



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113219579 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 202110499412.4

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2017.05.10

G02B 6/00 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

(30) 优先权数据

62/335,223 2016.05.12 US

62/335,232 2016.05.12 US

(62) 分案原申请数据

201780042668.4 2017.05.10

(71) 申请人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 I·L·约 L·E·埃德温

J·G·麦克纳马拉

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 牛南辉 于静

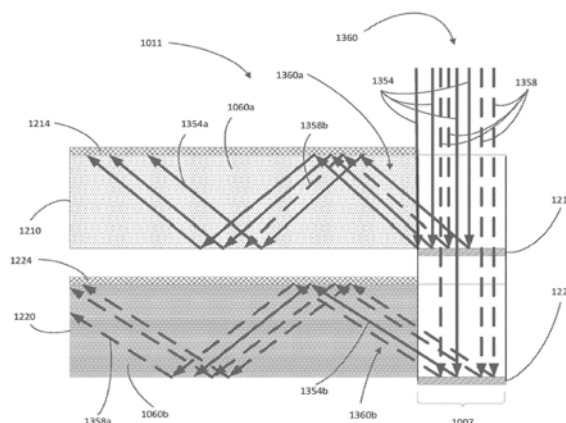
权利要求书1页 说明书27页 附图18页

(54) 发明名称

成像波导上的分布式光操纵

(57) 摘要

本发明涉及成像波导上的分布式光操纵。在堆叠波导组件中,波导可以包括滤色器、分布式滤光器和/或切换材料。滤色器的示例包括染料、着色剂或染色剂。分布式滤光器和/或切换材料的示例包括二向色滤光器、布拉格光栅、电可切换玻璃,以及电可切换镜。切换材料可以被设计或调节为衰减不想要的颜色或波长的光。波导可以分别与特定设计波长相关联。这可能意味着与设计波长相关联的波导包括耦合入光学元件,该耦合入光学元件被配置为使处于设计波长的光偏转到关联的光分布元件,并且关联的波长选择区域被配置为衰减不在设计波长处的光。



1. 一种波导,包括:

耦入光学元件,所述耦入光学元件被配置为将光耦入所述波导,所述光包括第一波长和不同于所述第一波长的第二波长;

光分布元件,所述光分布元件被配置为从所述耦入光学元件接收光并经由全内反射来传播光,所述光分布元件包括波长选择区域,所述波长选择区域被配置为相对于处于所述第一波长的耦入光衰减处于所述第二波长的耦入光;以及

耦出光学元件,所述耦出光学元件被配置为从所述光分布元件接收光并将处于所述第一波长的光耦出所述波导。

2. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述耦入光学元件包括光栅。

3. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述波长选择区域包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

4. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述耦入光学元件不包括波长选择滤光器。

5. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述耦出光学元件不包括波长选择滤光器。

6. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述波长选择区域包括电可切换的区域。

7. 根据权利要求6所述的波导,进一步包括:控制器,所述控制器被配置为在开启状态和关断状态之间切换所述电可切换的区域。

8. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述波长选择区域包括聚合物分散液晶光栅。

9. 根据权利要求1所述的波导,其中,所述光分布元件包括衍射光学元件。

10. 根据权利要求9所述的波导,其中,所述衍射光学元件包括光栅、全息图或可切换衍射光学元件。

成像波导上的分布式光操纵

[0001] 本申请是申请日为2017年5月10日、申请号为201780042668.4、名称为“成像波导上的分布式光操纵”的专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请根据35U.S.C. §119(e) 主张2016年5月12日提交的序列号为62/335,222的, 名称为“DISTRIBUTED LIGHT MANIPULATION OVER IMAGING WAVEGUIDE (成像波导上的分布式光操纵)”的美国临时申请和2016年5月12日提交的序列号为62/335,232的, 名称为“WAVELENGTH MULTIPLEXING IN WAVEGUIDES (波导中的波长多路复用)”的美国临时申请的优先权益, 这两个申请的全部内容通过引用并入此文。

