有线引线或无线连接)操作性地耦合到本地数据处理模块140,该本地数据处理模块140可以安装在各种配置中,诸如固定附接到框架80、固定附接到由用户佩戴的头盔或帽子、嵌入在耳机中、或者可移除地附接到用户90(例如,在背包型配置中、在腰带耦合型配置中)。类似地,传感器120a可以由通信链路120b(例如,有线引线或无线连接)操作性地耦合到本地处理器和数据模块140。本地处理器和数据模块140可以包括硬件处理器以及数字存储器,诸如非易失性存储器(例如,闪存或硬盘驱动器),其二者可以用于辅助数据的处理、缓存和存储。数据包括:a)从传感器(其可以例如操作性地耦合到框架80或以其他方式附接到用户90)捕获的数据,诸如图像采集设备(诸如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备、陀螺仪和/或本文所公开的其他传感器;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(包括与虚拟内容有关的数据),可能用于在这样的处理或者检索之后传送到显示器70。本地处理器和数据模块140可以通过通信链路170、180(诸如经由有线或无线通信链路)操作性地耦合到远程处理模块150和远程数据存储库160,以使得这些远程模块150、160操作性地耦合到彼此并且可用作本地处理器和数据模块140的资源。在一些实施例中,本地处理器和数据模块140可以包括以下各项中的一项或多项:图像获取设备、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。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,或者可以是通过有线或无线通信路径与本地处理器和数据模块14通信的独立结构。

[0067] 继续参考图2,在一些实施例中,远程处理模块150可以包括被配置为分析和处理数据和/或图像信息的一个或多个处理器。在一些实施例中,远程数据存储库160可以包括数字数据存储设施,该设施可以通过因特网或“云”资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中,远程数据存储库160可以包括一个或多个远程服务器,该一个或多个远程服务器向本地处理器和数据模块140和/或远程处理模块150提供信息,例如用于生成增强现实内容的信息。在一些实施例中,在本地处理器和数据模块中存储所有数据并执行所有计算,从而允许从远程模块完全自主地使用。

[0068] 可以通过向观看者的每只眼睛提供略微不同的图像呈现来实现将图像感知为“三维的”或“3D”。图3示出了用于模拟用户的三维图像的传统显示系统。向用户输出两个不同图像190、200,其中每个图像针对一只眼睛210、220。图像190、200沿着平行于观看者视线的

光轴或z轴而与眼睛210、220相隔一定距离230。图像190、200是平坦的,眼睛210、220可以通过假设单个调节状态而聚焦在这些图像上。这样的3-D系统取决于人类视觉系统来组合图像190、200以为组合图像提供深度感知和/或缩放。

[0069] 然而,将理解,人类视觉系统更复杂,并且提供逼真的深度感更具挑战性。例如,传统的“3-D”显示系统的许多观看者发现这样的系统不舒服或者根本不能感知到深度感。不受理论的限制,据信对象的观看者可由于辐辏和调节的组合而将对象感知为“三维的”。两只眼睛相对于彼此的辐辏运动(即,眼睛的转动使得瞳孔朝向彼此或远离彼此运动以使眼睛的视线会聚以注视在对象上)与眼睛的晶状体和瞳孔的聚焦(或者调节)密切相关。在正常情况下,改变眼睛的晶状体的焦点或调节眼睛,以将焦点从一个对象改变到不同距离处的另一对象将根据被称为“调节-辐辏反射”的关系以及瞳孔扩张或收缩而自动导致与同一距离的辐辏的匹配变化。同样,在正常条件下,辐辏变化将触发晶状体形状和瞳孔尺寸的调节的匹配变化。如本文所指出的,许多立体或“3-D”显示系统使用略微不同的呈现(以及,因此略微不同的图像)向每只眼睛显示场景,以使得人类视觉系统感知到三维透视。然而,这样的系统对于许多观看者来说是不舒服的,因为它们除了其余内容之外简单地提供场景的不同呈现,而眼睛在单个调节状态下观看所有图像信息,并且违反“调节-辐辏反射”起作用。在调节和辐辏之间提供更好匹配的显示系统可以形成更逼真和舒适的三维图像模拟,从而增加佩戴时间,从而符合诊断和治疗方案。

[0070] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维影像的方法的各方面。参考图4,z轴上距眼睛210、220不同距离处的对象由眼睛210、220调节,以使这些对象合焦(in focus)。眼睛210、220呈现特定的调节状态,以使沿着z轴的不同距离处的对象聚焦。因此,可以说特定的调节状态与深度平面240中的特定一个深度平面相关联,该特定深度平面具有相关联的焦距,以使得当眼睛处于针对该深度平面的调节状态时,特定深度平面中的对象或对象的部分合焦。在一些实施例中,三维影像可以通过为眼睛210、220中的每一只眼睛提供图像的不同呈现以及还可以通过提供对应于深度平面中的每一者的图像的不同呈现来模拟。尽管为了清楚说明而示出为分离的,但将理解,例如,随着沿着z轴的距离增加,眼睛210、220的视野可以重叠。另外,尽管为了便于说明而示出为平坦的,但是将理解,深度平面的轮廓可以在物理空间中弯曲,以使得深度平面中的所有特征在眼睛处于特定调节状态时与眼睛合焦。

[0071] 对象与眼睛210或220之间的距离也可以改变来自该眼睛观看的对象的光的发散量。图5A至5C示出了距离和光线发散之间的关系。对象与眼睛210之间的距离按照递减的次序由距离R1、R2和R3表示。如图5A至5C所示,随着到对象的距离减小,光线变得更加发散。随着距离的增加,光线变得更加准直。换句话说,可以说,由点(对象或对象的一部分)产生的光场具有球面波前曲率,该球面波前曲率是该点距用户眼睛的距离的函数。随着对象与眼睛210之间的距离减小,曲率增大。因此,在不同的深度平面处,光线的发散度也不同,其中,发散度随着深度平面与观看者眼睛210之间的距离的减小而增大。尽管为了在图5A至5C和本文中的其它图中清楚地说明而仅示出单只眼睛210,但是将理解,关于眼睛210的讨论可以应用于观看者的双眼210和220。

[0072] 不受理论的限制,据信人类眼睛通常可以解释有限数量的深度平面以提供深度感知。因此,通过向眼睛提供对应于这些有限数量的深度平面中的每一者的图像的不同呈现,

可以实现感知深度的高度可信的模拟。不同的呈现可以由观看者的眼睛单独聚焦,从而有助于基于使位于不同深度平面上的场景的不同图像特征聚焦所期望的眼睛调节和/或基于观看到在不同深度平面上的不同图像特征失焦(out of focus),为用户提供深度线索。

[0073] 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包括波导堆叠或堆叠波导组件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。在一些实施例中,显示系统250是图2的系统60,其中,图6更详细地示意性地示出了该系统60的一些部分。例如,波导组件260可以是图2的显示器70的一部分。将理解,在一些实施例中,显示系统250可以被视为光场显示器。

[0074] 继续参考图6,波导组件260还可以包括位于波导之间的多个特征320、330、340、350。在一些实施例中,特征320、330、340、350可以是一个或多个透镜。波导270、280、290、300、310和/或多个透镜320、330、340、350可以被配置为以各种水平的波前曲率或光线发散度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可以用作波导的光源,并且可用于将图像信息注入到波导270、280、290、300、310中,如本文所述,每个波导可以被配置为跨每个相应的波导分配入射光用于朝着眼睛210输出。光从图像注入设备360、370、380、390、400的输出表面410、420、430、440、450出射,并且注入到波导270、280、290、300、310的对应输入表面460、470、480、490、500中。在一些实施例中,输入表面460、470、480、490、500中的每一者可以是对应波导的边缘,或者可以是对应波导的主表面(即,直接面向世界510或观看者眼睛210的波导表面中的一者)的一部分。在一些实施例中,可以将单个光束(例如准直光束)注入到每个波导中,以便以对应于与特定波导相关联的深度平面的特定角度(和发散量)输出朝向眼睛210导引的克隆准直光束的整个视野。在一些实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400中的单个图像注入设备可以与多个波导270、280、290、300、310(例如,其中的三个)相关联并将光注入到这些波导中。

[0075] 在一些实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400是离散显示器,每个离散显示器分别产生用于注入到对应的波导270、280、290、300、310中的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入设备360、370、380、390、400是单个多路复用显示器的输出端,例如,该单个多路复用显示器可以经由一个或多个光学导管(诸如,光纤光缆)将图像信息通过管道传输到图像注入设备360、370、380、390、400中的每一者。将理解,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波长或颜色的光(例如,如本文所讨论的不同的分量颜色)。

[0076] 在一些实施例中,注入到波导270、280、290、300、310中的光由光投射器系统520提供,光投射器系统520包括光模块530,光模块530可以包括光发射器,诸如发光二极管(LED)。来自光模块530的光可以经由分束器540而被导引到光调制器540(例如,空间光调制器)并被光调制器540修改。光调制器540可以被配置为改变注入到波导270、280、290、300、310中的光的感知强度。空间光调制器的示例包括液晶显示器(LCD),其包括硅上液晶(LCOS)显示器。

[0077] 在一些实施例中,显示系统250以是包括一个或多个扫描光纤的扫描光纤显示器,该一个或多个扫描光纤被配置为以各种图案(例如,光栅扫描、螺旋扫描、利萨如图案等)将光投射到一个或多个波导270、280、290、300、310中并最终投射到观看者的眼睛210。在一

些实施例中,所示的图像注入设备360、370、380、390、400可示意性地表示单个扫描光纤或扫描光纤束,该单个扫描光纤或扫描光纤束被配置为将光注入到一个或多个波导270、280、290、300、310中。在一些其它实施例中,所示的图像注入设备360、370、380、390、400可以示意性地表示多个扫描光纤或多个扫描光纤束,这些扫描光纤或扫描光纤束中的每一者被配置为将光注入到波导270、280、290、300、310中关联的一个波导中。将理解,一个或多个光纤可以被配置为将光从光模块530传输到一个或多个波导270、280、290、300、310。将理解,可以在一个或多个扫描光纤与一个或多个波导270、280、290、300、310之间提供一个或多个中间光学结构,以例如将从扫描光纤出射的光重导引到一个或多个波导270、280、290、300、310中。

[0078] 控制器560控制堆叠波导组件260中的一者或多者的操作,包括图像注入设备360、370、380、390、400、光发射器530和光调制器540的操作。在一些实施例中,控制器560是本地数据处理模块140的一部分。控制器560包括编程(例如,非暂时性介质中的指令),该编程根据例如本文公开的各种方案中的任何方案,调节定时和到波导270、280、290、300、310的图像信息的提供。在一些实施例中,控制器可以是单个集成设备,或者是通过有线或无线通信信道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器560可以是处理模块140或150(图2)的一部分。

[0079] 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)在每个相应的波导内传播光。波导270、280、290、300、310可以各自是平面的或具有另一形状(例如,弯曲的),具有顶部主表面和底部主表面以及在这些顶部主表面和底部主表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导270、280、290、300、310可各自包括耦出光学元件570、580、590、600、610,这些耦出光学元件被配置为通过将在各自相应波导内传播的光重导出波导来从波导中提取光,以将图像信息输出到眼睛210。所提取的光也可以被称为耦出光,而耦出光学元件光也可以被称为光提取光学元件。在波导中传播的光入射到光提取光学元件的位置处,所提取的光束由波导输出。如本文进一步讨论的,耦出光学元件570、580、590、600、610可以例如是光栅,光栅包括衍射光学特征。虽然为了便于描述和描绘清楚而被示出为设置在波导270、280、290、300、310的底部主表面处,但是在一些实施例中,如本文进一步所讨论的,耦出光学元件570、580、590、600、610可以被设置在顶部和/或底部主表面处,和/或可以被直接设置在波导270、280、290、300、310的体中。在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以被形成在附接到透明基板以形成波导270、280、290、300、310的材料层中。在一些其它实施例中,波导270、280、290、300、310可以是单片材料,且耦出光学元件570、580、590、600、610可以被形成在该片材料的表面上和/或内部中。

[0080] 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(该准直光被注入到这种波导270中)递送到眼睛210。准直光可以代表光学无限远焦平面。下一个上行波导280可以被配置为将穿过第一透镜350(例如,负透镜)的准直光在其可以到达眼睛210之前发送出;这样的第一透镜350可以被配置为产生微凸的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自该下一个上行波导280的光解释为来自第一焦平面,该第一焦平面从光学无限远处向内更靠近眼睛210。类似地,第三上行波导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的组合屈光力可被配置为产生另

一增量的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自第三波导290的光解释为来自第二焦平面,该第二焦平面从光学无穷远比来自该下一个上行波导280的光向内更靠近人。

[0081] 其它波导层300、310和透镜330、320被类似地配置,其中堆叠中的最高波导310发送其输出通过其与眼睛之间的所有透镜,以获得代表与人最接近的焦平面的聚合屈光力(aggregate focal power)。为了在观看/解释来自堆叠波导组件1178的另一侧上的世界510的光时补偿透镜堆叠320、330、340、350,可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层620以补偿下面的透镜堆叠320、330、340、350的聚合屈光力。这种配置提供与具有可用的波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面都可以是静态的(即,不是动态的或电话性的)。在一些替代实施例中,它们中的一者或两者使用电话性特征而可以是动态的。

[0082] 在一些实施例中,波导270、280、290、300、310中的两者或更多者可具有相同的相关深度平面。例如,多个波导270、280、290、300、310可以被配置为将图像集输出到相同的深度平面,或者波导270、280、290、300、310的多个子集可以被配置为将图像集输出到相同的多个深度平面,每个深度平面一个图像集。这可以提供形成拼接图像以在那些深度平面处提供扩展的视野的优势。

[0083] 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导引到它们相应的波导之外并且针对与该波导相关联的特定深度平面输出具有适当的发散量或准直量的光。结果,具有不同相关联深度平面的波导可具有耦出光学元件570、580、590、600、610的不同配置,这些耦出光学元件取决于相关联的深度平面而输出具有不同发散量的光。在一些实施例中,光提取光学元件570、580、590、600、610可以是体或表面特征,其可以被配置为以特定角度输出光。例如,光提取光学元件570、580、590、600、610可以是体全息图、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,它们可以简单地是间隔物(例如,包层和/或用于形成气隙的结构)。

[0084] 在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610是形成衍射图案的衍射特征,或“衍射光学元件”(在本文中也称为“DOE”)。优选地,DOE具有足够低的衍射效率,以使得光束的仅一部分光通过DOE的每一个交点而偏转向眼睛210,而其余部分经由全内反射而继续在波导内移动。携带图像信息的光因此被分成多个相关的出射光束,这些出射光束在多个位置处离开波导,并且结果是对于在波导内反弹的该特定准直光束是朝向眼睛4的相当均匀图案的出射发射。

[0085] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以在它们活跃地衍射的“开”状态与它们不显著衍射的“关”状态之间切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中微滴在主体介质中包含衍射图案,并且微滴的折射率可以被切换为基本上匹配主体材料的折射率(在这种情况下,图案不会明显地衍射入射光),或者微滴可以被切换为与主体介质的折射率不匹配的折射率(在这种情况下,该图案活跃地衍射入射光)。

[0086] 在一些实施例中,相机组件630(例如,数字相机,包括可见光和红外光相机)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,相机可以是任何图像捕获设备。在一些实施例中,相机组件630可以包括图像捕获设备和向眼睛投射光(例如,红外光)的光发射器,该光然后可以由眼睛反射并且由图像捕获设备检测。在一些实施例中,相机组件630可以附接到框架80(图

2) 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可以处理来自相机组件630的图像信息以做出关于例如如本文所讨论的用户的生理状态的各种确定。将理解到,关于用户的生理状态的信息可以用于确定用户的行为或者情绪状态。这样的信息的示例包括用户的运动和/或用户的面部表情。用户的行为或者情绪状态可以然后利用收集的环境和/或虚拟内容数据进行三角测量以便确定行为或者情绪状态、生理状态与环境或者虚拟内容数据之间的关系。在一些实施例中,可以针对每只眼睛利用一个相机组件630,以单独监测每只眼睛。

[0087] 现在参考图7,示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是将理解,波导组件260(图6)中的其它波导可以类似地起作用,其中波导组件260包括多个波导。光640在波导270的输入表面460处被注入到波导270中,并通过TIR在波导270内传播。在光640入射在DOE 570上的点处,一部分光作为出射光束650离开波导。出射光束650被示出为基本上平行,但是如本文所讨论的,取决于与波导270相关联的深度平面,出射光束650也可以以一角度(例如,形成发散的出射光束)被重导引以传播到眼睛210。将理解到,基本上平行的出射光束可以指示具有耦出光学元件的波导,所述耦出光学元件将光耦出以形成看起来被设置在距眼睛210较大距离(例如,光学无穷远)处的深度平面上的图像。其它波导或者其它耦出光学元件组可以输出更加发散的出射光束图案,这将需要眼睛210调节到更近距离以将其聚焦在视网膜上并且将被大脑解释为来自比光学无穷远更接近眼睛210的距离的光。

[0088] 在一些实施例中,可以通过在分量颜色(例如,三种或更多种分量颜色)中的每一者中叠加图像来在每个深度平面处形成全色图像。图8示出了堆叠波导组件的示例,其中,每个深度平面包括使用多种不同分量颜色形成的图像。所示的实施例示出了深度平面240a-240f,但也可以预期更多或更少的深度。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。在图中通过用于字母G,R和B之后的屈光度(dpt)的不同数字表示不同的深度平面。仅作为示例,这些字母中的每一者后面的数字表示屈光度(1/m),或该深度平面距观看者的距离的倒数,并且图中的每个框表示单独的分量颜色图像。在一些实施例中,为了考虑眼睛对不同波长的光的聚焦的差异,不同分量颜色的深度平面的精确放置可以变化。例如,给定深度平面的不同分量颜色图像可以被放置在与距用户的不同距离相对应的深度平面上。这样的布置可以增加视敏度和/或用户舒适度,或者可以减少色差。

[0089] 在一些实施例中,每种分量颜色的光可以由单个专用波导输出,因此,每个深度平面可以具有与其相关联的多个波导。在这样的实施例中,图中包括字母G,R或B的每个框可以被理解为表示单独的波导,并且每个深度平面可以提供三个波导,其中,每个深度平面提供三个分量颜色图像。尽管为了便于描述,在此图中与每个深度平面相关联的波导被示出为彼此邻近,但将理解,在物理设备中,波导可以全部被布置为每层级一个波导的堆叠形式。在一些其他实施例中,多个分量颜色可以由相同的波导输出,以使得例如每个深度平面可以仅提供单个波导。

[0090] 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,除了红色、绿色或蓝色之外,可以使用与其它波长的光(包括品红色和青色)相关联的其它颜色,或者这些其它颜色可以替代红色、绿色或蓝色中的一种或多种。在一些实施例

中,特征320、330、340和350可以是有源或无源滤光器,该有源或无源滤光器被配置为阻挡或选择性地将来自周围环境的光传输到观看者眼睛。

[0091] 将理解,本公开通篇对给定颜色的光的提及将被理解为包括在被观看者感知为具有该给定颜色的光的波长范围内的一个或多个波长的光。例如,红光可以包括在约620-780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约492-577nm范围内的一个或多个波长的光,并且蓝光可以包括在约435-493nm范围内的一个或多个波长的光。

[0092] 在一些实施例中,光发射器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的波导的耦合、耦合和其他光重导引结构可以被配置为将该光朝向用户的眼睛210导引并且发射到显示器之外,例如,用于成像和/或用户刺激应用。

[0093] 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导引以将该光耦合入到波导中。耦合光学元件可以用于将光重导引并且耦合入到其对应的波导中。图9A示出了各自包括耦合光学元件的一个或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具有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,堆叠波导集660可以对应于堆叠260(图6),并且堆叠波导集660的所示的波导可以对应于一个或多个波导270、280、290、300、310中的一部分,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要求光重导引用于耦合入的位置被注入到波导中。

[0094] 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合光学元件(其还可以被称为波导上的光输入区),其中,耦合光学元件700设置在波导670的主表面(例如,上主表面)上、耦合光学元件710设置在波导680的主表面(例如,上主表面)上,以及耦合光学元件720设置在波导690的主表面(例如,上主表面)上。在一些实施例中,耦合光学元件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,一个或多个耦合光学元件是反射光学元件)。如所示出的,耦合光学元件700、710、720可以被设置在其相应波导670、680、690的上主表面上(或在下一个下行波导的顶部),特别地其中,那些耦合光学元件是透射偏转光学元件。在一些实施例中,耦合光学元件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,耦合光学元件700、710、720是波长选择的,以使得其选择性地重导引光的一个或多个波长,同时透射光的其他波长。虽然示出在其相应波导670、680、690的一个边或角上,但是将理解到,在一些实施例中,耦合光学元件700、710、720可以设置在其相应波导670、680、690的其他区域中。

[0095] 耦合光学元件700、710、720可以彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦合光学元件可以偏移,以使得耦合光学元件在光不穿过另一耦合光学元件的情况下接收该光。例如,每个耦合光学元件700、710、720可以被配置为接收来自不同图像注入设备(如图6中所示的图像注入设备360、370、380、390和400)的光,并且可以与其他耦合光学元件700、710、720分离(例如,横向间隔开),以使得该耦合光学元件基本上不接收来自耦合光学元件700、710、720中的其他耦合光学元件的光。

[0096] 每个波导还包括相关联的光分布元件,其中,光分布元件730设置在波导670的主表面(例如,顶主表面)上、光分布元件740设置在波导680的主表面(例如,顶主表面)上,以

及光分布元件750设置在波导690的主表面(例如,顶主表面)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的顶主表面和底主表面上;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中的顶主表面和底主表面中的不同的主表面上。

[0097] 波导670、680、690可以通过气体、液体和/或固体材料层隔开并且分离。例如,如所示出的,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中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的材料的折射率小于形成波导670、680、690的材料的折射率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,该包层有助于通过波导670、680、690的光的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。虽然未示出,但是,堆叠波导集660的顶部和底部可以包括直接相邻的包层。

[0098] 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不同,和/或形成层760a、760b的材料可以不同,同时仍然保持上文指出的各种折射率关系。

[0099] 继续参考图9A,光线770、780、790入射在堆叠波导集660上。可以通过一个或多个图像注入设备360、370、380、390、400将光线770、780、790注入到波导670、680、690中。

[0100] 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。光线770、780、790还可以横向地位移到对应于耦合光学元件700、710、720的横向位置的不同的位置。耦合光学元件700、710、720各自偏转入射光,以使得光通过TIR在波导670、680、690中的相应一个波导内传播。

[0101] 例如,耦合光学元件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。类似地,耦合光学元件710可以被配置为使光线780偏转,该光线780具有第二波长或波长范围。同样地,耦合光学元件720可以被配置为使光线790偏转,该光线790具有第三波长或波长范围。

[0102] 偏转光线770、780、790被偏转为使得它们传播通过对应的波导670、680、690;即,每个波导的耦合光学元件700、710、720使光偏转到该对应的波导670、680、690中以将光耦合入到该对应的波导670、680、690中。光线770、780、790以使得光通过TIR在相应波导670、680、690内传播的角度偏转,并且因此在相应波导内引导。例如,光线770、780、790的偏转可以由一个或多个反射、衍射和/或全息光学元件引起,诸如全息、衍射和/或反射调谐特征、反射器或反射镜。在一些情况下,偏转可以由微结构(诸如一个或多个光栅中的衍射特征)和/或被配置为调谐或者重导引光例如以便利用波导引导的全息和/或衍射光学元件引起。光线770、780、790通过TIR在相应波导670、680、690内传播,在其中引导,直到入射在波导的对应的光分布元件730、740、750上。

[0103] 现在参考图9B,示出了图9A的堆叠波导的示例的透视图。如上所述,耦合光线770、780、790分别由耦合光学元件700、710、720偏转,并且然后通过TIR传播并且分别在波导

670、680、690内引导。引导的光线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可以包括一个或多个反射光学元件、衍射光学元件和/或全息光学元件,诸如全息调谐特征、衍射调谐特征和/或反射调谐特征、反射器或反射镜。在一些情况下,偏转可以由微结构(诸如一个或多个光栅中的衍射特征)和/或被配置为调谐或者重导引光例如以便利用波导引导的全息和/或衍射光学元件引起。光线770、780、790通过TIR在相应波导670、680、690内传播,在其中引导,直到入射在波导的对应的光分布元件730、740、750上,然而,其中,光线770、780、790以其仍然在波导内引导的方式偏转。光分布元件730、740、750使光线770、780、790偏转,以使得它们分别朝向耦出光学元件800、810、820传播。

[0104] 耦出光学元件800、810、820被配置为将在相应波导670、680、690内引导的光线770、780、790引导到相应波导670、680、690之外并且朝向观察者的眼睛引导。因此,耦出光学元件800、810、820可以被配置为以相对于波导670、680、690的表面的更法线的角度偏转和重导引相应波导670、680、690内引导的光,以便减少TIR的效应,以使得光线770、780、790不在相应波导670、680、690内引导,而是从相应波导670、680、690出射。而且,这些耦出光学元件800、810、820可以被配置为朝向观察者的眼睛偏转和重导引光线770、780、790。因此,耦出光学元件800、810、820可以包括一个或多个反射光学元件、衍射光学元件和/或全息光学元件,诸如全息调谐特征、衍射调谐特征和/或反射调谐特征、反射器或反射镜。在一些情况下,偏转可以由微结构(诸如一个或多个光栅中的衍射特征)和/或被配置为调谐或者重导引光线770、780、790以便利用相应波导670、680、690引导的全息和/或衍射光学元件引起。光学元件800、810、820可以被配置为反射、偏转和/或衍射光线770、780、790,以使得光线770、780、790朝向用户眼睛传播到相应波导670、680、690之外。

[0105] 在一些实施例中,光分布元件730、740、750是正交光瞳扩展器(OPE)。OPE可以使光偏转或分布到耦出光学元件800、810、820并且还复制(一个或多个)光束以形成传播到耦出光学元件800、810、820的更大数量的光束。随着光束沿着OPE传播,光束的一部分可以与该光束分割并且在正交于该光束的方向上(在耦出光学元件800、810、820的方向上)传播。OPE中的光束的正交分割可以重复地沿着通过OPE的光束的路径发生。例如,OPE可以包括具有沿着光束路径增加的反射率,以使得一系列基本上均匀的子束从单个光束产生。在一些实施例中,耦出光学元件800、810、820是将光引导到观察者的眼睛210中的出射光瞳(EP)或出射光瞳扩展器(EPE)(图7)。OPE可以被配置为增加眼盒的尺寸(例如,沿着x方向),并且EPE可以在与OPE的轴相交(例如,正交)的轴中增加眼盒(例如,沿着y方向)。

[0106] 因此,参考图9A和9B,在一些实施例中,堆叠波导集660包括用于每种分量颜色的波导670、680、690;耦入光学元件700、710、720;光分布元件(例如,OPE)730、740、750;以及耦出光学元件(例如,EPE)800、810、820。波导670、680、690可以通过空隙和/或每一个之间的包层堆叠。耦入光学元件700、710、720将入射光重导引或者偏转(其中,不同的耦入光学元件接收不同的波长的光)到其相应波导670、680、690中。光然后以将导致相应波导670、680、690内的TIR的角度传播,并且光在相应波导670、680、690内引导。在示出的示例中,光线770(例如,蓝光)由第一耦入光学元件700偏转,并且然后继续在波导内传播,在其中引导,与光分布元件(例如,OPE)730相互作用,其中,该光线770以先前所描述的方式被复制成传播到耦出光学元件(例如,EPE)800的一个或多个光线。光线780(例如,绿光)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,其中,光线780被复制成传播到耦出光学元件(例如,EPE)810的一个或多个光线。最后,光线790(例如,红光)穿过波导670和680以入射在波导690的光耦入光学元件720中。耦入光学元件720偏转光线790,以使得光线通过TIR传播到光分布元件(例如,OPE)750,其中,光线790被复制成通过TIR传播到耦出光学元件(例如,EPE)820的一个或多个光线。最后,耦出光学元件820然后进一步将光线790复制并且耦出到观察者,该观察者还接收来自其他波导670、680的耦出光。

[0107] 图9C示出了图9A和图9B的堆叠波导集660的示例的俯视平面图(前视图)。如所示出的,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(例如,沿着x和y方向)。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700、710、720优选地非重叠(例如,如在该示例中的前视图的俯视图中看到的沿着x方向横向间隔开)。还可以采用在其他方向上的偏移,诸如y方向。该非重叠空间布置有助于在一对一基础上将来自不同的源(诸如不同的光发射器和/或显示器)的光注入到不同的波导中,从而允许特定光发射器唯一地耦合到特定波导。在一些实施例中,包括非重叠的横向分离耦入光学元件700、710、720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。

[0108] 除了将光耦出波导之外,耦出光学元件800、810、820还可以使得光准直或者发散,好像光起源于远距离或近距离、深度或深度平面处的对象。例如,准直光与来自远视图的对象的光一致。增加的发散光与来自更近的对象的光一致,例如,在观察者的前面5-10英尺或1-3英尺。眼睛的自然晶状体将当观看更接近于眼睛的对象时调节,并且大脑可以感测该调节,该调节然后还用作深度线索。同样地,通过使得光发散一定量,眼睛将调节并且将对象感知为在更近距离处。因此,耦出光学元件800、810、820可以被配置为使得光准直或者发散,好像光从远或近距离、深度或深度平面发出。这样做,耦出光学元件800、810、820可以包括屈光力。例如,耦出光学元件800、810、820可以包括全息光学元件、衍射光学元件和/或反射光学元件,以使得除了使光偏转或者重导出波导之外,这些全息光学元件、衍射光学元件和/或反射光学元件还可以包括屈光力,以使光准直或者发散。在可选方案中或者另外,耦出光学元件800、810、820可以包括折射面,该折射面包括使得光准直或者发散的屈光力。因此,例如除了衍射或者全息调谐特征之外,耦出光学元件800、810、820还可以包括提供屈光力的折射面。这样的折射面除了包括在耦出光学元件800、810、820中之外,还可以包括在例如耦出光学元件800、810、820的顶部。在某些实施例中,例如,光学元件(诸如衍射光学元件、全息光学元件、折射透镜表面或其他结构)可以相对于耦出光学元件800、810、820设置以提供使光准直或者发散的屈光力。具有屈光力的层(诸如具有折射面的层或具有衍射和/或全息特征的层)可以例如相对于耦出光学元件800、810、820设置以附加地提供屈光力。来自具有屈光力的耦出光学元件800、810、820和具有屈光力的附加层(诸如具有折射面的层或具有衍射和/或全息特征的层)二者的贡献的组合也是可能的。

[0109] 如在图9D中所示出的,专业照射系统900可以向一个或多个耦入光学元件700、710和720提供多个输入光线770、780、790。该照射系统900照射空间光调制器902并且将光线770、780、790导引到对应于耦入光学元件700、710和720的位置的分离的空间位置。

[0110] 照射系统900可以是基于波导的并且包括:被配置为发射光的一个或多个光发射器904;以及一个或多个光转向(turn)光学元件,其包括相对于一个或多个光发射器904设

置以接收来自一个或多个光发射器904的光的波导906。接收到的光在光转向光学元件内传播,例如,从其两侧通过TIR在一个或多个波导906内引导。

[0111] 一个或多个波导906还被配置为将光射出到包括波导906的一个或多个光转向光学元件之外。例如,包括波导906的一个或多个光转向光学元件可以包括衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件和/或超表面,其被配置为从波导906将光引导到空间光调制器902上。空间光调制器902相对于一个或多个波导906设置(例如,在一个或多个波导906前面或者后面)以接收从一个或多个波导906射出的光并且调制接收到的光。在图9D中示出的示例中,波导906是被配置为朝向在波导906后面的空间光调制器902向后将光转向出来的前光设计。射出到波导906之外的该光入射在空间光调制器902上,并且如果空间光调制器902是反射空间光调制器,则从其反射。空间光调制器902可以包括例如反射液晶调制器(例如,硅上液晶(LCOS))、数字光处理(DLP)微反射镜系统、或其他类型的空间光调制器。空间光调制器902包括可以独立地调制以产生例如强度图案的一个或多个像素。对于某些类型的空间光调制器902,空间光调制器902调制光的偏振状态,并且在一些实施例中,偏振器或其他偏振选择性光学元件将偏振调制转换为强度调制。空间光调制器902可以与驱动空间光调制器902并且控制空间光调制器902以便形成图像的电子器件电气通信。电子器件还可以控制一个或多个光发射器904并且协调由一个或多个光发射器904提供的发射的时序,以使得当给定颜色的光照射空间光调制器906(经由波导906)时,空间光调制器902被驱动以为该颜色提供适当的图案。成像光学器件908可以相对于空间光调制器902设置以从其接收光并且对由空间光调制器902形成的强度图案(或者图像)成像。虽然单个正屈光力双凸透镜被示出以表示成像光学器件908,但是成像光学器件908可以包括超过一个透镜并且不需要限于双凸透镜,而是可以具有其他形状、屈光力、配置和光学特性。

[0112] 图9D示出了被配置为提供照射的基于波导的图像源910,该基于波导的图像源910包括空间光调制器902、一个或多个光发射器904和一个或多个波导906和成像光学器件908。空间光调制器902被配置为调制来自照射系统900的光以产生强度图像,并且成像光学器件908被配置为投射由空间光调制器902形成的图像。由于该基于波导的图像源910利用一个或多个波导906来照射空间光调制器902,因而基于波导的图像源910更薄并且因此更轻和更紧凑。此外,由于波导906是薄的,因而成像光学器件908可以更接近于空间光调制器902设置。这还允许成像光学器件908更小。

[0113] 一个或多个光发射器904可以被配置为发射具有包括对应于不同颜色(诸如红色、绿色和蓝色)的光谱分量的光谱分布的光。一个或多个光发射器904可以包括发光二极管(LED),诸如彩色LED,比如红色LED、绿色LED和蓝色LED。基于波导的图像源910可以被配置为使得不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的光在由空间光调制器902调制之后沿着相应路径(例如,对应于光线770、780和790的路径)引导并且入射在距一个或多个波导906和空间光调制器902一定距离的相应空间位置(例如,对应于耦合入光学元件700、710和720的位置)上。

[0114] 成像光学器件908可以例如是对由空间光调制器902调制的光准直或成像的透镜或透镜系统(例如,凸透镜)。

[0115] 如在图9D中所示出的,堆叠波导集660被设置为从基于波导的图像源910接收光线770、780、790。特别地,图9D示出了第一波导670和耦合入光学元件700(例如,用于从图像源

910接收红光)、第二波导680和耦入光学元件710(例如,用于从图像源910接收绿光)和第三波导690和耦入光学元件720(例如,用于从图像源910接收蓝光)。这些耦入光学元件700、710、720中的每一者相对于用于光线770、710、720(例如,红色光线、绿色光线和蓝色光线)的相应路径设置并且设置在适合的空间位置处以接收由形成相应红色图像、绿色图像和蓝色图像的空间光调制器902调制的光。

[0116] 虽然红色光、绿色光和蓝色光被用作示例,但是可以采用其他颜色光。因此,一个或多个光发射器904可以发射不同颜色光,并且一个或多个波导906可以传播不同颜色光。此外,虽然上文将三种颜色(红、绿和蓝)作为示例描述,但是可以使用更多或更少颜色。例如,如果仅使用两种颜色,则可以采用可能更少光发射器904和更少波导906。

[0117] 在各种设计中,这些系统和部件相对紧凑以设置在用于头戴式显示器的显示设备中。堆叠波导集660可以包括诸如上文所描述的光瞳扩展器。此外,波导670、680、690可以是光学透明的,以使得观察者可以看透例如头戴式显示器中的波导670、680、690。

[0118] 基于波导的图像源910的各种设计可以用于将不同颜色光(例如,红色、绿色和蓝色)递送到相应耦入光学元件700、710、720位于的分离的空间位置。例如,单个波导(例如波导906)可以接收白光并且包括具有色散并且将不同颜色光(红色、绿色、蓝色)导引到不同方向的耦出光学元件。这可以减少提供用于不同颜色的传输的分离波导的需要。在一些实施例中,各自光学耦合到不同颜色LED(红色、绿色、蓝色)的一个或多个波导可以具有将相应波导中的光导引到不同方向的耦出光学元件。在一些实施例中,单个波导可以耦合到白色LED并且将光耦出到具有对应的颜色滤波器的一个或多个快门以在不同时间处选择性通过光的不同颜色。快门和滤波器在不同横向位置处以便在不同横向位置处产生颜色光束。可选地,单个波导可以耦合到白色LED并且将光耦出到分离不同颜色的一个或多个二向色分束器并且产生不同横向位置处的不同颜色光束。其他设计也是可能的。

[0119] 例如,图10A示出了包括单个波导1010的显示设备1000,该单个波导相对于白色光源(或者发射器)1002设置以接收白光并且包括具有色散的耦出光学元件1014。耦出光学元件1014可以包括具有色散的光栅或者衍射光学元件。色散可以使得耦出光学元件1014对于不同波长光不同地起作用。色散可以使得耦出光学元件1014以不同角重导引不同颜色的光。因此,色散可以使得耦出光学元件1014将不同颜色光(红色、绿色、蓝色)导引到不同方向中并沿着不同光路,以使得不同颜色光入射在不同空间位置上。

[0120] 在该示例中,波导1010被配置为前光空间光调制器1018。光源1002相对于波导1010的边缘设置以通过该边缘将光耦合到波导1010中。耦合透镜1009被包括在光源1002与波导1010的边缘之间以辅助将来自光源1002的光耦合到波导1010中。在一些实施例中,可以排除耦合透镜1009,并且光源1002可以更接近于波导1010的边缘定位以将光耦合到波导1010中。

[0121] 该光源1002可以具有包括对应于一个或多个不同颜色的光谱分量的光谱分布。例如,光谱分布可以包括分离地对应于有色光(诸如红光、绿光或蓝光)的多个光谱峰或者可以以其他方式包括单独地对应于不同颜色的多个光谱分量。因此,从光源1002发射的光可以是多色的并且可能是宽带宽(诸如在白光的情况下)。耦出元件1014中的色散可以用于分离这些不同颜色光谱分量。在图10A中所示出的实施例中,白色光源1002可以是白色LED。

[0122] 波导1010可以包括是对由光源1002输出的光(其可以是可见光)的波长光学透射

的材料板或材料膜。在各种设计中,波导1010对于可见光透明。因此,波导1010可以用于增强现实头戴式显示器的目镜中,通过该增强现实头戴式显示器的目镜,观察者观看世界。通过光源1002注入到波导1010的边缘的光可以通过TIR在波导中引导。

[0123] 耦出光学元件1014可以包括在波导1010中或上(例如,在波导1010的一个或多个主表面上)。如在图10A中所示出的,耦出光学元件1014被设置在波导1010的更远离空间光调制器1018的一侧,尽管耦出光学元件1014可以位于最接近于空间光调制器1018的一侧。耦出光学元件1014可以包括一个或多个衍射和/或全息光学元件,该一个或多个衍射和/或全息光学元件包括衍射或者全息特征。耦出光学元件1014可以包括一个或多个光栅或者全息图。因此,耦出光学元件1014可以包括被配置为将在波导1010内引导的光转向到波导1010之外的转向特征,诸如衍射特征或者微结构。转向特征、微结构和/或耦出光学元件1014可以是反射的(尽管转向特征和/或耦出光学元件1014可以在透射中操作,在某些情况下,转向透射通过耦出光学元件1014的光)。在一些实施例中,耦出光学元件1014可以包括比由光源1002输入到波导1010中的波长光的尺寸更小或类似的表面特征。如上文所讨论的,耦出光学元件1014可以具有对不同颜色光不同地起作用的色散。在某些情况下,耦出光学元件1014可以是波长选择性光学元件,这有利地允许优先耦出特定波长或颜色的光,因此允许基于波长或者颜色控制耦出光的位置和/或角度。可以在波导1010中包括一个或多个这样的耦出光学元件1014。

[0124] 偏转可以由被配置为转向或者重引导波导1010内引导的光的耦出光学元件1014中的转向特征引起。如由光线1006所示出的,耦出光学元件1014可以被配置为反射、偏转和/或衍射波导1010内引导的来自光源1002的光线1006,以使得其朝向空间光调制器1018传播到波导1010之外。

[0125] 空间光调制器1018可以包括各种类型的空间光调制器,诸如硅上液晶(LCOS)、数字光处理(DLP)设备(例如微反射镜阵列)、或电子纸设备。也可以使用其他类型的空间光调制器。空间光调制器1018可以酌情在反射模式中或在透射模式中操作并且可以酌情位于射出到波导1010之外的光的路径中。在某些显示设备中,包括LCOS的空间光调制器1018在反射模式中操作。LCOS和各种其他空间光调制器(诸如某些基于液晶的空间光调制器)调制光的偏振状态。例如,取决于像素的状态,空间光调制器1018中的像素可以旋转或不旋转偏振状态,诸如线性偏振状态。因此,具有一个状态(例如,s状态)的线偏振光可以取决于像素的状态(例如,开启或关闭或者反之亦然)选择性地旋转(例如,到p状态或者反之亦然)。分析器或者偏振器1022可以用于滤出偏振状态中的一个偏振状态的光,将偏振调制转换为形成图像的强度调制。

[0126] 因此,显示设备1000可以包括使得注入到波导1010中的来自光源1002的光偏振(例如,处于s状态)的偏振器1008。在某些情况下,可以排除偏振器1008,例如,如果光源1002输出偏振光。

[0127] 如上文所讨论的,分析器1022可以包括在空间光调制器1018与图像源的输出(例如光线1006)之间的光路中。如果空间光调制器1018调制入射在其上的光的偏振状态,则分析器1022可能特别有用。分析器1022可以被配置为衰减与另一偏振状态相比较的一个偏振状态的光。因此,分析器1022可以基于光的偏振状态来改变光的强度,这可以取决于由空间光调制器1018产生的偏振调制。在图10A中,分析器1022被示出为设置在空间光调制器1018

和波导1010以及耦出光学元件1014之间,以使得耦出光1016a、1016b、1016c穿过分析器1022到空间光调制器1018(其在图10A中示出的配置中以反射模式操作)上,并且在从空间光调制器1018反射之后再次穿过分析器1022。耦出的强度调制光1016a、1016b、1016c然后可以朝向用于目镜(未示出)的耦入元件传播,诸如如本文相对于图9B所讨论的耦入元件700、710、720。

[0128] 图10A示出穿过偏振器1008以提供定义偏振状态(诸如线性偏振状态(诸如s偏振)(或水平偏振光))的由光源1002输出的光线1006作为示例。光线1006然后可以经由耦入光学元件1009耦入波导1010中。光线1006然后通过TIR在波导1010内传播离开波导1010的主表面(例如,顶表面和底表面或前表面和后表面)并且入射在耦出光学元件1014上一次或多次。耦出光学元件1014可以被配置为以相对于波导1010的主表面更法线的角度偏转和重导引波导1010内引导的光线1006以便减少TIR的效应,以使得光不在波导1010内引导而是相反从其出射。此外,耦出光学元件1014可以被配置为朝向空间光调制器1018偏转并且重导引该光。

[0129] 光线1006是在波导1010内引导的来自光源1002的光线1006的代表性示例。例如,这样的光线锥可以由光源1002发射并且在波导1010内传播。类似地,耦出光线1016a、1016b、1016c中的每一者是大量光线中的一条光线的代表性示例,其中,取决于入射在耦出光学元件1014上的光线的角度,该大量光线可以在波导1010和耦出光学元件1014上的各种位置处并以各种角度在耦出光学元件1014的长度上耦出。耦出光学元件1014可以被配置为在波导1010的长度上的多个位置处耦出光线1006,因此产生许多耦出光线,诸如耦出光线1016a、1016b、1016c。

[0130] 从波导1010耦出的光线的角度可以部分取决于耦出光学元件1014的设计。在图10A中,耦出光线1016与波导1010的表面法线之间的角度被指定为角度 β 。在各种情况下,该角度 β 还对应于光线从空间光调制器1018反射并再次传播通过波导1010并远离图像源910的角度。基于显示设备1000和例如耦出光学元件1014的设计,该角度 β 可以受光线1016的波长(以及耦出光学元件1014的特性,诸如用于衍射光栅的衍射光栅间隔)影响。例如,对于包括衍射特征的耦出光学元件,耦出光学元件1014可以展现出色散并且角度 β 可以随着波长变化。在图10A中,该效应通过光线1016a、1016b、1016c示出,该光线1016a、1016b、1016c旨在对应于不同颜色(诸如红色、绿色和蓝色或者蓝色、绿色和红色),并且光线1016a、1016b、1016c以不同角度 β 衍射。

[0131] 因此,通过适当地控制用于不同波长的角度 β ,不同波长的耦出光可以空间分离。因此,多个波长或者颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的光可以引入到波导1010中并且沿着不同路径(例如,以不同角度)导引到距波导1010和空间光调制器1018一定距离的不同空间位置。耦入光学元件700、710、720可以位于不同波长或者颜色(例如,对于红光、绿光和蓝光)所位于的这些相应空间位置,以使得不同颜色被耦合到目镜中的堆叠波导集660中的不同耦入光学元件和不同波导670、680、690中。

[0132] 如上文所讨论的,耦出光1016仅对应于从光源1002发射的单条光线,然而,类似光线锥可以由发射器输出。同样地,用于每种颜色的光线锥可以使用耦出光学元件1014从波导1010耦出并且导引到空间光调制器1018。这些光线可以由空间光调制器1018调制并且可以传播离开成像源910。

[0133] 图10B示出了传播离开成像源910的不同颜色的一个或多个光锥。在各种实施方式中,由光源1002发射的光将发散并且具有发散角。该光将在波导1010内传播并且由耦出光学元件1014转向,与空间光调制器1018相互作用并且从空间光调制器1018传播通过波导1010和耦出光学元件1014,仍然发散。因此,图10B示出了发散光,例如,光线锥1016a、1016b和1016c。光源1002可以输出包括与不同颜色相关联的光谱分量(例如,光谱峰)的光。光源1002例如可以是宽带光源,诸如包括红、绿和蓝光谱峰的白色LED(WLED)。由于在照射系统900中(例如,在耦出光学元件1014中)的色散,由光源1002发射的不同颜色光作为耦出光锥1016a、1016b和1016c离开系统,其中,耦出光锥1016a、1016b和1016c在不同方向上远离波导1010导引。例如,耦出光1016a(例如,红色)可以沿着以第一角度(例如,以相对于法线的正角度为中心)导引的第一路径远离波导1010传播,而耦出光1016b(例如,绿色)可以沿着以第二角(例如,以垂直于波导的角度为中心)导引的第二路径远离波导1010传播,并且耦出光1016c可以沿着以第三角(例如,以相对于法线的负角度为中心)导引的第三路径远离波导1010传播。例如通过使用适当地设计的耦出元件1014引入的照射系统900的该色散效应可以有助于耦出光1016a、1016b、1016c的各种颜色或者波长的空间分离。颜色和输出角的该特定布置仅是示例,并且颜色、次序和相对角度或特定角度可以不同。