技术领域

[0004] 本公开涉及虚拟现实和增强现实成像与可视化系统, 更具体地, 涉及将光分布于不同的波导区域。

背景技术

[0005] 现代计算和显示技术促进了用于所谓的“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统开发, 其中数字再现图像或其一部分以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”场景通常涉及以对其它实际的真实世界视觉输入不透明的方式呈现数字或虚拟图像信息; 增强现实或“AR”场景通常涉及将数字或虚拟图像信息呈现为对用户周围真实世界的可视化的增强。例如, 参考图1, 该图示出了增强现实场景1000, 其中AR技术的用户看到真实世界的公园式设置1100, 该公园式设置以人、树、建筑物以及位于背景中的混凝土平台1120为特征。除了这些项目之外, AR技术的用户还感知到他“看到”站在真实世界平台1120上的机器人雕像1110, 以及看起来是大黄蜂的化身的正在飞舞的卡通式化身角色1130, 即使这些元素在真实世界中不存在。事实证明, 人类视觉感知系统非常复杂, 而且, 开发促进虚拟图像元素在其它虚拟或真实世界图像元素当中舒适、感觉自然、丰富呈现的VR或AR技术非常具有挑战性。本文公开的系统和方法解决了与VR和AR技术相关的各种挑战。

发明内容

[0006] 本文描述了可以在可穿戴显示系统中使用的波导和堆叠波导组件的示例。

[0007] 波导的一个实施例包括耦合入光学元件, 该耦合入光学元件被配置为耦合入处于第一波长的光以及将不在第一波长处的光耦合出波导。该波导进一步包括波长选择区域, 该波长选择区域被配置为从耦合入光学元件接收耦合入光, 以及将该耦合入光传播到光分布元件。该波长选择区域可以被配置为相对于处于第一波长的耦合入光衰减不在第一波长处的耦合入光。光分布元件可以被配置为将处于第一波长的耦合入光耦合出波长选择区域。该波导还包括耦合出光学元件, 该耦合出光学元件被配置为从光分布元件接收处于第一波长的耦合入光, 并将该处于第一波长的耦合入光耦合出该波导。

[0008] 堆叠波导组件的一个实施例包括第一波导, 该第一波导包括第一耦合入光学元件,

该第一耦合光学元件被配置为耦合处于第一波长的光,并将不在第一波长处的光耦合出该第一波导。该第一波导进一步包括第一波长选择区域,该第一波长选择区域被配置为从第一耦合光学元件接收耦合光,并且将该耦合光传播到第一光分布元件。该第一波长选择区域被配置为相对于处于第一波长的耦合光衰减不在第一波长处的耦合光,并且将该处于第一波长的耦合光耦合出该第一波长选择区域。该第一波导还包括第一耦合光学元件,该第一耦合光学元件被配置为从第一光分布元件接收处于第一波长的耦合光,并将不在第一波长处的耦合光耦合出该第一波导。

[0009] 堆叠波导组件的实施例进一步包括第二波导,该第二波导包括第二耦合光学元件,该第二耦合光学元件被配置为从第一耦合光学元件接收处于不同于第一波长的第二波长的入射光,将不在第二波长处的入射光耦合出该第二波导,并且耦合处于第二波长的耦合光。该第二波导进一步包括第二波长选择区域,该第二波长选择区域被配置为从第二耦合光学元件接收耦合光,并且将该耦合光传播到第二光分布元件。该第二波长选择区域被配置为相对于处于第二波长的耦合光衰减不在第二波长处的耦合光。第二光分布元件被配置为将处于第二波长的耦合光耦合出第二波长选择区域。该第二波导还包括第二耦合光学元件,该第二耦合光学元件被配置为从第二光分布元件接收处于第二波长的耦合光,并将不在第二波长处的耦合光耦合出该第二波导。

[0010] 显示光学图像的方法的一个实施例包括将具有处于第一波长的光和处于不同于第一波长的第二波长的光耦合入堆叠波导组件。该堆叠波导组件包括第一波导和第二波导,其中第一波导包括第一波长选择区域层和第一耦合光学元件层。第二波导包括第二波长选择区域层和第二耦合光学元件层。该方法进一步包括在第一波长选择区域层中相对于第一波长选择性地衰减处于第二波长的耦合光,以及在第二波长选择区域层中相对于第一波长选择性地衰减处于第一波长的耦合光。该方法进一步包括将处于第一波长的耦合光耦合到第一耦合光学元件层,以及将处于第一波长的耦合光耦合到第二耦合光学元件层。该方法还包括将处于第一波长和第二波长的耦合光耦合出堆叠波导组件。

[0011] 显示光学图像的方法的另一实施例包括将具有处于第一波长的光和处于不同于第一波长的第二波长的光耦合入波导,以及在第一波导选择区域层中相对于第一波长选择性地衰减处于第二波长的耦合光。该方法进一步包括在第二层波长选择区域中相对于第二波长选择性地衰减处于第一波长的耦合光,以及将处于第一波长的耦合光从第一光分布元件耦合到第一耦合光学元件层。该方法进一步包括将处于第二波长的耦合光从第二光分布元件耦合到第二耦合光学元件层,以及从耦合光学元件耦合出处于第一波长和第二波长的耦合光。

[0012] 在附图和以下描述中阐述了本说明书中描述的主题的一个或多个实施方式的细节。通过阅读说明书、附图和权利要求,其它特征、方面和优点将变得显而易见。本发明内容和以下具体实施方式都并非旨在限定或限制本发明主题的范围。

附图说明

[0013] 图1示出了具有由人观看到的某些虚拟现实对象和某些实际对象的增强现实场景的图示。

[0014] 图2示意性地示出了可穿戴显示系统的示例。

- [0015] 图3示意性地示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。
- [0016] 图4示意性地示出了用于将图像信息输出给用户的波导堆叠的示例。
- [0017] 图5示出了可以由波导输出的示例出射光束。
- [0018] 图6是示出光学系统的示意图,该光学系统包括波导装置、用于将光光学耦合到波导装置或从波导装置光学耦合光的光学耦合器子系统,以及用于生成多焦体积显示器、图像或光场的控制子系统。
- [0019] 图7A是示意性地示出包括波导的显示器的示例的俯视图,该波导包括耦入光学元件、光分布元件和耦出光学元件。
- [0020] 图7B是图7A所示的显示器沿轴线A-A'的横截面图。
- [0021] 图8是示意性地示出显示器的示例的俯视图,该显示器包括波导、耦入光学元件、包括波长选择区域的光分布元件、以及耦出光学元件。
- [0022] 图9示出了示例堆叠波导组件的透视图。
- [0023] 图10A是示意性地示出两个波导包括滤色器的示例显示器的侧视图。
- [0024] 图10B是示意性地示出两个波导包括分布式切换材料的示例显示器的侧视图。
- [0025] 图11是示意性地示出具有多个滤光区域的示例波导的侧视图。
- [0026] 图12示出了颜色内的一系列子颜色的示例。
- [0027] 图13示意性地示出了示例堆叠波导组件的侧视图。
- [0028] 图14示意性地示出了具有初步滤光系统的示例堆叠波导组件的侧视图。
- [0029] 图15A示出了具有分布式滤光器的图13的波导组件的示例。
- [0030] 图15B示出了具有分布式开关的图13的波导组件的示例。
- [0031] 图16是描述感知颜色的假设人类视觉反应色域的色度图。
- [0032] 贯穿附图,可以重复使用参考标号来指示被引用元件之间的对应关系。提供附图是为了说明本文描述的示例实施例,并非旨在限制本公开的范围。

具体实施方式

[0033] 概述

[0034] 为了使三维(3D)显示器产生真实的深度感,更具体地,是模拟的表面深度感,需要显示器视场中的每个点生成与其虚拟深度对应的调节响应。如果如通过会聚和立体视觉的双目深度线索所确定的,对显示点的调节响应与该点的虚拟深度不对应,则人眼可能经历调节冲突,导致不稳定的成像,有害的眼睛疲劳,头痛,并且,在缺乏调节信息的情况下,几乎完全缺乏表面深度。

[0035] VR和AR体验可以由具有显示器的显示系统提供,在这些显示器中,与多个深度平面对应的图像被提供给观看者。对于每个深度平面,图像可以是不同的(例如,提供稍微不同的场景或对象的呈现),并且可以由观看者的眼睛单独聚焦,从而有助于基于将位于不同深度平面上的场景的不同图像特征聚焦所需的眼睛的调节,和/或基于观察处于失焦状态的不同深度平面上的不同图像特征,为用户提供深度线索。如本文其它地方所讨论的,这种深度线索提供了可靠的深度感。

[0036] 图2示出了可穿戴显示系统100的示例。显示系统100包括显示器62,以及支持该显示器62的功能的各种机械和电子模块和系统。显示器62可以被耦接到框架64,该框架可由

显示系统用户、穿戴者或观看者60穿戴,并且被配置为将显示器62定位在用户60的眼前。在一些实施例中,扬声器66被耦接到框架64并且被定位在用户的耳道附近(在一些实施例中,另一扬声器(未示出)可以被定位在用户的另一耳道附近以提供立体/可塑形的声音控制)。