[0134] 另一方法是采用各自光学耦合到不同颜色发射器(例如,红色LED、绿色LED和蓝色LED)并且包括将相应波导中引导的光导引到不同方向的耦出光学元件1014的一个或多个波导1010。例如,图11A-11C示出了第一、第二和第三光源1102a、1102b、1102c,其经由相应第一、第二和第三耦入元件1109a、1109b、1109c光学耦合到相应第一、第二和第三波导1110a、1110b、1110c。偏振器1108a、1108b、1108c可以被设置在相应光源1102a、1102b、1102c与相应波导1110a、1110b、1110c之间的束路径中以提供特定偏振,诸如s偏振状态,并且分析器1122可以被设置在第一、第二和第三波导1110a、1110b、1110c与空间光调制器1118之间。多个光源1102a、1102b、1102c可以具有不同光谱轮廓并且输出不同颜色光,诸如红光、绿光和蓝光。例如,第一光发射器1102a可以将蓝色光耦合到第一波导1110a中,第二光发射器1102b可以将绿色光耦合到第二波导1110b中,并且第三光发射器1102c可以将红色光耦合到第三波导1110c中。第一、第二和第三波导1110a、1110b、1110c包括被配置为沿着相应第一、第二和第三光路将光导引到相应第一、第二和第三空间位置的相应第一、第二和第三耦出元件1114a、1114b、1114c。第一、第二和第三耦出光学元件1114a、1114b、1114c可以包括在不同波导1110a、1110b、1110c中以不同角度传播的光上操作的不同衍射光栅、全息图、衍射光学元件、微结构、或者其他结构或特征,以便将光导引到不同方向。耦出光学元件1114a、1114b、1114c可以被配置为基于光线的偏振状态反射、偏转和/或衍射相应波导1110a、1110b、1110c内引导的来自相应光源1102a、1102b、1102c的光线,以使得光线朝向空间光调制器1118传播到波导1110a、1110b、1110c之外。耦出光学元件1114a、1114b和1114c还可以被配置为基于光线的偏振状态,使来自空间光调制器1118的光线穿过或以其他方式透射到图像源910之外。图11A示出了沿着第一方向/光路导引的来自第一波导1110a的对应于第一颜色1106a(例如,蓝色)的耦出光1116a。图11B示出了沿着第二方向/光路导引的来自第二波导1110b的对应于第二颜色1106b(例如,绿色)的耦出光1116b,并且图11C示出了沿着第三方向/光路导引的来自第三波导1110c的对应于第三颜色1106c(例如,红色)的耦出光1116c。该配置允许堆叠多个波导1110a、1110b和1110c并且空间地分离耦出光的不同

波长。耦出光锥1116a、1116b和1116c的相应角度可以是负的、零或正的；然而，角度、次序和颜色可以不同。

[0135] 图11D示出了类似于图11A-11C中示出的显示设备的另一配置，然而，颜色中的两种颜色被组合到单个波导中。在图11D中，例如，第一、第二和第三光源1102a、1102b、1102c被示出为光学耦合到第一和第二波导1110a、1110b中。特别地，输出具有第一颜色的光的第一光源1102a被耦合到第一波导1110a中，并且输出第二和第三颜色光的第二和第三光源1102b和1102c分别被耦合到第二波导1110b。第一和第二波导1110a、1110b分别包括被配置为沿着相应第一和第二光路将光导引到相应第一和第二空间位置的第一和第二耦出元件1114a、1114b。第一和第二耦出元件1114a、1114b可以包括对在不同波导中以不同角度传播的光操作的不同衍射光栅、全息图、衍射光学元件、微结构或者其他结构，以便将光导引到不同方向中。耦出光学元件1114a、1114b可以被配置为基于光线的偏振状态，反射、偏转和/或衍射相应波导1110a、1110b内引导的来自光源1102a、1102b、1102c的光线，以使得光线朝向空间光调制器1118传播到波导1110a、1110b之外。耦出光学元件1114a、1114b还可以被配置为基于光线的偏振状态，使来自空间光调制器1118的光线通过或以其他方式透射到图像源910之外。

[0136] 例如，图11D示出了耦出光1116b，该耦出光1116b对应于具有由来自第二和第三光源1102b、1102c的光的组合（例如，来自红色发射器和蓝色发射器的红光和蓝光的组合）导致的不同光谱分布的、从第二波导射出的、沿着第二方向/光路导引的光。来自第一波导1110a的对应于第一颜色（例如，绿色）的耦出光1116a可以被导引到位于第一空间位置的耦入光学元件710。耦出光1116b可以被导引到位于相对于第一位置和耦入光学元件710横向移位的第二空间位置的相应耦入光学元件700和720，其中耦出光1116b对应于具有由来自第二和第三光源1102b、1102c的不同颜色光的组合（例如，来自红色光源和蓝色光源的红光和蓝光的组合）导致的不同光谱分布的、从第二波导1110b射出的光。接收具有由来自第二和第三光源1102b、1102c的光的组合（例如，来自红色光源和蓝色光源的红光和蓝光的组合）导致的不同光谱分布的光的耦入光学元件720可以包括二向色元件，该二向色元件在一个方向上导引具有一个光谱轮廓的光并且在不同方向上导引具有另一光谱轮廓的光的。同样，来自第二光源1102b的光可以与来自第三源1102c的光分离。二向色元件可以将具有第二和第三颜色的光（例如，来自红色发射器和蓝色发射器的红光和蓝光）导引到不同波导中。在另一配置中，耦入光学元件700和720可以被组合为基于波长将光耦合到一个波导（例如，波导670）或另一波导（例如，波导670、690中的一者）中的信号二向色输入光学元件。

[0137] 照射空间光调制器1018的其他方法是可能的。图12A示出了另一显示设备，类似图10A和10B中的显示设备，其中，单个波导1010被耦合到发射一个或多个颜色分量的光源（例如，白色LED）。来自光源1002的光通过耦出光学元件1014从波导1010耦出到空间光调制器1018上。在调制之后，光被导引到具有对应的颜色滤波器的一个或多个快门以在不同时间处选择性地通过光的不同颜色。

[0138] 图12A示出了包括一个或多个电子控制的快门1216a、1216b和1216c和相关联的颜色滤波器1215a、1215b、1215c的快门单元1212。例如，图12A示出了与对应的第一、第二和第三颜色滤波器1215a、1215b、1215c对准的第一、第二和第三快门1216a、1216b和1216c，形成相应第一、第二和第三通道，其可以分别选择性地透射第一、第二和第三颜色。快门单元

1212可以包括例如颜色选择性液晶 (LC) 快门单元。滤波器可以包括各种滤波器,包括吸收滤波器和/或干涉滤波器。虽然在图12A中示出了三个通道,但是显示设备1000可以包括更多通道或者更少通道。

[0139] 快门1216a、1216b和1216c和滤波器1215a、1215b、1215c相对于波导1010和空间光调制器1018设置以便接收从波导输出并且由空间光调制器1018调制的光1016。图12A还示出了将来自空间光调制器1018的光投射到快门单元1212上的成像光学器件1244。

[0140] 快门单元1212和空间光调制器1018可以与控制电子器件1240电气通信,该控制电子器件1240可以控制快门1216a、1216b和1216c的打开和关闭。控制电子器件1240可以包括时钟电路,该时钟电路可以将快门1216a、1216b和1216c的打开和关闭与空间光调制器1018的操作(例如,刷新)同步。

[0141] 快门单元1212可以与空间光调制器1018同步操作,以使得在任何给定时间,快门单元1212上的不超过一个通道打开。在其期间快门1212上的通道保持打开的时间可以被称为停留时间。在各种示例中,快门单元1212可以包括对应于三色刺激的三个通道(例如红色滤波器1215a、绿色滤波器1215b和蓝色滤波器1215c)。例如,空间光调制器1018可以被设定为对应于图像的红色分量的输出图案,而快门单元1212打开红色通道并且保持绿色通道和蓝色通道关闭,因此仅允许红光通过。空间光调制器1018可以对应地被设定为对应于图像的红色分量的输出图案,而同时快门单元1212保持红色通道和蓝色通道关闭并且打开绿色通道,因此仅允许绿光通过。空间光调制器1018然后可以被设定为对应于图像的蓝色分量的输出图案,而快门1212保持绿色通道和红色通道关闭并且打开蓝色通道,因此仅允许蓝光通过。

[0142] 图12B是示出包括快门单元的显示设备的系统的示例刷新周期的框图。在框1250中,系统通过关闭所有快门通道开始刷新。在所有快门通道已经关闭之后,在框1254中空间光调制器1018转换为显示用于第一颜色分量(例如,红色)的调制图案。当空间光调制器1018已经完成切换过程并且因此建立用于第一颜色分量的适当的调制图案,在框1258中红色快门通道打开,因此允许红光通过朝向目镜,然而阻挡绿光和蓝光。在框1262中,系统保持在该状态中对应于红色分量的停留时间。在停留时间已经过去之后,系统继续到框1266,关闭红色快门通道。当红色快门通道已经关闭时,在框1270中空间光调制器1018转换为输出对应于第二颜色分量(例如,绿色)的图案。当空间光调制器1018已经完成其切换过程时,在框1274中绿色快门通道打开,因此允许绿光通过朝向目镜,然而,阻挡红光和蓝光。系统然后保持在该状态中并且在框1278中等待直到用于绿色分量的停留时间已经过去。系统然后继续在框1282中关闭绿色快门通道。当绿色快门通道已经关闭时,在框1286中空间光调制器1018转换为对应于第三颜色分量(例如,蓝色)的调制图案。在空间光调制器1018已经完成其切换过程之后,在框1290中,蓝色快门通道1290打开。蓝光通过,而红光和绿光阻挡。在框1294中,系统然后保持在该状态中直到蓝色停留时间已经过去。系统然后可以返回框1250,开始下一刷新周期。其他系统配置以及过程流是可能的。

[0143] 图13描绘了类似图12A中示出的显示设备1000的显示设备1000的另一设计,该显示设备1000包括可以耦合到光源1002的单个波导1010,该光源1002输出包括对应于多种颜色的一个或多个光谱分量的光。替代将来自波导1010的光耦出到空间光调制器1018上并且然后到快门单元1212,一个或多个二向色分束器用于分离不同颜色并且产生不同横向位置

处的不同颜色光束。

[0144] 光源1002可以包括例如白色LED。源1002相对于波导1010设置以将光耦合在波导1010中。波导1010包括提取光并且使得所提取的光入射在空间光调制器1018上的耦出元件1414。

[0145] 显示设备1000还包括相对于波导1010和空间光调制器1018设置以从其接收光的分束器组件。分束器组件包括第一二向色分束器1412、第二二向色分束器1408、和第三反射表面1404。分束器组件1402被配置为分离出单独颜色分量。例如,如果入射光束包括第一、第二和第三颜色(例如,红色、绿色和蓝色),则第一分束器1412可以包括透射第一颜色并且反射第二和第三颜色的二向色反射器。第二分束器1408还可以包括反射第二颜色并且透射第三颜色的二向色反射器。反射表面1404可以重导引第三剩余颜色,以使得第一、第二和第三颜色光束770、780、790分别朝向耦入光学元件700、710和720导引。

[0146] 例如,如图13中所示,来自可以包括白色LED的宽带光源1002的光线1006可以耦合到波导1010中并且由耦出元件1414朝向空间光调制器1018耦出。耦出元件1414可以被配置为减少耦出光束1402中的色散。在从空间光调制器1018反射之后,调制光束朝向第一分束器1412导引,该第一分束器1412使具有特定颜色的光(例如蓝光)朝向特定光路选择性地通过或导引,同时沿着另一光路反射或导引不具有特定颜色的光(例如,耦出光束1402中剩余的红色和绿色分量)。透射通过第一分束器1412的光束可以形成光线770并且朝向如参考图7所讨论的用于目镜元件中的另一波导670的耦入光学元件(诸如耦入元件700)导引。反射光束1410朝向第二分束器1408行进,该第二分束器1408沿着特定光路选择性地导引或反射具有另一特定波长或颜色的光(例如绿光),同时透射或导引不具有该特定波长的光(例如,剩余的蓝色分量)。从第二分束器1408反射的光束可以形成光线780并且朝向如参考图7所讨论的用于目镜元件中的另一波导680的耦入光学元件(诸如耦入元件710)导引。透射通过分束器1408的光束1406朝向其可以被反射的反射表面1404传播。反射光束790然后可以朝向如参考图7所讨论的用于目镜元件中的另一波导690的耦入光学元件720(诸如耦入光学元件720)行进。其他配置是可能的。例如,更多或更少分束器可以包括在分束器组件中,并且布置可以不同。

[0147] 虽然照射系统在上文中可以被描述为基于波导并且包括一个或多个波导,但是可以采用其他类型的光转向光学元件代替波导。这样的光转向光学元件可以包括将光射出光转向光学元件(例如,到空间光调制器上)的转向特征。因此,在本文所描述的示例中的任一个示例中以及以下权利要求中的任一个权利要求中,对于波导的任何引用可以用光转向光学元件而不是波导替换。例如,这样的光转向光学元件可以包括偏振分束器,诸如偏振分束棱镜。

[0148] 附加变型

[0149] 可以以各种方式实现以上各种设备、系统、配置、方法和手段。例如,可以采用不同类型的耦出光学元件。在各种实施方式中,例如,耦出光学元件可以包括体积相位光栅或全息图。例如,反射体积光栅展现出强导引衍射以及高耦合效率(例如,高达约100%效率)。而且,用于将光引入到波导中的不同方案是可能的。

[0150] 图14A和14B示出了用于将来自光源1002的光提供到用于前向照射空间光调制器的不同配置的波导1010。在图14A中,光源1002是近似“点”光源(例如,LED),其中,至少对于

用于应用的合理近似,所有光线基本上从单个点发散。在图14B中,光源1002是基本上沿着至少一个空间维度(例如,如所示出的,沿着波导1010的侧面的长度)延伸的“延伸”光源。光源1002可以是线光源或面光源或其一部分。例如,光源1002可以包括LED(例如,micro-LED)的线性布置,其可以具有用于束成形的微透镜阵列。在一些实施例中,光源1002可以在波导1010与周围介质之间的界面的整个剖面上延伸,或者光源1002可以在来自光源1002的光注入的波导1010的侧面的剖面面积的90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%或小于30%上延伸。

[0151] 在一些实施例中,光耦合光学器件1011可以被设置在光源1002与波导1010之间并且可以用于有助于将来自光源1002的光耦合到波导1010中。波导1010可以包括具有例如从0.1mm到5mm范围的厚度的薄光学透明板(例如,玻璃或者塑料)。

[0152] 图14C-14E示出了根据一些实施例的用于将来自光源1022的光耦合到波导1010中的布置。特别地,图14C-14E描绘了用于前向照射空间光调制器(SLM) 1018的波导1010,其具有用于将来自光源1002的光耦合到波导1010中的侧光分布器。图14C示出了包括光导1099a的分离的侧光分布器将光导引到波导1010中的布置。耦出光学元件(诸如光栅)被设置在光导1099a中或上并且被配置为重导引在光导1099a内传播的光,以使得光离开光导1099a。可选的反射元件1099b可以相对于光导1099a和光栅设置以朝向波导1010反射光。因此,从光源1002发射的光被注入到光导1099a中并且从光导当中导引到波导1010中以用于前向照射SLM1018。

[0153] 图14D示出了具有侧光分布器的波导1010。在波导1010的一端处,提供了包括转向元件的侧光分布器。该转向元件旋转耦合到波导1010的边缘中的来自光源1002的光束的传播。如所示出的,来自光源1002的光沿着波导1010的边缘或侧面在波导1010内传播。在一些实施方式中,转向元件将该光束远离波导1010的侧面旋转90°并且进一步到波导1010中。转向元件可以例如包括衍射光栅。在一些实施方式中,衍射光栅可以具有相对于沿着波导1010的侧面的光束传播方向的45°的光栅矢量。图14E示出了侧光分布器的侧面剖视图。来自光源1002的光在波导1010内传播(例如,从波导1010的顶和底表面经由全内反射)传播。入射在包括例如衍射光栅的转向元件上的光转向(可能从光束传播方向转向约90°)。光的该重导引在图14E中被示出为从纸面出来的光。其他配置是可能的。

[0154] 耦出光学元件1014可以用于朝向SLM 1018将在波导1010内传播的光耦合到波导1010之外。光可以经由全内反射在波导1010内传播。当光与耦出光学元件1014(其可以包括例如波导1010的表面上的衍射光栅)相互作用时,光朝向SLM 1018耦合到波导1010之外。该光栅可以包括体积相位光栅。类似地,在各种实施方式中,可以采用体积相位全息图或其他体积衍射光学元件。

[0155] 图15A示出了根据一些实施例的具有在其上包括体积相位光栅的耦出光学元件1014的波导1010的剖面。该体积相位光栅包括反射体积相位光栅。因此,由反射体积相位光栅衍射的光朝向SLM 1018衍射并反射,以用于向SLM 1018提供照射。

[0156] 在各种实施方式中,耦出光学元件1014可以具有随着远离光源1002的距离增加的耦合效率(例如,光栅效率或者衍射效率)的梯度。该梯度由图15A中的箭头1075表示。随着光耦合到波导1010之外,波导1010内的光消耗。通过增加更远离光源的位置处的耦合效率,波导1010内的光的该消耗可以偏移。因此,更接近于光源1002提供相对较低的耦合效率,而

更远离光源1002提供较高的耦合效率。因此,可以跨SLM 1018提供光的更均匀分布。因此,跨耦出光学元件1014的不同位置处的耦合效率可以优化或者修改以增加跨SLM 1018的光分布的均匀性。

[0157] 在一些实施方式中,耦出光学元件1014包括光栅,其中,光栅具有节距的变化(例如,梯度)。例如,光栅节距可以随着远离光源1002的距离增加。节距的该变化将改变光基于波导1010上的位置而耦出的角度和光耦出的光栅。更接近于光源1002的耦出光学元件1014的光栅的区域可以以较低角度耦出光,而更远离光源1002的区域(例如,在波导1010的另一端)以高角度耦出光;因此,节距可以沿着由箭头1075指示的方向减小。使用具有高耦合效率的这样的梯度节距,照射光束可以当其在波导1010内传播时成形。

[0158] 由于体积相位光栅可以展现出窄光谱和角特性,因而在各种实施例中可以使用一个或多个体积相位光栅或体积相位光栅的堆叠。图15B示出了具有波导1010和用于将光耦合到波导1010之外的体积相位光栅(VPG)衍射元件的堆叠1087的基于波导的光分布设备。堆叠1087可以包括被配置为衍射具有不同波长的光的各种体积相位光栅衍射元件。此外,堆叠1087可以包括被配置为衍射具有不同颜色的光的各种VPG衍射元件。例如,堆叠1087可以包括多个(例如三个)体积相位光栅,不同光栅分别与对应于不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的波长相关联。如在附图中通过源于堆叠1087中的不同位置的第一耦出锥1088a和第二耦出锥1088b示例的,光可以在堆叠1087处的不同位置处耦出。

[0159] 可选地或者附加地,如在图15C中所示出的,堆叠1087可以包括用于相同颜色的多个体积相位光栅,但是该堆叠1087以不同角度衍射光。例如,堆叠1087可以包括与对应于红色的波长相关联的第一体积相位光栅、与相同或者对应于绿色的另一波长相关联的第二体积相位光栅、与相同或者对应于蓝色的又一波长相关联的第三体积相位光栅。然而,堆叠1087中的不同光栅可以衍射光,以使得光以不同角耦出。由于体积相位光栅可以展现出窄的角特性,因而堆叠中的不同光栅可以用于不同角。如在附图中通过源于堆叠1087中的不同位置的第一耦出锥1088a和第二耦出锥1088b示例的,光可以在堆叠1087处的不同位置处耦出。

[0160] 图16示出了波导的侧视图,其中,胆甾型液晶光栅(CLCG) 1070用于将光耦出到波导1010之外。CLCG 1070可以使用衍射偏振光的胆甾型液晶形成。

[0161] 在一些实施方式中,CLCG 1070衍射圆偏振光,并且SLM 1018(例如,液晶空间光调制器阵列)对线偏振光操作。在这样的实施方式中,延迟器可以用于将圆偏振光转换为线偏振光,反之亦然。例如,第一四分之一波延迟器1072可以设置在波导1010与SLM 1018之间,并且第二四分之一波延迟器1074可以设置在波导1010的相对侧。在一些实施例中,光可以以圆(例如右旋圆)偏振在SLM 1018的方向上从波导1010由CLCG 1070耦出。第一四分之一波延迟器1072可以将该偏振旋转到线(例如线性垂直)偏振。因此,在SLM 1018对线偏振光操作(诸如液晶空间光调制器)的一些实施例中,CLCG 1070和第一四分之一波延迟器1072的使用可以减少对于线偏振器的需要,因为线偏振光从第一四分之一波延迟器1072输出。在通过SLM 1018反射并给予调制时,线偏振光再次穿过第一四分之一波延迟器1072,再次采取圆(例如左旋圆)偏振。在穿过第二四分之一波延迟器1074时,圆偏振光可以转换回到线(例如线性水平)偏振。其他配置是可能的。

[0162] 如上文关于图15A和包括体积相位光栅的耦出光学元件1014所讨论的,CLCG 1070

可以具有耦合效率和/或节距的梯度。例如,CLCG 1070可以被配置为具有更远离光源1002的高衍射效率,以及更接近于光源1002的较低衍射效率。如所讨论的,波导1010内的光量可以随着距光源1002的距离的增加而减小。通过沿着其长度适当地选择CLCG 1070的耦合效率轮廓,波导1010内的光逐渐减小的效应可以至少部分地通过CLCG 1070的耦出效率的增加来补偿。这可以允许跨波导1010的长度的耦出光的更均匀强度。类似地,如关于图15A所讨论的,节距可以变化。例如,更接近于光源1002节距可以较小,更远离光源1002节距可以更大。其他配置是可能的。

[0163] 此外,由于CLCG 1070可以展现出窄的光谱特性和角特性,因而在各种实施例中可以使用一个或多个体积相位光栅或体积相位光栅的堆叠。例如,如在图15B中所示出的,基于波导的光分布设备可以包括用于将光耦合到波导1010之外的胆甾型液晶衍射元件的堆叠1087。堆叠1087可以包括与不同波长相关联的各种胆甾型液晶衍射元件。此外,堆叠1087可以包括被配置为衍射具有不同颜色的光的各种胆甾型液晶衍射元件。例如,堆叠1087可以包括多个(例如三个)体积相位光栅,不同光栅分别与对应于不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的波长相关联。由于可以针对每种颜色设计单独颜色层,因而窄或者适中带宽使得能够对于不同颜色将光以相同角度耦出。

[0164] 上文所描述的不同变型可以与上文讨论的其他设备、系统、配置、方法和手段中的任一者一起使用。其他变型仍然是可能的。

[0165] 例如,具有窄角度发射锥的源(像LED)的高效耦合可以包含适配用于束成形的光学器件的一些体积。图17A示出了具有跨SLM阵列分布的源照射的设计,以使得当耦合光学器件需要对光束成形以覆盖SLM阵列区域而不是窄角度锥时,耦合光学器件可以更高效并且紧凑。在一些实施例中,如在图17B中所示出的,当光与耦出光学元件1014相互作用时,光从波导1010耦出,而不是在波导1010中经由全内反射传播。可以使用体积相位光栅或者胆甾型液晶光栅。在一些实施例中,体积相位光栅和胆甾型液晶光栅二者可以展现出100%效率。

[0166] 在一些实施例中,如在图18中所示出的,可以采用楔形波导1010。波导1010具有产生波导1010的锥形的倾斜或弯曲表面。因此,波导1010的一端比另一端更厚。在图18中示出的实施方式中,光源1002在较厚端处并且将光耦合到该较厚端中。当波导1010具有楔形(或者弯曲形状)时,光束传播角度可以随着光在波导中传播而改变。传播角度的该改变通过反射离开倾斜表面引起。因此,可以定制传播角度。

[0167] 如上文所讨论的,由于体积相位光栅和胆甾型液晶光栅二者可以具有窄(或者适中)的角响应(例如,分别在 $\pm 2^\circ$ 或 $\pm 10^\circ$ 内的高效率),因而这些范围内的光由耦出光学元件1014提取。在平面波导内的该角范围内传播的光可以被消耗作为从平面波导耦出的光。然而,当光传播通过楔形或者锥形(例如,弯曲的)波导时,光束的传播角度逐渐改变。因此,光角度可以随着其传播而改变,直到该角度到达用于由耦出光学元件1014耦出的适合的角。从楔形或者锥形波导1010耦出的光可以更均匀地分布。当用于具有用于输出的大角度锥形的光源时,该方法有效。

[0168] 示例

[0169] 1. 一种显示设备,包括:

[0170] 一个或多个光发射器,其被配置为发射光;

[0171] 第一波导,其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光,所述第一波导被配置为(i)沿着第一路径将具有第一颜色的光射出到所述波导之外,以及(ii)沿着第二路径将具有第二颜色的光射出到所述第一波导之外;以及

[0172] 空间光调制器,其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且调制所述光,

[0173] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光,以及

[0174] 其中,所述显示设备被配置为使得来自所述第一波导的具有所述第一颜色和所述第二颜色的所述光在由所述空间光调制器调制之后以不同角度沿着所述相应第一和第二路径导引并且入射在距所述第一波导和空间光调制器一定距离的相应第一和第二空间位置。

[0175] 2.根据示例1所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个发光二极管(LED)。

[0176] 3.根据示例2所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个白色发光二极管(WLED)。

[0177] 4.根据示例1-3中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一波导被配置为(iii)沿着第三路径将具有第三颜色的光射出到所述第一波导之外。

[0178] 5.根据示例4所述的显示设备,其中,所述空间光调制器相对于所述第一波导设置以接收从所述第一波导射出的具有所述第三颜色的所述光并且调制所述光,并且所述第一波导被配置为在由所述空间光调制器调制之后沿着所述第三路径导引所述光,以便入射在距所述第一波导和空间光调制器一定距离的与所述第一和第二空间位置不同的第三空间位置上。

[0179] 6.根据示例1-5中的任一项所述的显示设备,还包括:

[0180] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第二波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光;以及

[0181] 第三波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光,

[0182] 其中,分别与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收具有所述第一和第二颜色的所述光。

[0183] 7.根据示例6所述的显示设备,其中,与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到所述第二和第三波导中,以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0184] 8.根据示例6或7所述的显示设备,其中,用于所述第二和第三波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为分别将光重导引到所述第二和第三波导中,以通过全内反射在所述第二和第三波导中引导。

[0185] 9.根据示例6-8中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件包括一个或

多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0186] 10. 根据示例6-9中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0187] 11. 根据示例6-10中的任一项所述的显示设备, 还包括:

[0188] 第四波导, 其具有与其相关联的耦入光学元件, 与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导设置;

[0189] 其中, 所述第一波导被配置为(iii) 沿着第三路径将具有第三颜色的光射出到所述第一波导之外,

[0190] 其中, 所述空间光调制器相对于所述第一波导设置以接收从所述第一波导射出的具有所述第三颜色的所述光并且调制所述光, 并且所述第一波导被配置为在由所述空间光调制器调制之后沿着第三路径导引具有所述第三颜色的所述光, 以便入射在距所述第一波导和空间光调制器一定距离处的与所述第一和第二空间位置不同的第三空间位置上, 以及

[0191] 其中, 与所述第四相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第三路径的所述第三空间位置以接收具有所述第三颜色的所述光。

[0192] 12. 根据示例11所述的显示设备, 其中, 与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件被配置为将光转向到所述第四波导中, 以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0193] 13. 根据示例11或12所述的显示设备, 其中, 用于所述第四波导的所述耦入光学元件包括转向特征, 所述转向特征被配置为将光重导引到所述第四波导中以在其中通过全内反射引导。

[0194] 14. 根据示例11-13中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0195] 15. 根据示例11-14中的任一项所述的显示设备, 其中, 与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件包括波长选择性光学元件。

[0196] 16. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述波导包括一个或多个转向元件, 所述一个或多个转向元件被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光转向到所述波导之外。

[0197] 17. 根据示例16所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个转向元件包括转向特征, 所述转向特征被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光重导引到所述波导之外。

[0198] 18. 根据示例16或17所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个转向元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0199] 19. 根据示例16-18中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个转向元件具有波长色散。

[0200] 20. 根据示例16-19中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个转向元件包括波长选择性光学元件。

[0201] 21. 一种显示设备, 包括:

[0202] 一个或多个光发射器, 其被配置为发射光;

[0203] 第一波导, 其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光, 以使得所述光在其中通过全内反射引导, 所述第一波导被配置为将在所述第一波导内引导的光射出到所述波导之外;

[0204] 快门系统,其包括第一快门和第二快门以及分别被配置为选择性地透射第一和第二颜色光的对应的第一和第二颜色滤波器,所述快门系统相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光,以使得来自所述第一波导的具有所述第一和第二颜色的光沿着相应第一和第二光路分别穿过所述相应第一和第二颜色滤波器,以及穿过所述相应第一快门和第二快门到距所述第一波导一定距离处的相应第一和第二空间位置;

[0205] 空间光调制器,其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并调制所述光,所述快门系统相对于所述空间光调制器设置,以使得所述调制光沿着所述第一和第二光路导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述相应第一和第二空间位置;以及

[0206] 电子器件,其与所述快门系统和所述空间光调制器通信以 (i) 当所述空间光调制器被配置为呈现对应于所述第一颜色的图像时在第一时间处打开与所述第一颜色相关联的所述快门并且关闭与所述第二颜色相关联的所述快门,以及 (ii) 当所述空间光调制器被配置为呈现对应于所述第二颜色的图像时在第二时间处打开与所述第二颜色相关联的所述快门并且关闭与所述第一颜色相关联的所述快门,

[0207] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光。

[0208] 22. 根据示例21所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个发光二极管(LED)。

[0209] 23. 根据示例22所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个白色发光二极管(WLED)。

[0210] 24. 根据示例21-23中的任一项所述的显示设备,其中,所述快门系统包括第三快门和被配置为选择性地透射第三颜色光的对应的第三颜色滤波器,所述快门系统相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光,以使得来自所述第一波导的具有所述第三颜色的光沿着相应第三光路选择性地透射通过所述第三颜色滤波器以及通过所述第三快门到距所述第一波导一定距离处的与所述第一和第二空间位置分离的不同的第三空间位置。

[0211] 25. 根据示例24所述的显示设备,

[0212] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第三颜色的光谱分量的光谱分布的光,

[0213] 其中,所述快门系统相对于所述空间光调制器设置,以使得来自所述空间光调制器的所述调制光沿着所述第三光路被导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述第三空间位置,以及

[0214] 其中,所述电子器件被配置为 (iii) 当所述空间光调制器被配置为呈现对应于所述第三颜色的图像时在第三时间处打开与所述第三颜色相关联的所述快门并且关闭与所述第一和第二颜色相关联的所述快门。

[0215] 26. 根据示例21-25中的任一项所述的显示设备,其中,所述快门沿着所述颜色滤波器与所述空间位置之间的所述光路设置。

[0216] 27. 根据示例21-26中的任一项所述的显示设备,其中,所述颜色滤波器沿着所述快门与所述空间位置之间的所述光路设置。

[0217] 28. 根据示例21-25中的任一项所述的显示设备,还包括:

[0218] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自第一波导的光;以及

[0219] 第三波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自第一波导的光,

[0220] 其中,分别与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收具有所述第一和第二颜色的所述光。

[0221] 29.根据示例26所述的显示设备,其中,与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到所述第二和第三波导中,以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0222] 30.根据示例26或27所述的显示设备,其中,用于所述第二和第三波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为分别将光重导引到所述第二和第三波导中,以通过全内反射在所述第二和第三波导中引导。

[0223] 31.根据示例26-28中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0224] 32.根据示例26-29中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0225] 33.根据示例25所述的显示设备,还包括:

[0226] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第二波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自第一波导的光;以及

[0227] 第三波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自第一波导的光,

[0228] 第四波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第三路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自第一波导的光。

[0229] 34.根据示例33所述的显示设备,其中,与所述第二、第三和第四波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到第二、第三和第四波导中,以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0230] 35.根据示例34或35所述的显示设备,其中,用于所述第二、第三和第四波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为分别将光重导引到所述第二、第三和第四波导中,以通过全内反射在其中引导。

[0231] 36.根据示例33-35中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0232] 37.根据示例33-36中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0233] 38.根据前述示例中的任一项所述的显示设备,其中,所述波导包括一个或多个转

向元件,所述一个或多个转向元件被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光转向到所述波导之外。

[0234] 39. 根据示例38所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括转向特征,所述转向特征被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光重导引到所述波导之外。

[0235] 40. 根据示例38或39所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0236] 41. 根据示例38-40中的任一项所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括波长选择性光学元件。

[0237] 42. 一种显示设备,包括:

[0238] 一个或多个光发射器,其被配置为发射光;

[0239] 第一波导,其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光,以使得所述光在所述第一波导中通过全内反射引导,所述第一波导被配置为将在所述第一波导内引导的光射出到所述波导之外;

[0240] 第一分束器,其被配置为选择性地沿着第一方向导引具有第一光谱分布的光和第一颜色光和沿着第二方向导引具有第二光谱分布的光,所述第一分束器相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光,以使得来自所述第一波导的具有所述第一和第二光谱分布的光入射在所述第一分束器上并且具有所述第一和第二光谱分布的所述光沿着相应第一和第二光路导引,具有所述第一光谱分布和第一颜色的所述光被导引到距所述第一波导一定距离处的相应第一空间位置;以及

[0241] 空间光调制器,其相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且调制所述光,所述第一分束器相对于所述空间光调制器设置,以使得所述调制光沿着所述第一和第二光路导引并且具有所述第一颜色的所述光被导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述第一空间位置,

[0242] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有光谱分布的光,所述光谱分布包括对应于沿着所述相应第一和第二光路导引的所述第一和第二光谱分布的光谱分量。

[0243] 43. 根据示例42所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个发光二极管(LED)。

[0244] 44. 根据示例43所述的显示设备,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个白色发光二极管(WLED)。

[0245] 45. 根据示例42-44中的任一项所述的显示设备,还包括将由所述第一分束器输出的具有所述第二光谱分布的所述光导引到距所述空间光调制器一定距离处的第二空间位置的反射器。

[0246] 46. 根据示例42-45中的任一项所述的显示设备,还包括第二分束器,其被配置为接收由所述第一分束器输出的具有所述第二光谱分布的所述光并且选择性地沿着第二方向导引具有第二颜色的光并且沿着第三方向导引具有第三颜色的光,所述第二分束器相对于所述第一波导设置以接收从所述波导射出的所述光,以使得来自所述第一波导的具有所述第二和第三颜色的光入射在所述第二分束器上,并且所述相应第二和第三颜色光沿着相应第二和第三光路被导引到距所述第一波导一定距离处的相应第二和第三空间位置。

[0247] 47. 根据示例46所述的显示设备,

[0248] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于所述第二和第三颜色的光谱分量的光谱分布的光,

[0249] 其中,所述第二分束器相对于所述空间光调制器设置,以使得具有第二和第三颜色的来自所述空间光调制器的所述调制光沿着所述相应第二和第三光路被导引到距所述空间光调制器一定距离处的所述相应第二和第三空间位置。

[0250] 48. 根据示例42-47中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一分束器沿着所述空间光调制器与所述第一空间位置之间的所述光路设置。

[0251] 49. 根据示例46或47所述的显示设备,其中,所述第一和第二分束器沿着所述空间光调制器与所述第一、第二和第三空间位置之间的所述光路设置。

[0252] 50. 根据示例46、47或49中的任一项所述的显示设备,其中,所述第一分束器沿着所述第二分束器与所述空间光调制器之间的光路设置。

[0253] 51. 根据示例46、47、49或50中的任一项所述的显示设备,其中,所述第二分束器沿着所述第一分束器与所述第二和第三空间位置之间的光路设置。

[0254] 52. 根据示例42-51中的任一项所述的显示设备,还包括:

[0255] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第二波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光;以及

[0256] 第三波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光,

[0257] 其中,分别与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收具有第一和第二颜色的所述光。

[0258] 53. 根据示例52所述的显示设备,其中,与所述第二和第三波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到所述第二和第三波导中,以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0259] 54. 根据示例52或53所述的显示设备,其中,用于所述第二和第三波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为分别将光重导引到所述第二和第三波导中,以通过全内反射在所述第二和第三波导中引导。

[0260] 55. 根据示例52-53中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0261] 56. 根据示例52-55中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0262] 57. 根据示例46所述的显示设备,还包括:

[0263] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第二波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光;以及

[0264] 第三波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光,

[0265] 第四波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第四波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述第一波导和所述第三路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述第一波导的光。

[0266] 58.根据示例57所述的显示设备,其中,与所述第二、第三和第四波导相关联的所述耦入光学元件被配置为分别将光转向到第二、第三和第四波导中,以使得所述光通过全内反射在所述波导内引导。

[0267] 59.根据示例57或58所述的显示设备,其中,用于所述第二、第三和第四波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为分别将光重导引到所述第二、第三和第四波导中,以通过全内反射在其中引导。

[0268] 60.根据示例57-59中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0269] 61.根据示例57-60中的任一项所述的显示设备,其中,所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0270] 62.根据前述示例中的任一项所述的显示设备,其中,所述波导包括一个或多个转向元件,所述一个或多个转向元件被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光转向到所述波导之外。

[0271] 63.根据示例62所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括转向特征,所述转向特征被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光重导引到所述波导之外。

[0272] 64.根据示例62或63所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0273] 65.根据示例62-64中的任一项所述的显示设备,其中,所述一个或多个转向元件包括波长选择性光学元件。

[0274] 进一步的示例

[0275] 1.一种用于头戴式显示器的显示设备,包括:

[0276] 基于波导的图像源,其包括:

[0277] 一个或多个光发射器,其被配置为发射光;

[0278] 一个或多个波导,其相对于所述一个或多个光发射器设置以接收来自所述一个或多个光发射器的光,以使得光经由全内反射在所述一个或多个光导内引导,所述一个或多个波导被配置为将光射出到所述波导之外;以及

[0279] 空间光调制器,其相对于一个或多个波导设置以接收从所述一个或多个波导射出的所述光并且调制所述光,

[0280] 其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于第一和第二颜色的光谱分量的光谱分布的光,以及

[0281] 所述基于波导的图像源被配置为使得具有所述第一和第二颜色的所述光在由所述空间光调制器调制之后沿着所述相应第一和第二路径导引并且入射在距所述一个或多个波导和所述空间光调制器一定距离的相应第一和第二空间位置上,以及

[0282] 目镜元件,其包括基于波导的光分布系统,包括:

[0283] 第一波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第一波导相关联的所述耦入光学元件相对于一个或多个第一波导和所述第一路径设置以在由所述空间光调制器调

制之后接收来自所述一个或多个波导的光;以及

[0284] 第二波导,其具有与其相关联的耦入光学元件,与所述第二波导相关联的所述耦入光学元件相对于所述一个或多个波导和所述第二路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述一个或多个波导的光,

[0285] 其中,分别与所述第一和第二波导相关联的所述耦入光学元件分别位于沿着所述第一和第二路径的所述第一和第二空间位置以分别接收具有所述第一和第二颜色的所述光。

[0286] 42.根据示例1所述的显示系统,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个发光二极管(LED)。

[0287] 43.根据示例2所述的显示系统,其中,一个或多个光发射器包括一个或多个白色发光二极管(WLED)。

[0288] 44.根据示例1-3中的任一项所述的显示系统,其中,所述基于波导的图像源被配置为沿着第三路径输出具有第三颜色的光。

[0289] 45.根据示例1-3中的任一项所述的显示系统,其中,所述一个或多个光发射器被配置为发射具有包括对应于第三颜色的光谱分量的光谱分布的光。

[0290] 46.根据示例5所述的显示设备,其中,所述基于波导的图像源被配置为使得来自所述第三颜色的所述光在由所述空间光调制器调制之后沿着与所述第一和第二路径不同的相应第三路径导引,以使得所述第一、第二和第三颜色光入射在距所述一个或多个波导和空间光调制器一定距离的相应第一、第二和第三空间位置上。

[0291] 47.根据示例6中任一项所述的显示设备,其中,所述基于波导的光分布系统包括具有与其相关联的一个或多个耦入光学元件的第三波导,所述一个或多个耦入光学元件相对于所述基于波导的图像源中的所述一个或多个波导和所述第三路径设置以在由所述空间光调制器调制之后接收来自所述一个或多个波导的光,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件位于沿着所述第三路径的所述第三空间位置以接收具有所述第三颜色光的所述光。

[0292] 48.根据示例7所述的显示系统,其中,与所述第三波导相关联的所述耦入光学元件被配置为将光转向到所述第三波导中,以使得所述光通过全内反射在所述第三波导内引导。

[0293] 49.根据示例7或8所述的显示系统,其中,用于所述第三波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为将光重导引到所述第三波导中以在其中通过全内反射引导。

[0294] 50.根据前述示例中的任一项所述的显示系统,其中,与所述第一和第二波导相关联的所述耦入光学元件被配置为将光分别转向到所述第一和第二波导中,以使得所述光通过全内反射在所述第一和第二波导内引导。

[0295] 51.根据前述示例中的任一项所述的显示系统,其中,用于所述第一和第二波导的所述耦入光学元件包括转向特征,所述转向特征被配置为将光分别重导引到所述第一和第二波导中,以通过全内反射在其中引导。

[0296] 52.根据前述示例中的任一项所述的显示系统,其中,所述耦入光学元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0297] 53. 根据前述示例中的任一项所述的显示系统, 其中, 所述耦入光学元件中的一个或多个包括波长选择性光学元件。

[0298] 54. 根据前述示例中的任一项所述的显示系统, 其中, 所述一个或多个波导包括一个或多个转向元件, 所述一个或多个转向元件被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光转向到所述波导之外。

[0299] 55. 根据示例14所述的显示系统, 其中, 所述一个或多个转向元件包括转向特征, 所述转向特征被配置为将通过全内反射在所述波导内引导的光重导引到所述波导之外。

[0300] 56. 根据示例14或15所述的显示系统, 其中, 所述一个或多个转向元件包括一个或多个衍射光学元件、衍射光栅、全息光学元件、或超表面。

[0301] 57. 根据示例14-16中的任一项所述的显示系统, 其中, 所述一个或多个转向元件包括波长选择性光学元件。

[0302] 58. 根据前述示例中的任一项所述的显示系统, 其中, 所述基于波导的光分布系统包括出射光瞳扩展器。

[0303] 59. 根据前述示例中的任一项所述的显示系统, 其中, 所述头戴式显示器包括增强现实头戴式显示系统, 所述目镜元件中的所述第一和第二波导是透明的。

[0304] 附加示例

[0305] 1. 一种显示设备, 包括:

[0306] 光源;

[0307] 波导, 其相对于所述光设置以接收来自所述光源的光, 所述波导包括耦出光学元件, 其被配置为将光射出到所述波导之外; 以及

[0308] 空间光调制器, 其相对于所述波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且调制所述光,

[0309] 其中, 所述耦出光学元件包括体积相位光栅。

[0310] 2. 一种显示设备, 包括:

[0311] 光源, 其具有第一光谱分布;

[0312] 波导, 其相对于所述光设置以接收来自所述光源的光, 所述波导包括耦出光学元件, 其被配置为将光射出到所述波导之外; 以及

[0313] 空间光调制器, 其相对于所述波导设置以接收从所述波导射出的所述光并且调制所述光,

[0314] 其中, 所述耦出光学元件包括液晶。

[0315] 3. 根据示例2所述的显示设备, 其中, 所述耦出光学元件包括胆甾型液晶。

[0316] 4. 根据示例2所述的显示设备, 其中, 所述耦出光学元件包括液晶光栅。

[0317] 5. 根据示例2所述的显示设备, 其中, 所述耦出光学元件包括胆甾型液晶光栅。

[0318] 6. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 显示设备被包括在增强现实头戴式显示器中以提供图像内容。

[0319] 7. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 来自所述调制器的所述光被导引到增强现实头戴式显示器的目镜。

[0320] 关于示例的进一步附加变型

[0321] 以下示例可以取决于章节(例如, 章节1、章节2、章节3)中的每一个中的以上示例

中的任一个。

[0322] 1. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个光发射器包括点光源。

[0323] 2. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个光发射器包括线光源。

[0324] 3. 根据示例3所述的显示设备, 其中, 所述一个或多个光发射器包括LED的基本上线性布置。

[0325] 4. 根据示例3所述的显示设备, 其中, 所述LED的基本上线性布置与微透镜阵列相关联。

[0326] 5. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 包括光导, 其将光引导到所述第一波导中。

[0327] 6. 根据示例5所述的显示设备, 其中, 所述光导被设置在所述第一波导的边界上, 并且反射元件沿着所述光导的一个边界设置。

[0328] 7. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 光经由第一耦出元件从所述第一波导耦出。

[0329] 8. 根据示例7所述的显示设备, 其中, 所述第一耦出元件包括体积相位光栅。

[0330] 9. 根据示例7所述的显示设备, 其中, 所述第一耦出元件包括胆甾型液晶光栅。

[0331] 10. 根据示例7-9中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述第一耦出元件的衍射效率沿着所述第一耦出元件到所述一个或多个光发射器的距离而变化。

[0332] 11. 根据示例10所述的显示设备, 其中, 所述衍射效率随着距所述一个或多个光发射器的距离增加而单调减小。

[0333] 12. 根据示例7-11中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述第一耦出元件的节距沿着所述第一耦出元件到所述一个或多个光发射器的距离而变化。

[0334] 13. 根据示例8-12所述的显示设备, 其中, 所述第一耦出元件包括多个层的堆叠。

[0335] 14. 根据示例13所述的显示设备, 其中, 所述堆叠内的第一层被配置为从所述第一波导耦出具有第一颜色的光, 并且所述堆叠内的第二层被配置为从所述第一波导耦出具有第二颜色的光。

[0336] 15. 根据示例13所述的显示设备, 其中, 所述堆叠内的第一层被配置为耦出第一颜色, 并且所述堆叠内的第二层被配置为耦出所述第一颜色。

[0337] 16. 根据示例13所述的显示设备, 其中, 所述堆叠内的第一层被配置为以第一角度耦出遇到所述第一波导的边界的光, 并且所述堆叠内的第二层被配置为以第二角度耦出遇到所述第一波导的边界的光。

[0338] 17. 根据示例9所述的显示设备, 其中, 第一四分之一波延迟器被设置在所述空间光调制器与所述第一波导之间。

[0339] 18. 根据示例17所述的显示设备, 其中, 第二四分之一波延迟器被设置在与所述空间光调制器相对的波导的边界上。

[0340] 19. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 来自所述一个或多个光发射器的所述光基本上被引导离开所述第一波导的轴。

[0341] 20. 根据示例19所述的显示设备, 其中, 所述显示设备不包括所述一个或多个光发

射器与所述第一波导之间的聚焦光学器件。

[0342] 21. 根据前述示例中的任一项所述的显示设备, 其中, 所述第一波导是基本上楔形的。

[0343] 22. 根据示例21所述的显示设备, 其中, 所述楔形第一波导被配置为改变反射离开所述第一波导的边界的光的角度。

[0344] 应预期到, 创新方面可以实现在各种应用中或者与各种应用相关联并且因此包括宽范围的变化。例如, 预期了EPE的形状、数目和/或屈光力的变化。本文中所描述的结构、设备和方法可以特别地发现在诸如可佩戴显示器(例如, 头戴式显示器)的显示器中使用, 可佩戴显示器(例如, 头戴式显示器)可以用于增强现实和/或虚拟现实。更一般地, 所描述的实施例可以被实现在可以被配置为显示图像(无论是运动(诸如视频)还是固定(诸如静止图像), 以及无论是文本、图形还是绘画)的任何设备、装置或者系统中。然而, 应预期到, 所描述的实施例可以包括在各种电子设备中或者与各种电子设备相关联, 诸如但不限于: 移动电话、启用多媒体因特网的蜂窝电话、移动电视接收器、无线设备、智能电话、**蓝牙®**设备、个人数字助理(PDA)、无线电子邮件接收器、手持式或便携式计算机、上网本、笔记本、智能本、平板电脑、打印机、复印机、扫描仪、传真设备、全球定位系统(GPS)接收器/导航仪、相机、数字媒体播放器(诸如MP3播放器)、摄录像机、游戏控制台、手表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、电子阅读设备(例如, 电子阅读器)、计算机监视器、自动显示器(包括里程计和速度计显示器等)、驾驶舱控制和/或显示器、相机视图显示器(诸如车辆中的后视相机的显示器)、电子照片、电子广告牌或标志、投射仪、构筑结构、微波、冰箱、立体音响系统、盒式录音机或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、收音机、便携式存储芯片、洗衣机、烘干机、洗衣机/烘干机、停车计时器、头戴式显示器和各种成像系统。因此, 这些教导不旨在限于仅在附图中所描绘的实施例, 而是相反具有如将对于本领域普通技术人员容易明显的宽适用性。

[0345] 对于本公开中所描述的实施例的各种修改可以对于本领域的技术人员容易明显, 并且本文中定义的一般原理可以适用于其他实施例而不脱离本公开的精神或范围。因此, 权利要求不旨在限于本文中所示的实施例, 而是将符合与本文所公开的本公开、原理和颖特征一致的最宽范围。词语“示例性的”在本文中排外地用于意指“用作示例、实例或者图示”。在本文中描述为“示例性的”的任何实施例并非一定被理解为相对于其他实施例优选的或者有利的。此外, 本领域普通技术人员将容易理解到, 术语“上”和“下”、“上面”和“下面”等有时用于便于描述附图, 并且指示对应于适当取向页面上的图的取向的相对位置, 可以不反映本文所描述的结构适当的取向, 如那些结构被实施的取向。

[0346] 在分离的实施例的上下文中在该说明书中所描述的某些特征也可以在单个实施例中组合实现。相反地, 在单个实施例中的上下文中所描述的各种特征也可以单独地或者以任何适合的子组合被实现在多个实施例中。而且, 尽管特征可以在上文描述为在某些组合中作用并且甚至如此初始地要求保护, 但是在一些情况下, 可以从组合排除来自所要求保护的组合的一个或多个特征, 并且所要求保护的组合可以涉及子组合或子组合的变型。

[0347] 类似地, 虽然以特定次序在附图中描绘操作, 但是这不应该被理解为要求这样的操作以所示的特定次序或者以顺序次序执行, 或者全部所示出的操作被执行以实现期望的结果。而且, 附图可以示意性地以流程图的形式描绘一个或多个示例过程。然而, 未描绘的

其他操作可以包含在示意性地示出的示例过程中。例如，一个或多个附加操作可以在任何所示出的操作之前、之后、同时或者之间执行。在某些情况下，多任务和并行处理可以是有利的。而且，上文所描述的实施例中的各种系统部件的分离不应该被理解为要求所有实施例中的这样的分离，并且应该理解的是，所描述的部件和系统通常可以一起集成在单个软件产品中或者封装到多个软件产品中。此外，其他实施例在以下权利要求的范围内。在一些情况下，权利要求中所记载的动作能够以不同的次序执行并且仍然实现期望的结果。

[0348] 在本文中描述了本发明的各种示例实施例。以非限制性的意义对这些示例进行参考。它们被提供以示出本发明的更宽的适用方面。可以对所描述的本发明做出各种改变并且可以代替等效物，而不脱离本发明的真实精神和范围。另外，可以做出许多修改以将特定情况、材料、物质的组成、过程、(一个或多个) 过程动作或(一个或多个) 步骤适于本发明的(一个或多个) 目的、精神或范围。而且，如由本领域的技术人员将理解到的，本文中所描述和所示出的每个单独变型具有可以容易地与其他数个实施例中的任一个的特征分离或者组合的分立部件和特征，而不脱离本公开的范围或精神。所有这样的修改旨在与本公开相关联的权利要求的范围内。

[0349] 本发明包括可以使用主题设备执行的方法。方法可以包括提供这样的适合的设备的动作。这样的提供可以由终端用户执行。换句话说，“提供”动作仅要求终端用户获得、访问、接近、定位、设定、激活、加电或其他动作来提供本方法中的必要设备。本文中记载的方法可以以记载事件的逻辑上可能的任何次序以及以事件的记载次序执行。

[0350] 上文已经阐述了本发明的示例方面连同关于材料选择和制造的细节。至于本发明的其他细节，这些可以结合上文提到的专利和公开以及通常由本领域的技术人员已知或者理解的来理解。就如通常或者逻辑上使用的附加动作而言，相对于本发明的基于方法的方面可以同样适用。

[0351] 另外，虽然已经参考可选地包含各种特征的数个示例描述了本发明，但是本发明将不限于如相对于本发明的每个变型预期的描述或指示的发明。可以对所描述的本发明做出各种改变并且可以代替等效物(无论是记载在本文中还是出于某种简洁的缘故未包括)，而不脱离本发明的真实精神和范围。另外，在提供值的范围的情况下，应当理解，该范围的上限与下限之间的每个中间值和该声称的范围中的任何其他声称的值或中间值涵盖在本发明中。

[0352] 而且，应预期到，可以独立地或者与本文所描述的特征中的任何一个或多个组合来阐述并且要求保护所描述的本发明变型的任何可选特征。对于单数项的引用包括存在多个相同项的可能性。更特别地，如在本文和与其相关联的权利要求中所使用的，除非特别另外说明，否则单数形式“一(a)”、“一(an)”、“所述(said)”和“该(the)”包括复数指示物。换句话说，冠词的使用允许以上描述以及与本公开相关联的权利要求中的主题项中的“至少一个”。还应注意到，这样的权利要求可以被撰写为排除任何可选元素。如此，该语句旨在用于结合权利要求元素的记载来使用如“仅仅(solely)”、“仅(only)”等这样的专用术语或者使用“否定”限制的先行基础。

[0353] 在不使用这样的专用术语的情况下，与本公开相关联的权利要求中的术语“包括”应当允许包括任何附加元素一而不管给定数目的元素是否被列举在这样的权利要求中，或者特征的添加可以被认为是转换这样的权利要求中阐述的元素的性质。除了如本文特别定

义之外,本文中使用的所有技术和科学术语将被给定为尽可能宽的通常理解的意义,同时维持权利要求有效性。

[0354] 本发明的宽度将不限于所提供的示例和/或本说明书,而是相反仅通过与本公开相关联的权利要求语言的范围来限定。

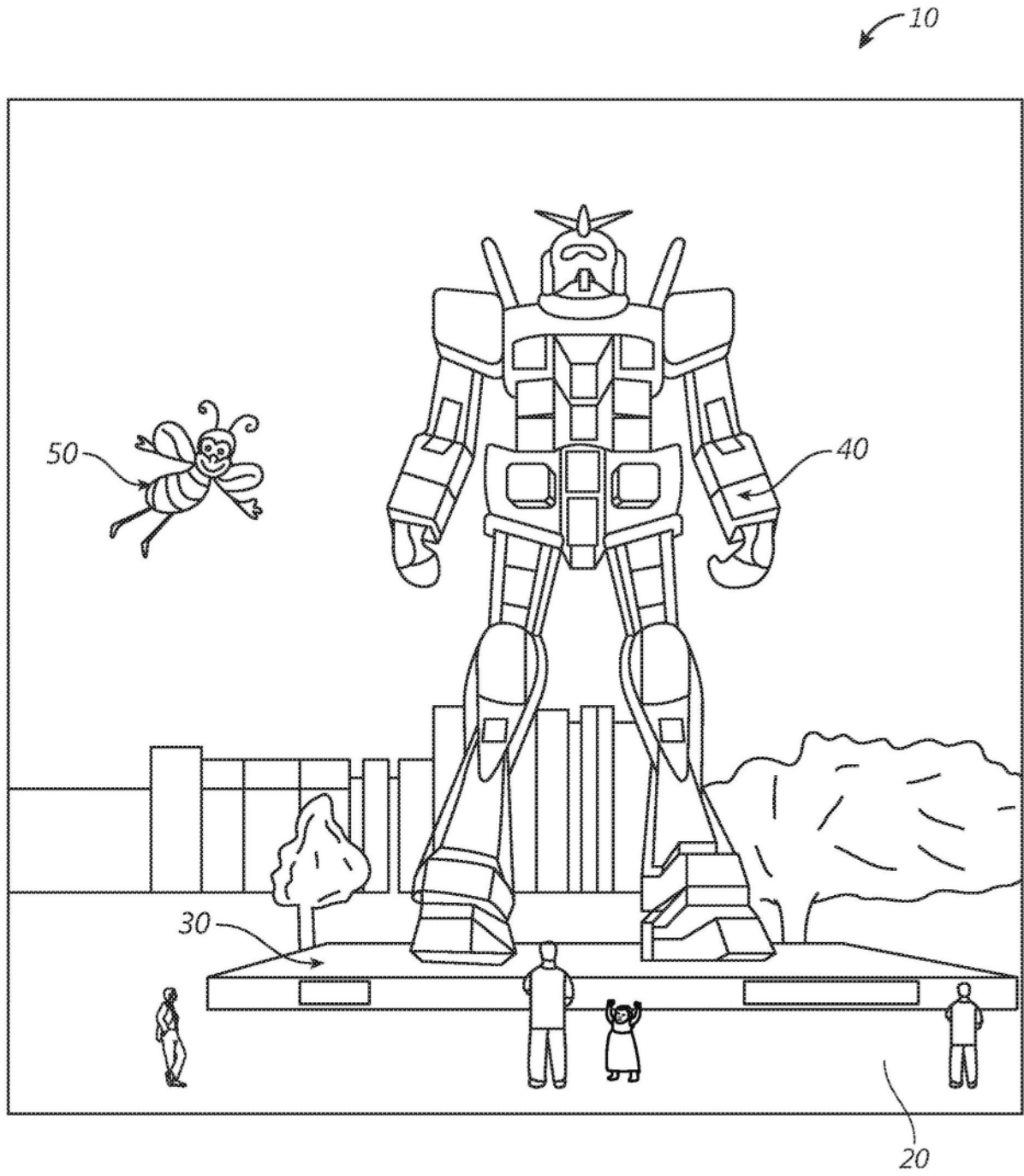


图1

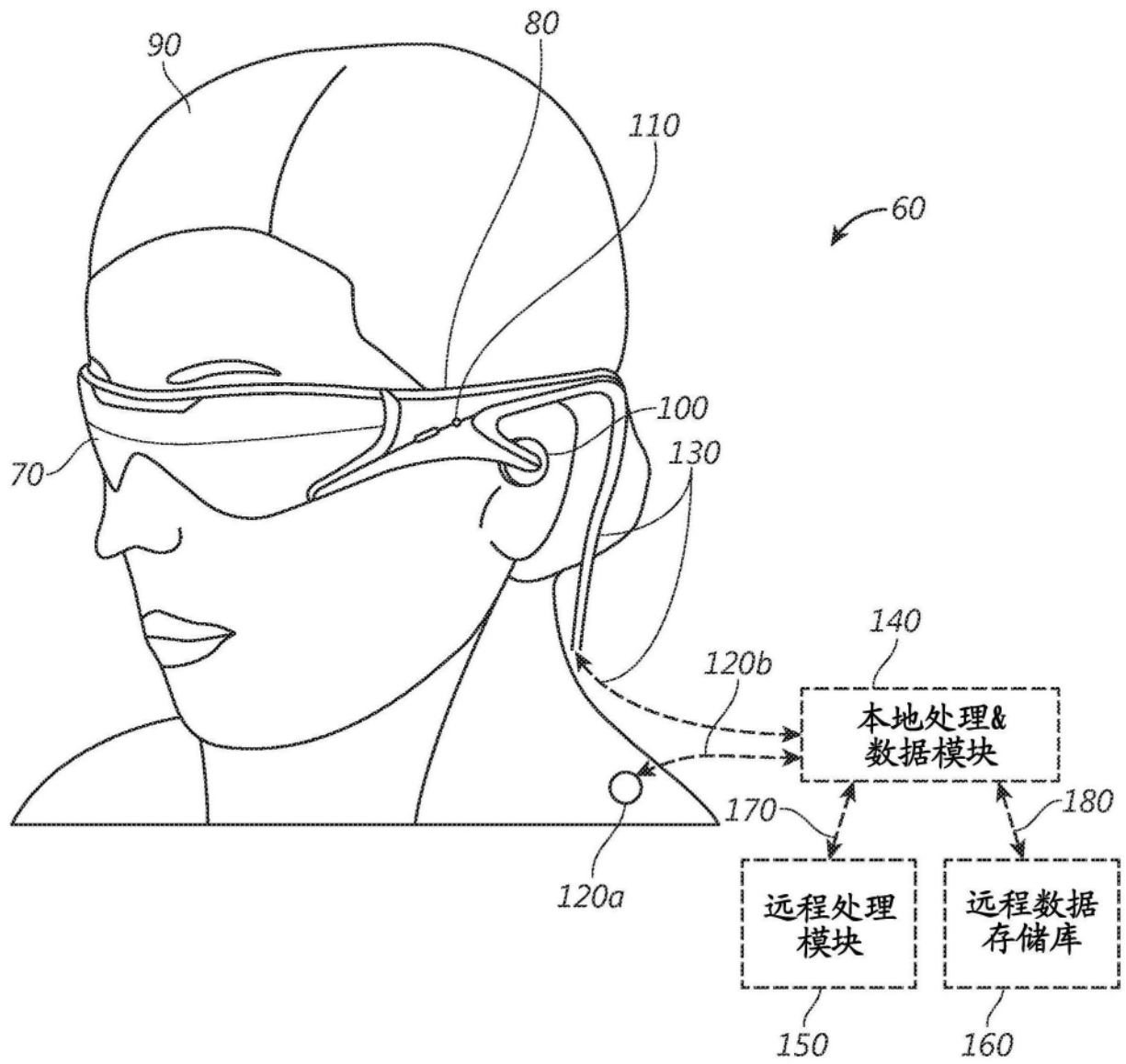


图2

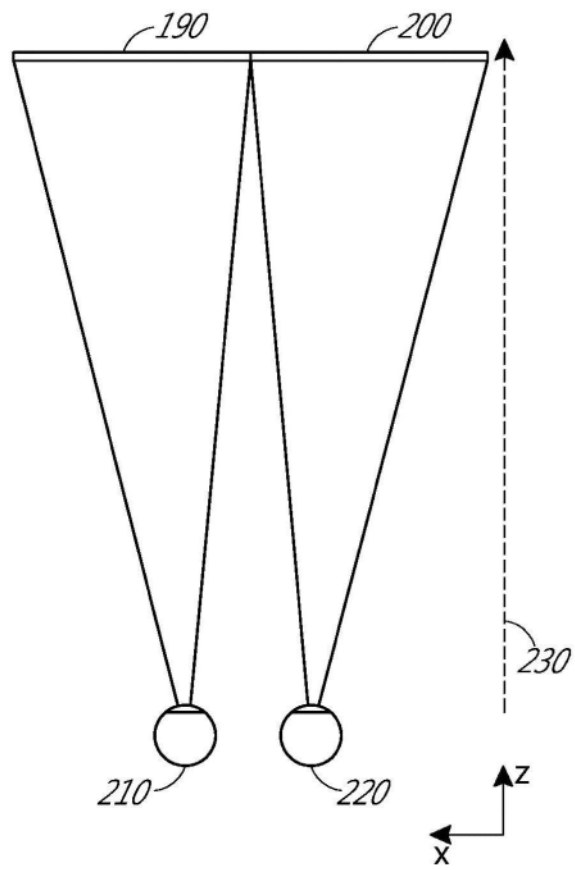


图3

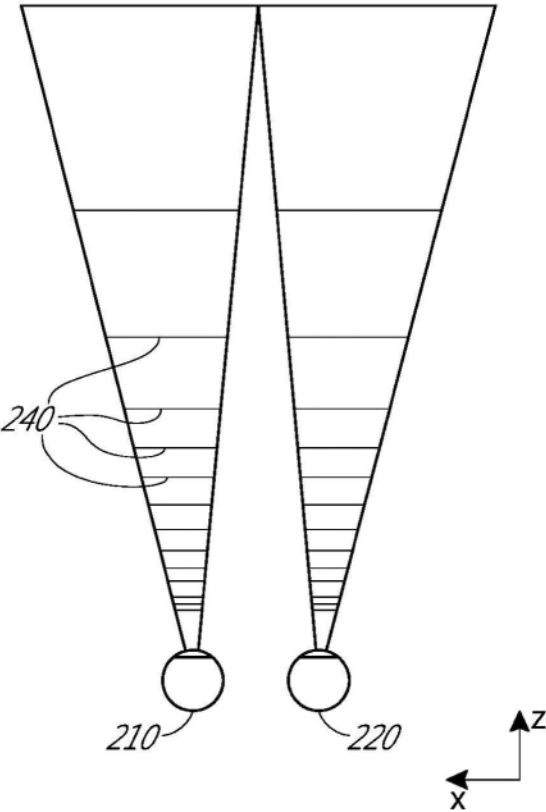


图4

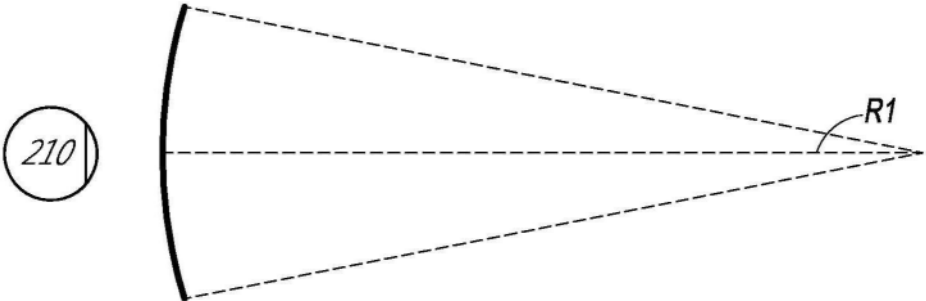


图5A

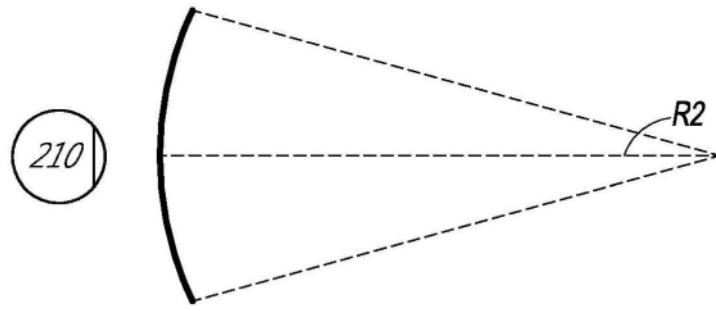


图5B

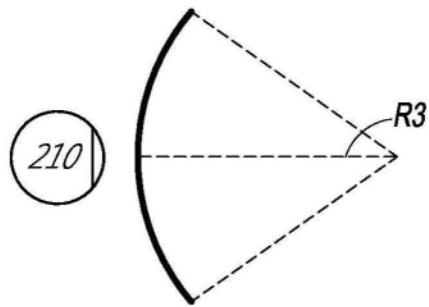


图5C

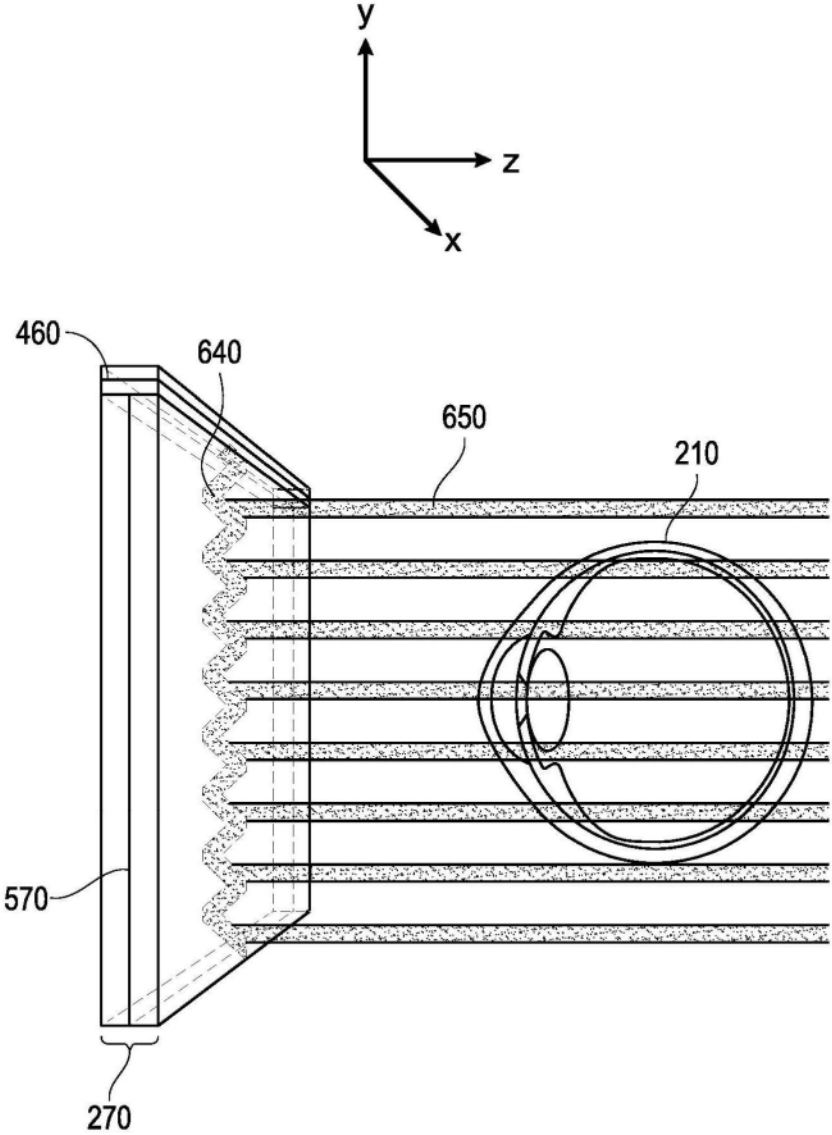


图7

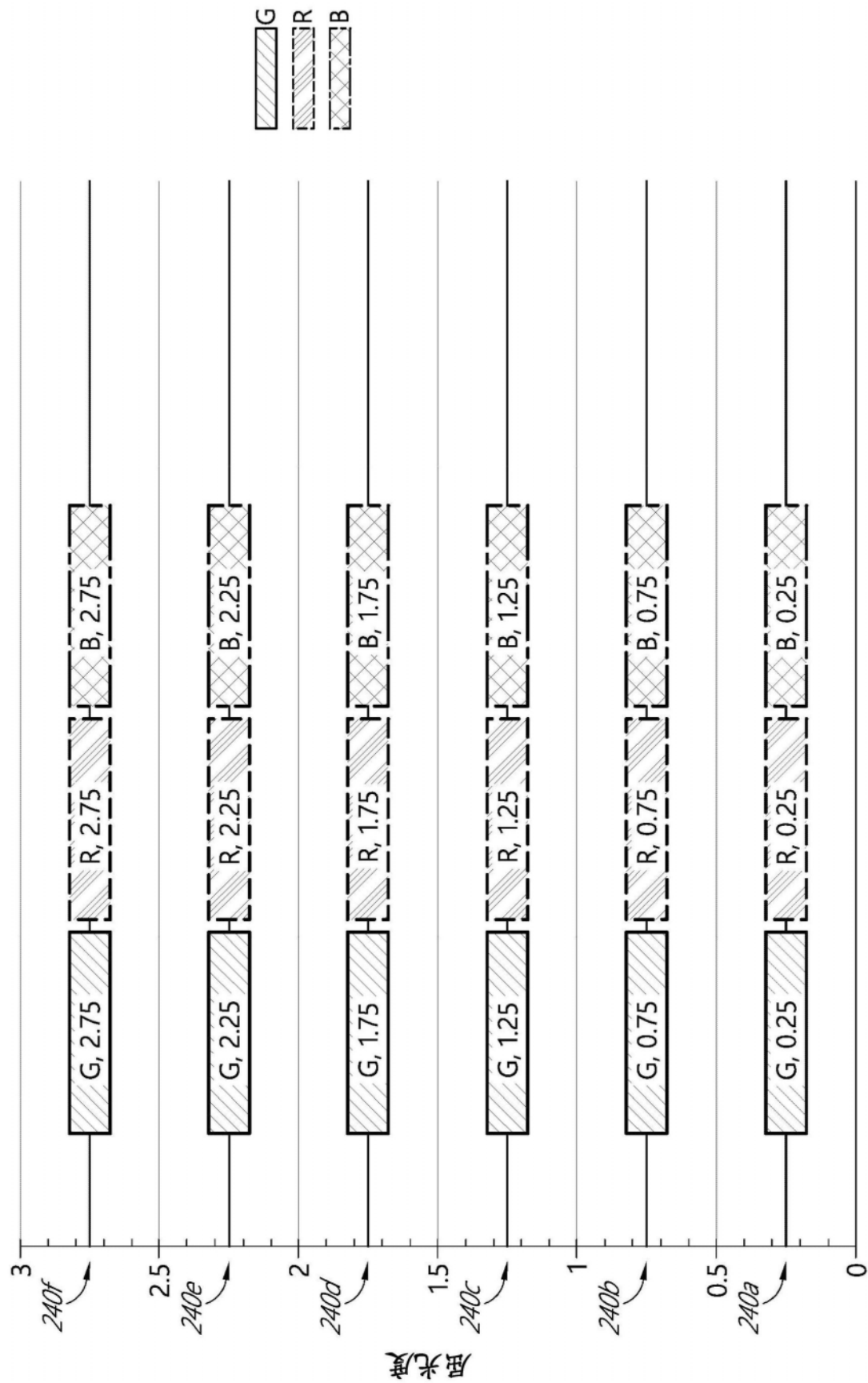


图8

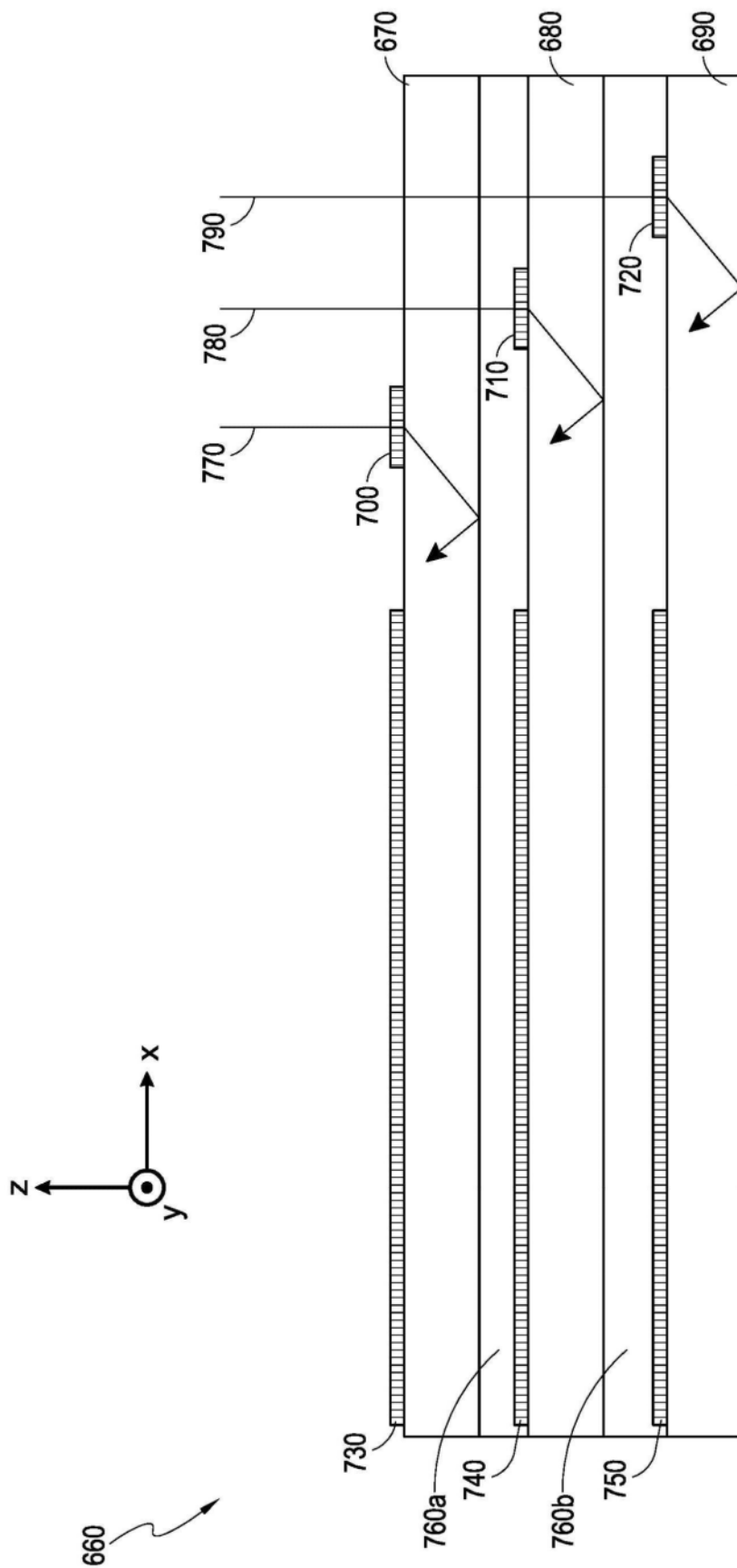


图9A

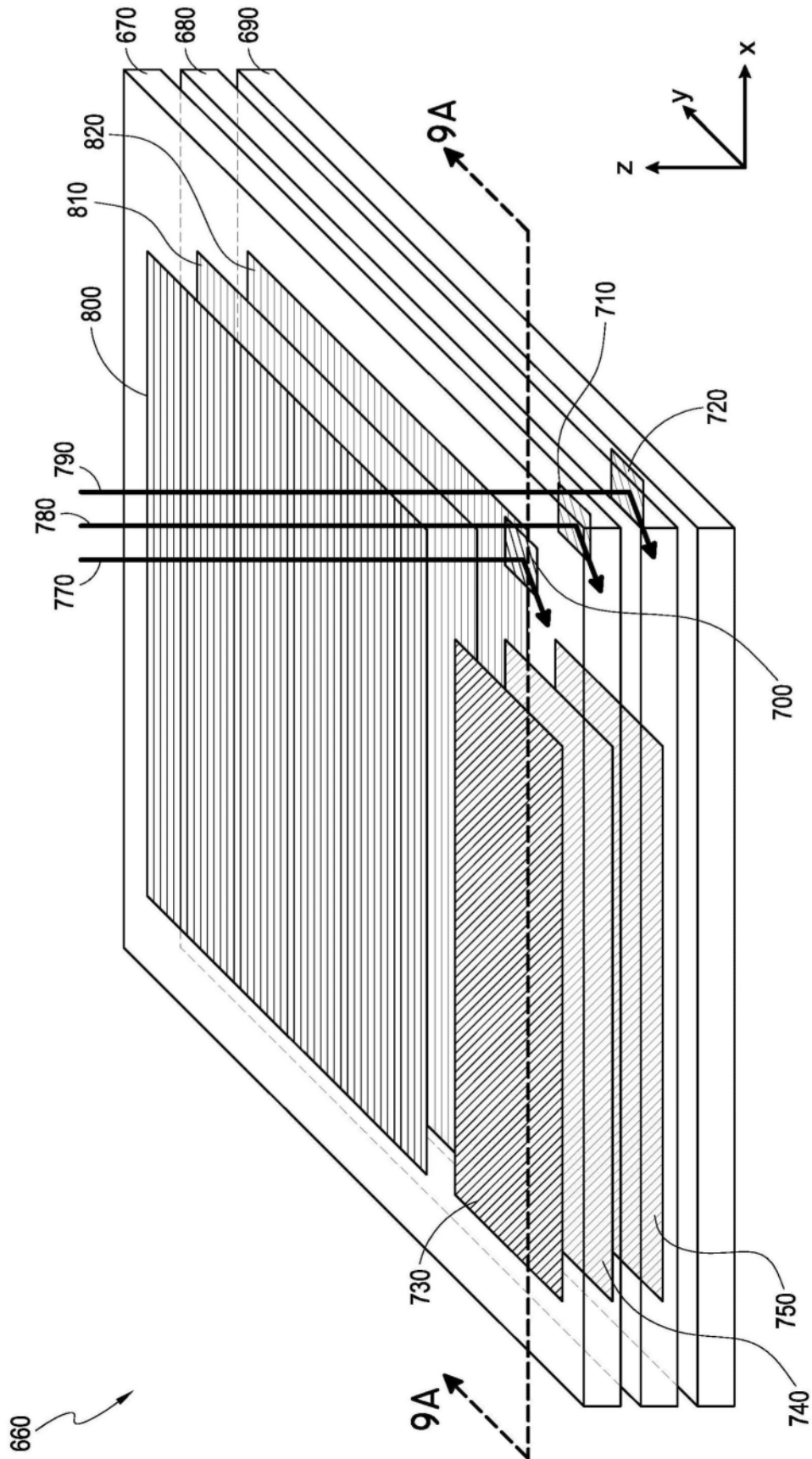


图9B

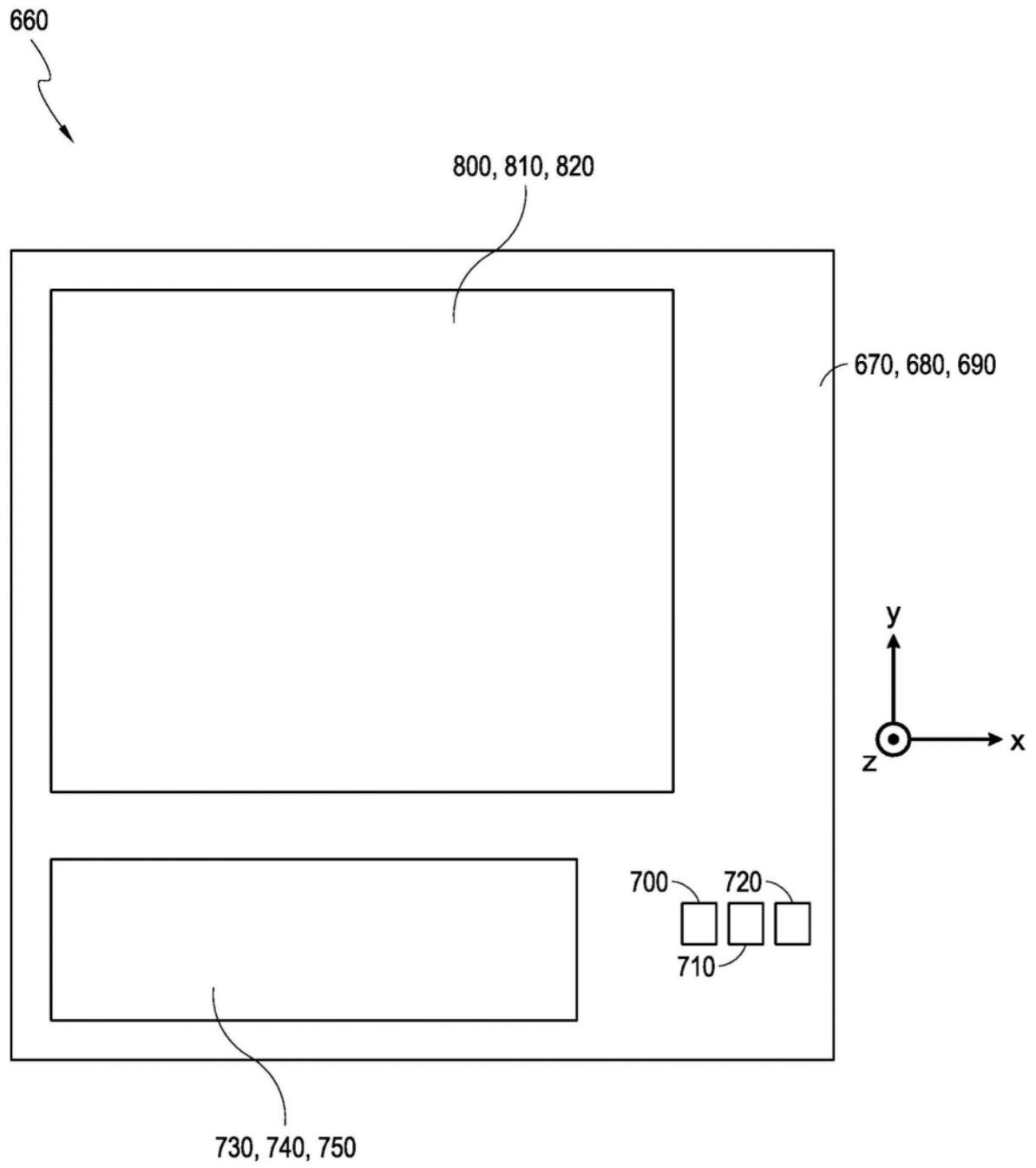


图9C

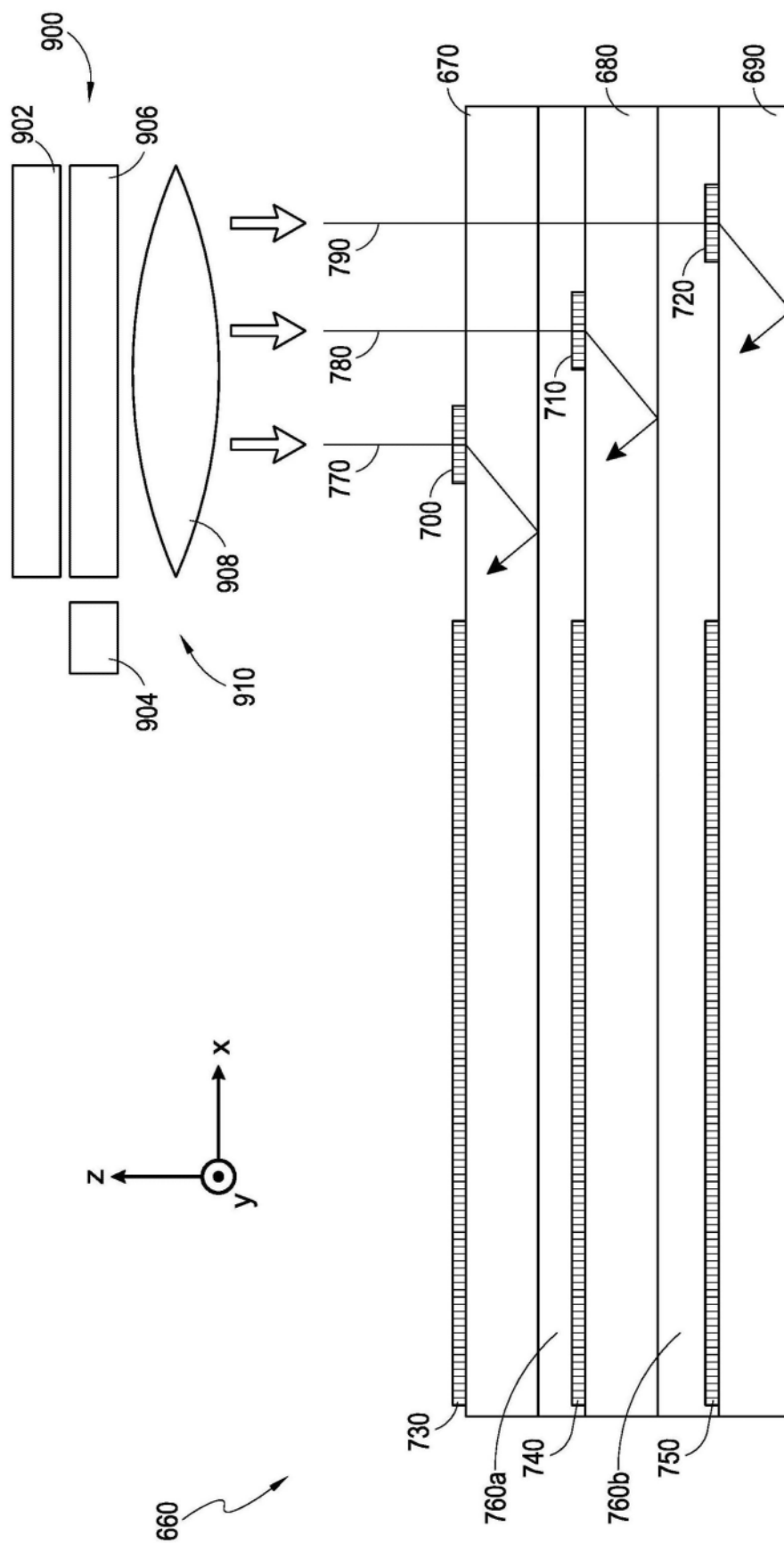


图9D

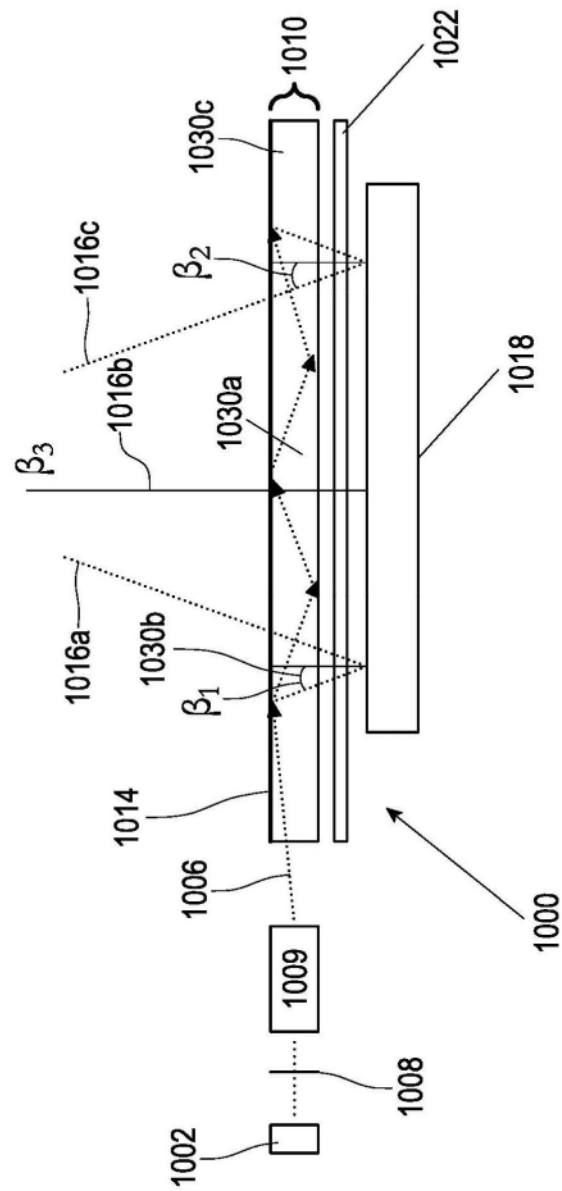


图10A

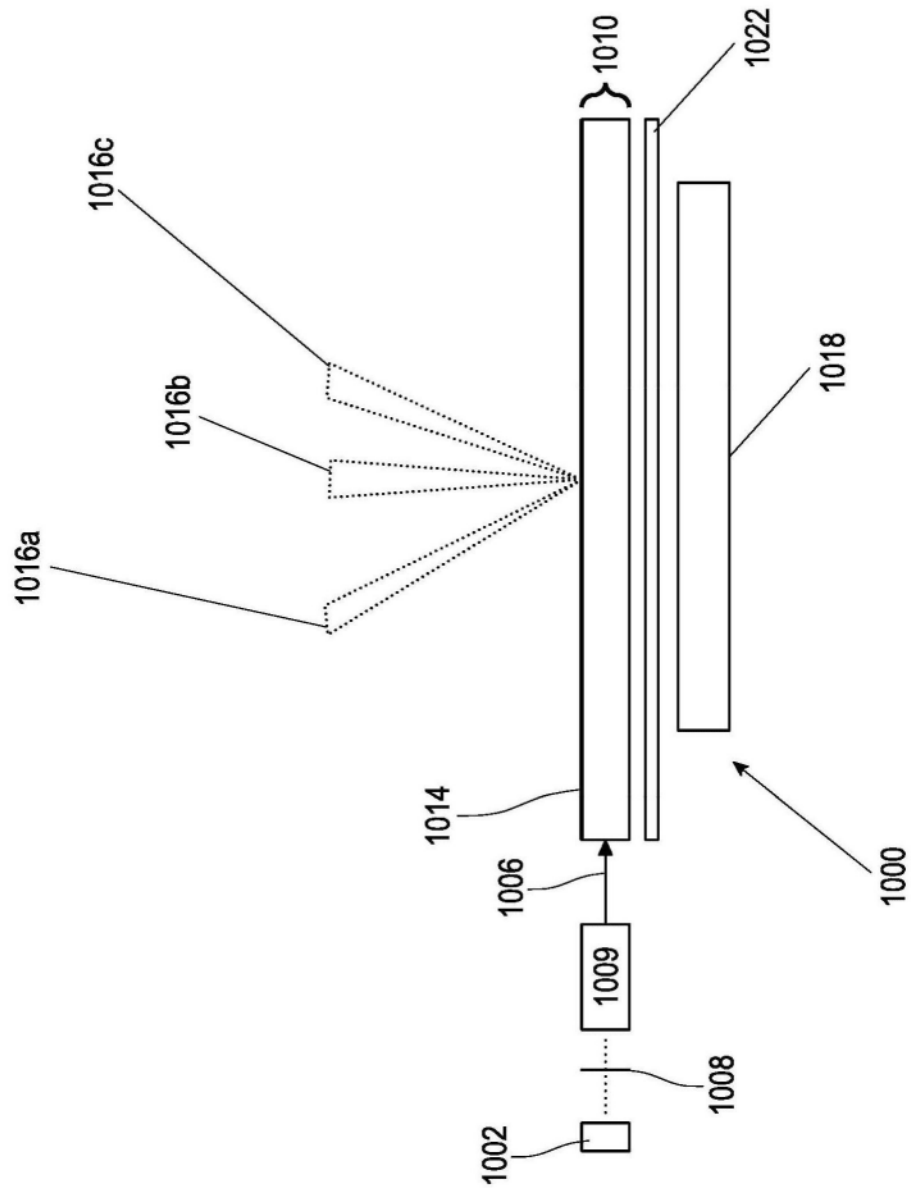


图10B

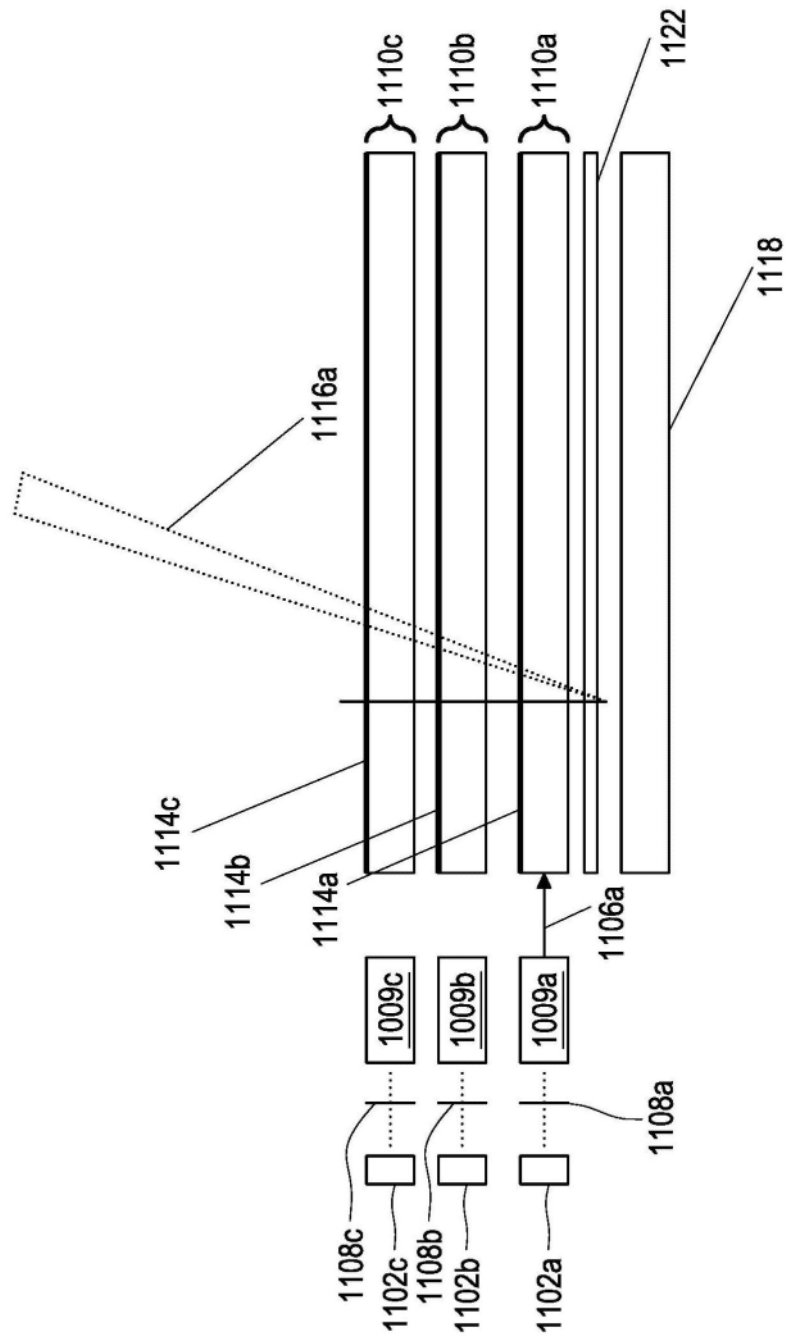


图11A

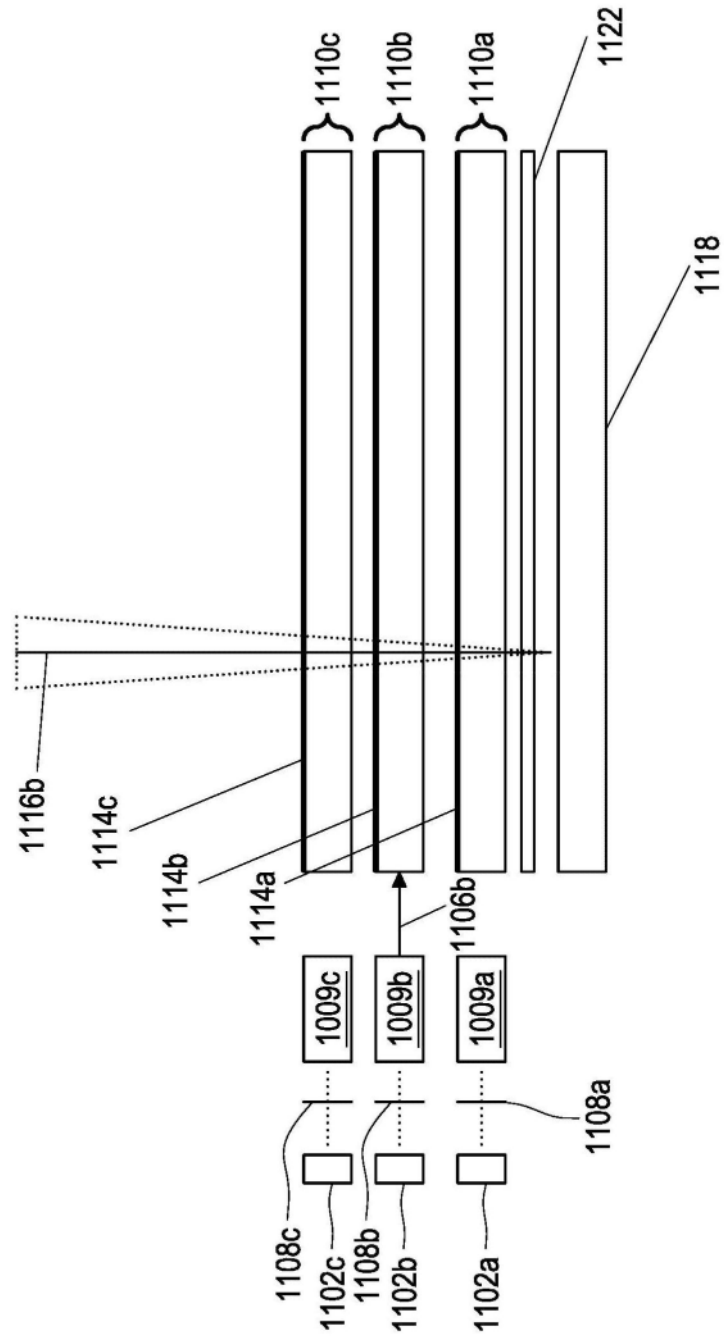


图11B

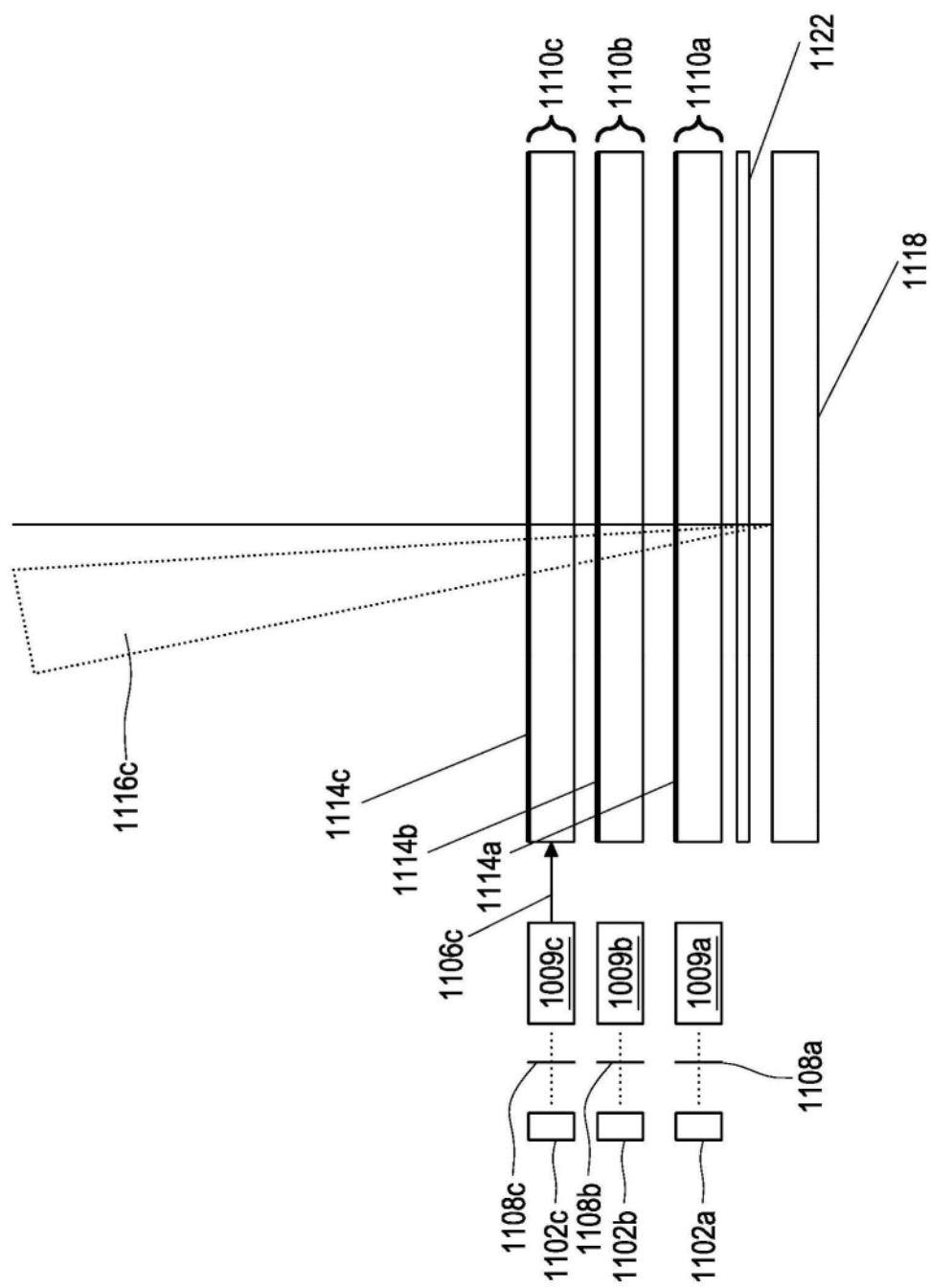


图11C

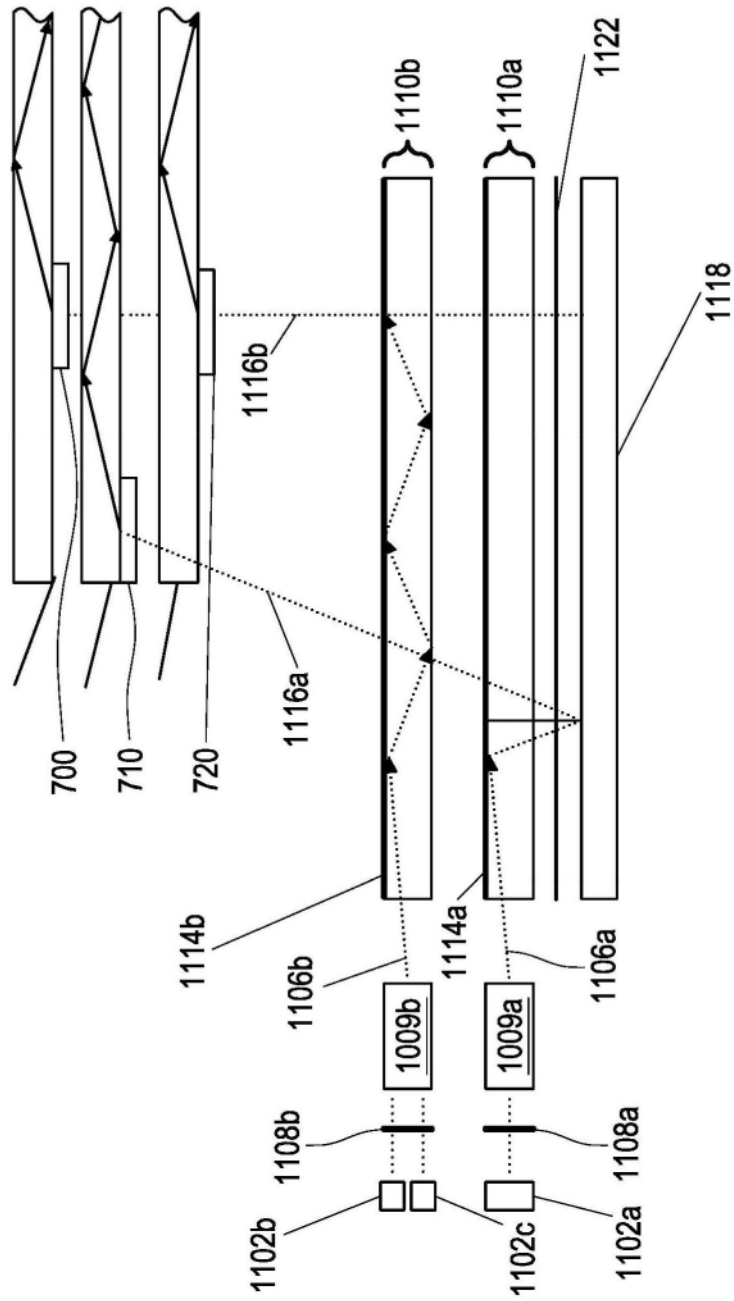


图11D

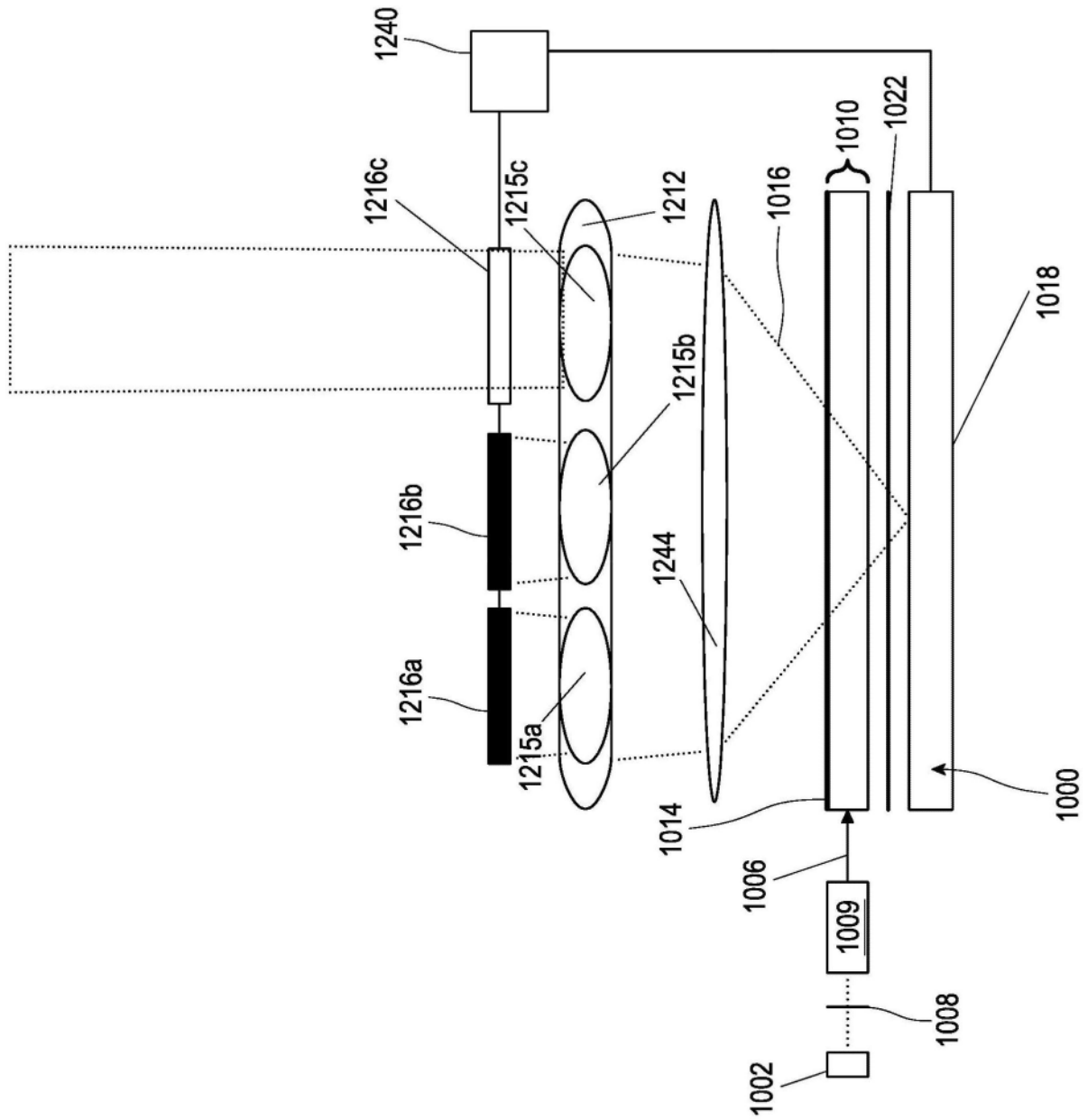


图12A

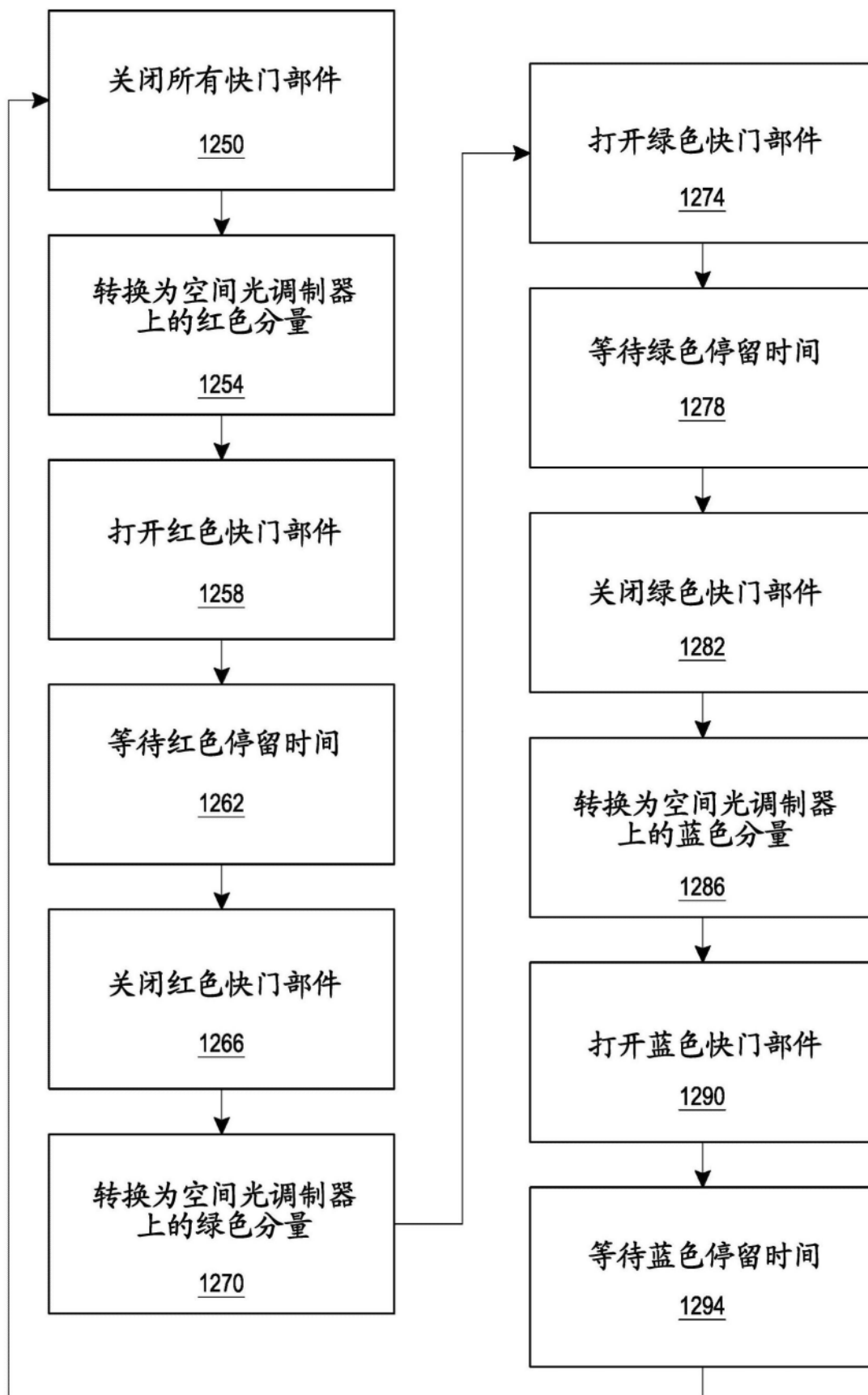


图12B

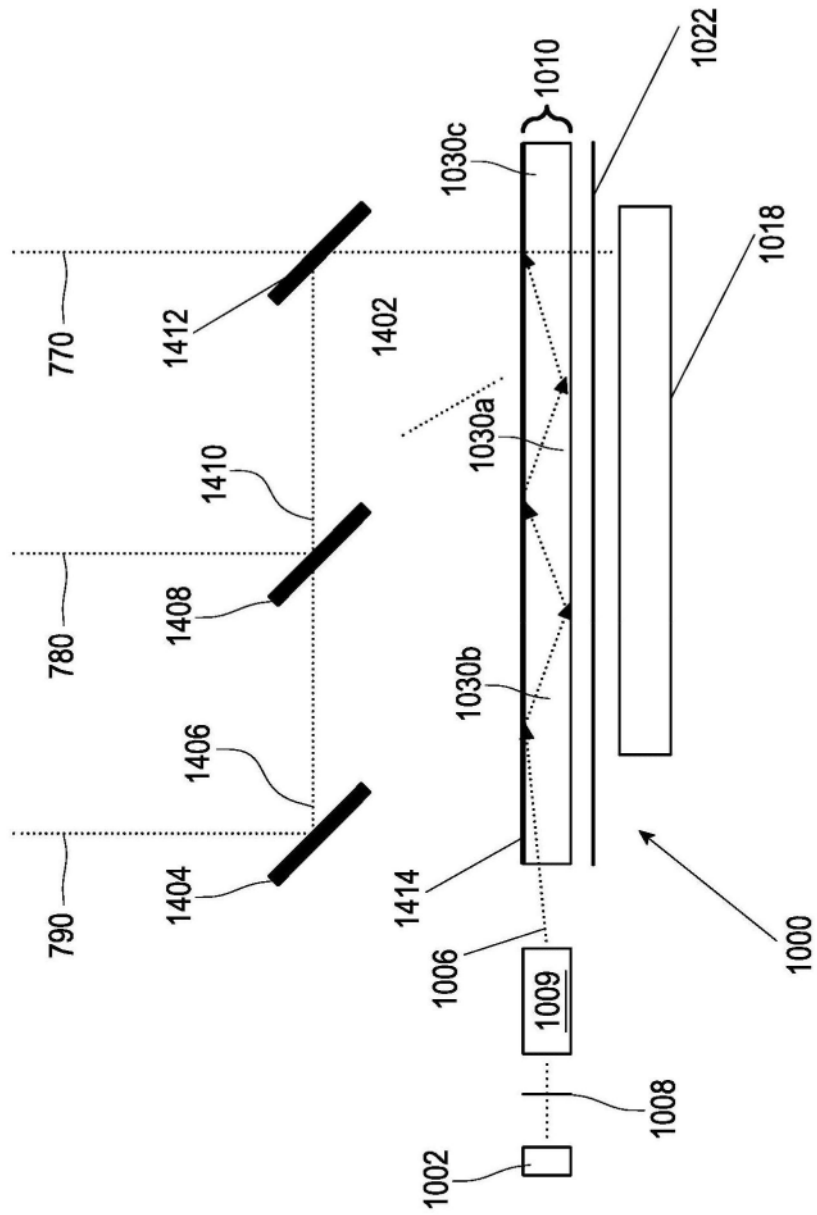


图13

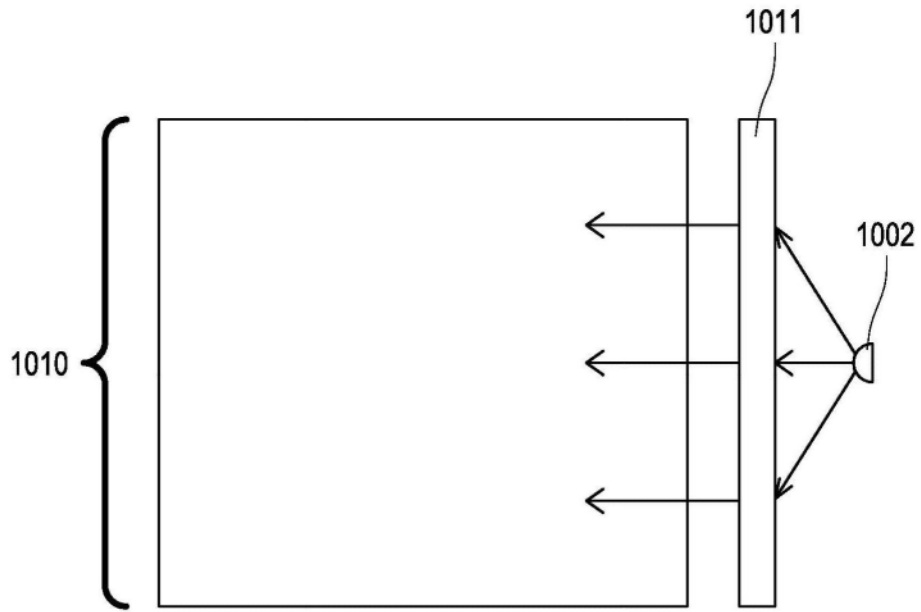


图14A

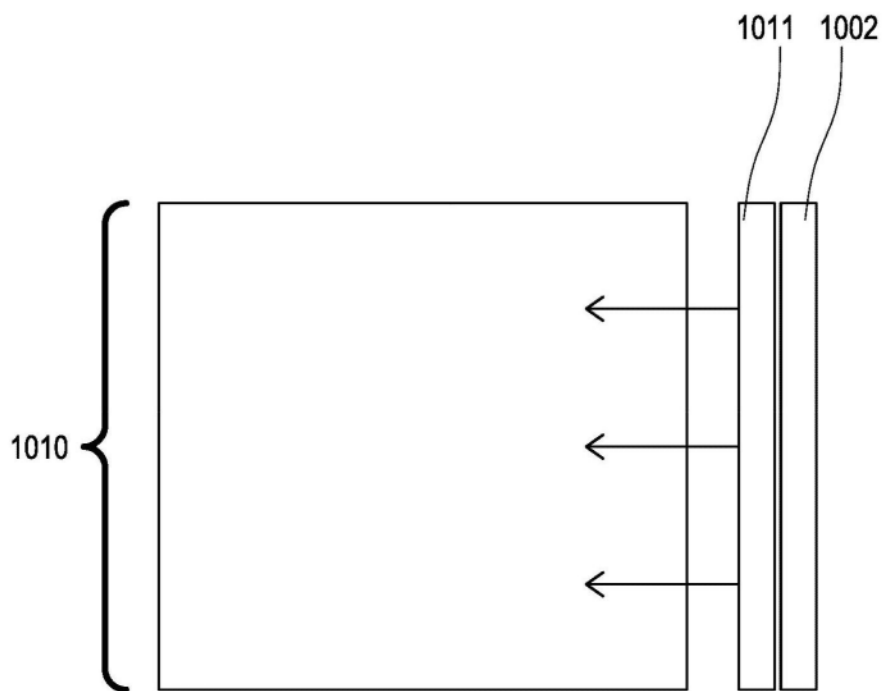


图14B

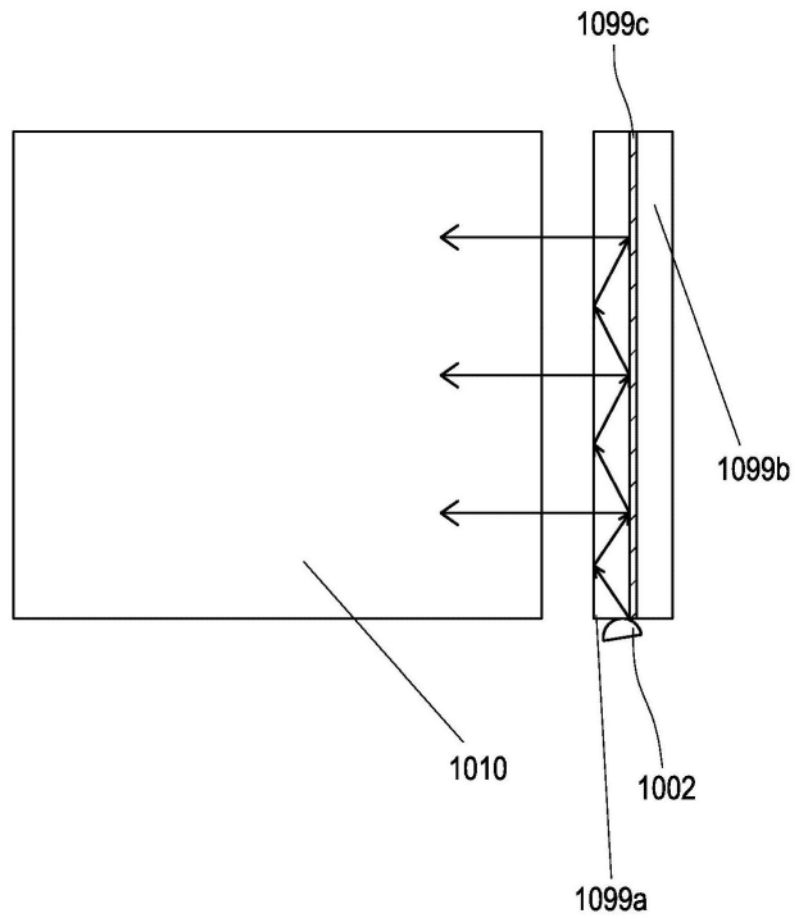


图14C

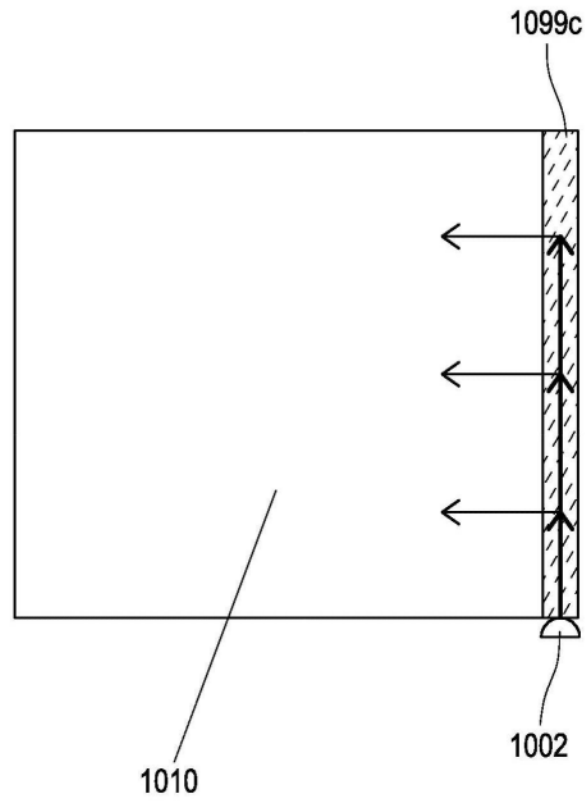


图14D

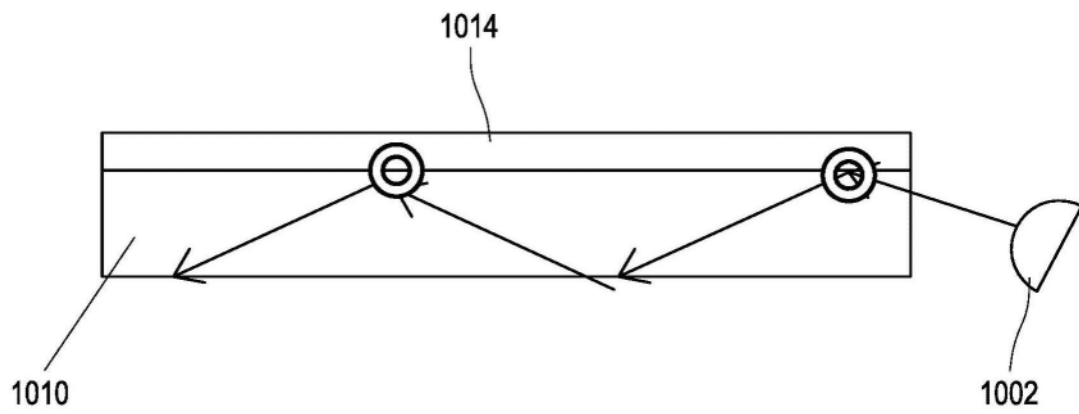


图14E

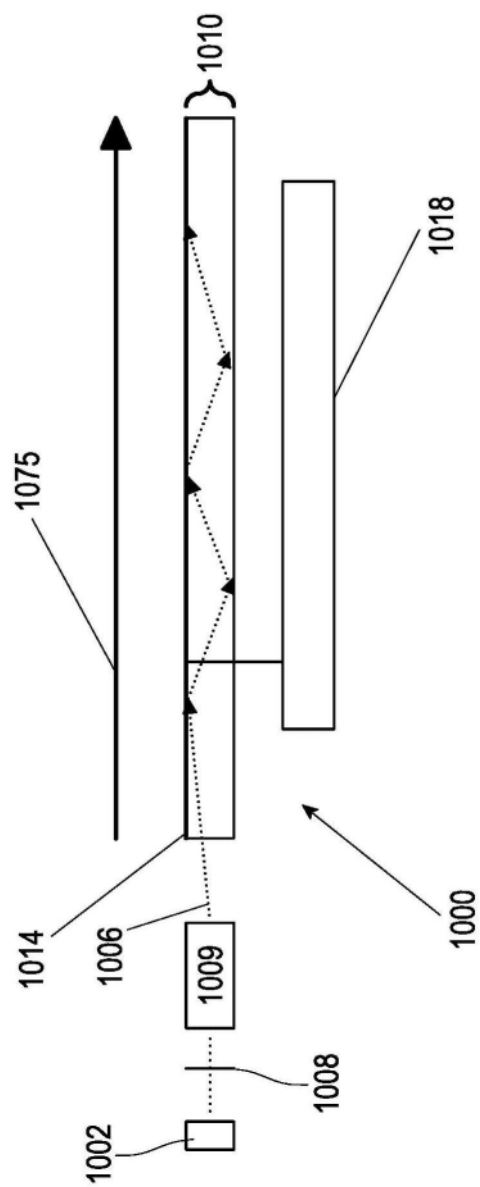


图15A

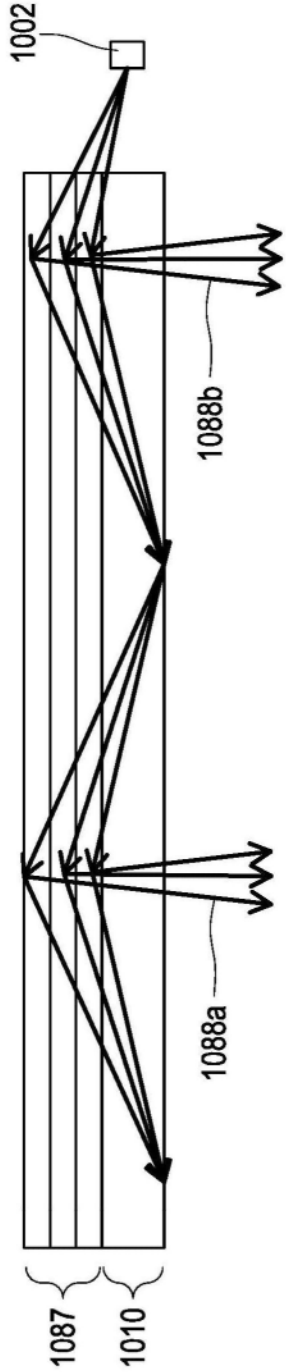


图15B

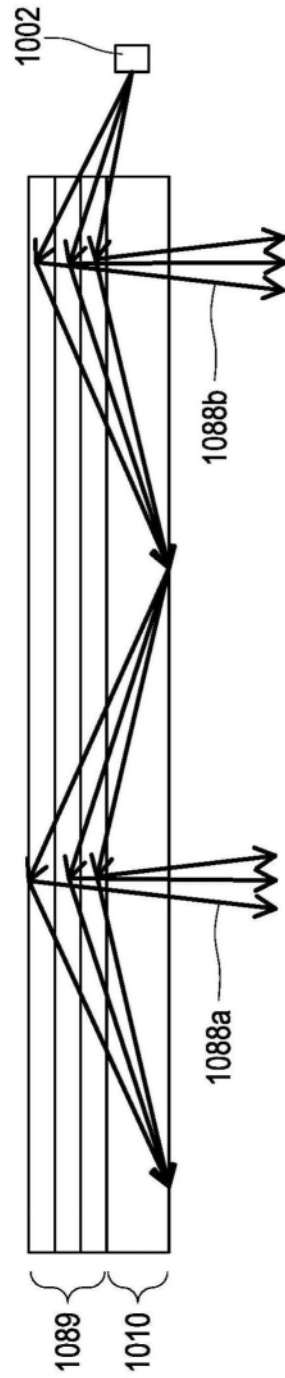


图15C

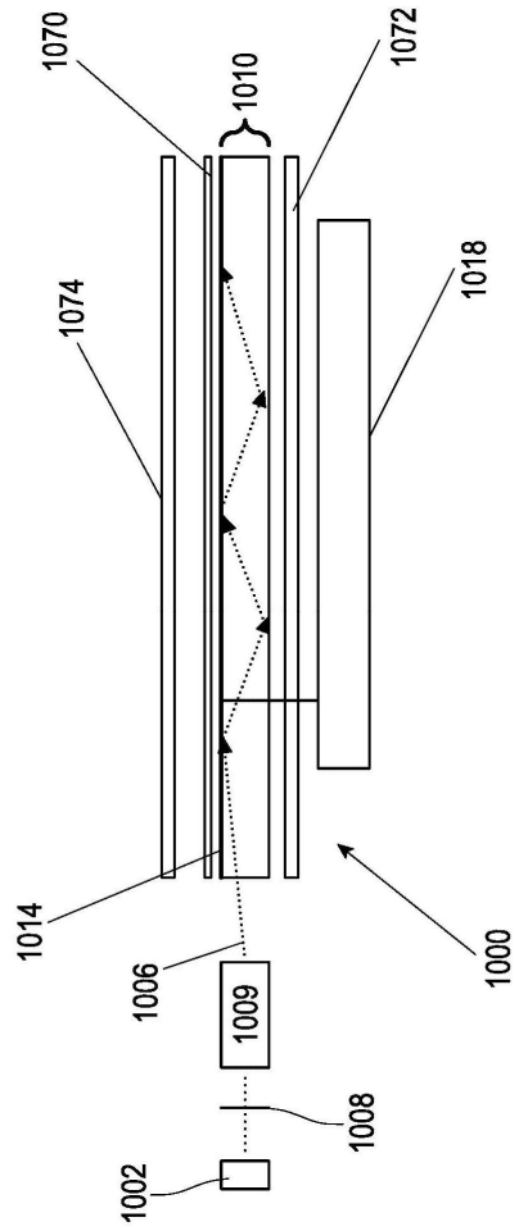


图16

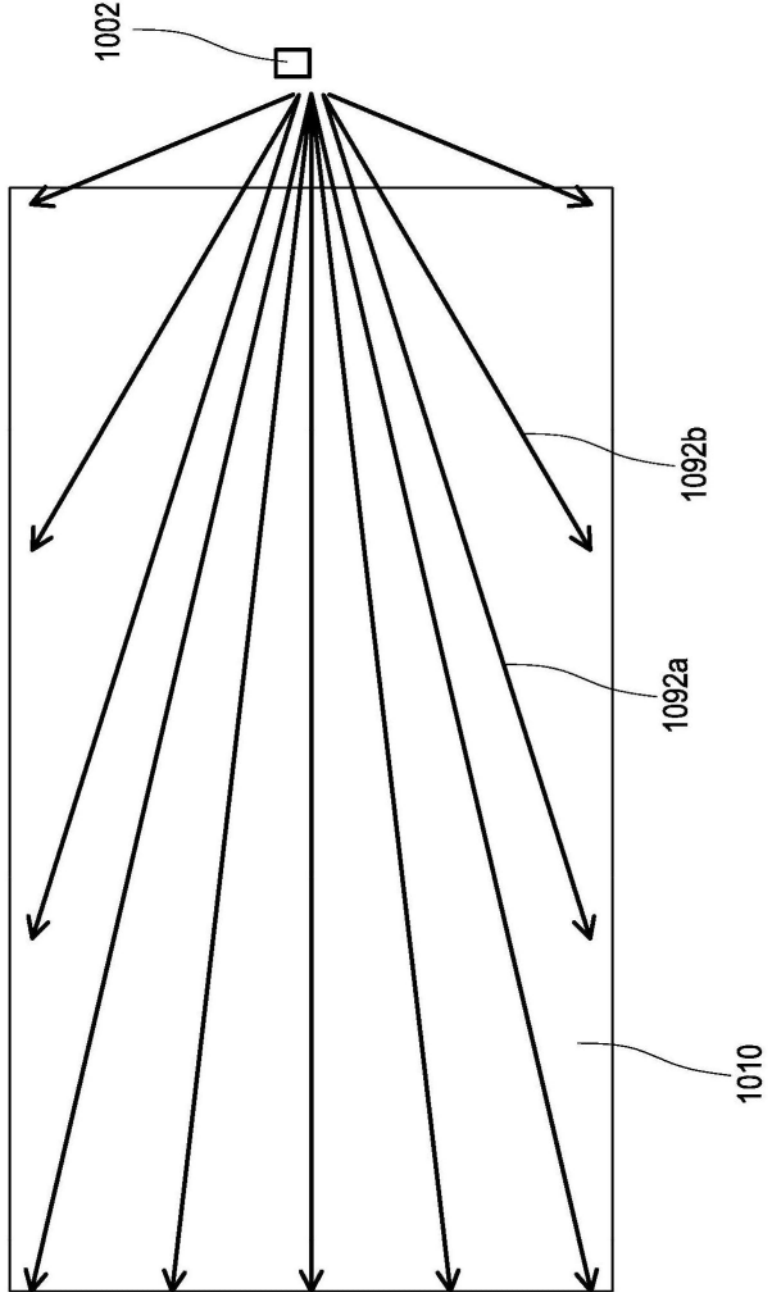


图17A

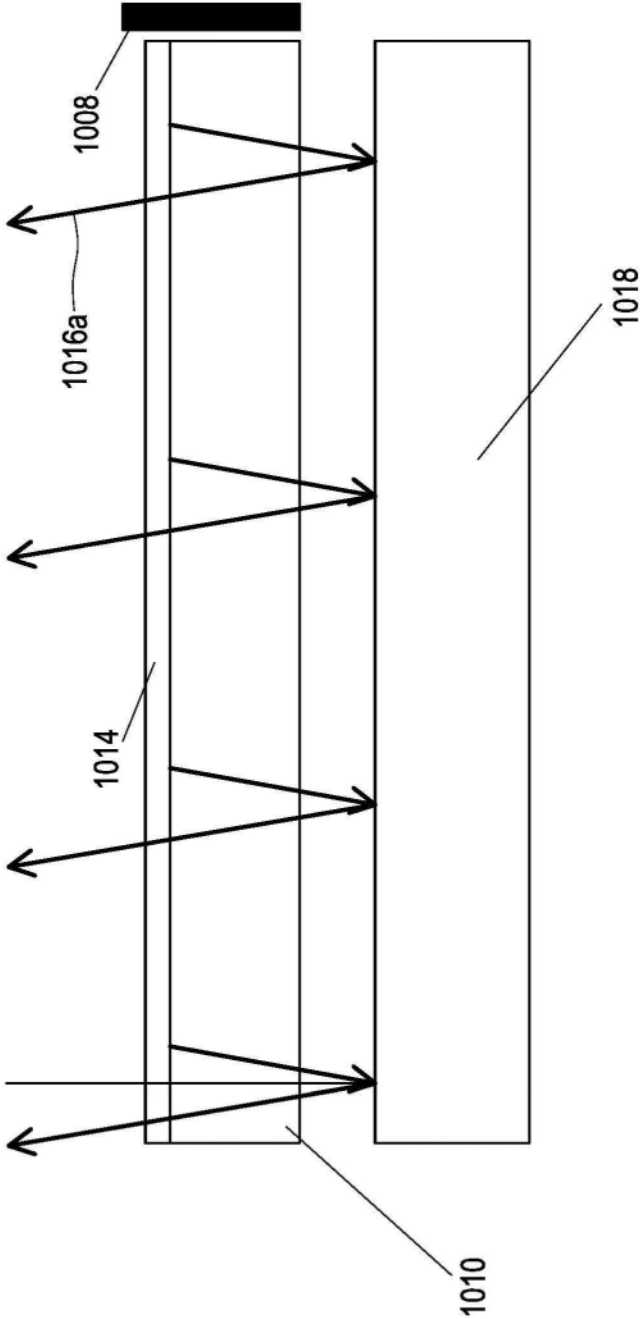


图17B

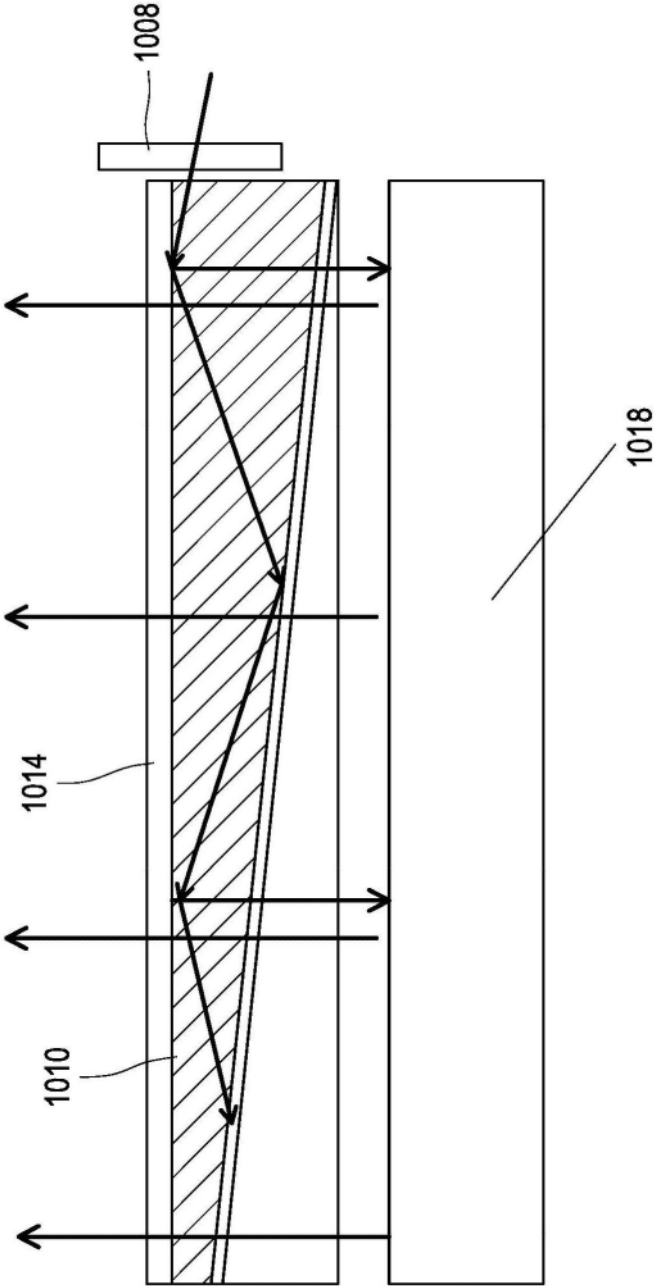


图18