[0037] 显示器62诸如通过有线引线或无线连接可操作地将68耦接到本地数据处理模块71,该本地数据处理模块71可以以各种配置安装,诸如固定地附接到框架64,固定地附接到用户戴的头盔或帽子,嵌入耳机中,或以其它方式可移除地附接到用户60(例如,采取背包式配置,采取束带连接式配置)。

[0038] 本地处理和数据模块71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),这两者都可被用于辅助数据处理、缓存和存储。这些数据可以包括a)通过传感器(其例如可以被可操作地耦接到框架64或以其它方式附接到用户60)捕获的数据,这些传感器诸如图像捕获设备(例如,相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、全球定位系统(GPS)单元、无线电设备和/或陀螺仪;和/或b)使用远程处理模块72和/或远程数据存储库74获取和/或处理的数据,这些数据可以在被执行完上述处理或检索之后传送到显示器62。本地处理和数据模块71可以通过通信链路76和/或78(诸如经由有线或无线通信链路)可操作地耦接到远程处理模块72和/或远程数据存储库74,使得这些远程模块可用作本地处理和数据模块71的资源。此外,远程处理模块72和远程数据存储库74可以被可操作地彼此耦接。

[0039] 在一些实施例中,远程处理模块72可以包括被配置为分析和处理数据和/或图像信息的一个或多个处理器。在一些实施例中,远程数据存储库74可以包括数字数据存储设施,该设施可以通过因特网或“云”资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中,在本地处理和数据模块中存储全部数据并执行全部计算,允许来自远程模块的完全自主地使用。

[0040] 人类视觉系统是复杂的,并且提供真实的深度感具有挑战性。不受理论的限制,可以认为对象的观看者可能由于聚散度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聚散度动作(例如,瞳孔彼此靠近或远离以使眼睛的视线会聚固定在对象上的转动动作)与眼睛晶状体的聚焦(或“调节”)密切相关。在正常情况下,根据被称为“调节-聚散度反射”的关系,更改眼睛晶状体的焦点或调节眼睛以将焦点从一个对象转移到不同距离处的另一对象将自动导致到同一距离匹配的聚散度变化。在调节与辐辏之间提供更好匹配的显示系统可以形成更逼真或舒适的三维图像模拟。

[0041] 图3示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。参考图3,z轴上距眼睛302和304不同距离处的对象由眼睛302和304调节,以使这些对象对焦。眼睛302和304呈现特定的调节状态,以使沿z轴不同距离处的对象聚焦。因此,可以认为特定的调节状态与深度平面306中的特定一者相关联,具有相关联的焦距,使得当眼睛针对特定深度平面处于调节状态时,该特定深度平面中的对象或其部分对焦。在一些实施例中,可以通过为每只眼睛302和304提供图像的不同呈现,并且还可以通过提供与每个深度平面对应的图像的不同呈现来模拟三维图像。尽管为了清楚地说明而示出为分开的,但是,例如在沿z轴的距离增加时,眼睛302和304的视野可以重叠。此外,尽管为了便于说明而示出为平坦的,但是深度平面的轮廓可以在物理空间中弯曲,使得深度平面中的所有特征在眼睛处于特定调节状态时对焦。不受理论的限制,可以认为人眼通常可以解释有限数量的深度平面以提供深度感。

因此,可以通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一者对应的图像的不同呈现,来实现高度可信的感知深度模拟。

[0042] 波导堆叠组件

[0043] 图4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100包括波导的堆叠或堆叠的波导组件178,该组件可被用于使用多个波导182、184、186、188、190向眼睛/大脑提供三维感知。在一些实施例中,图4所示的显示系统100可以在图2所示的可穿戴显示系统100中使用,其中图4更详细地示意性地示出了系统100的一些部分。例如,在一些实施例中,波导组件178可以被集成到图2的显示器62中。

[0044] 继续参考图4,波导组件178还可以包括位于波导之间的多个特征198、196、194、192。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以是透镜。波导182、184、186、188、190和/或多个透镜198、196、194、192可以被配置为以各种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与该深度平面对应的图像信息。图像注入设备200、202、204、206、208可被用于将图像信息注入波导182、184、186、188、190中,这些波导中的每个波导可以被配置将入射光分布在每个相应的波导上以用于朝向眼睛304输出。光从图像注入设备200、202、204、206、208的输出表面射出,并且被注入到波导182、184、186、188、190的对应的输入边缘。在一些实施例中,将单个光束(例如,准直光束)注入到每个波导中,以输出整个克隆的准直光束场,这些准直光束以对应于与特定波导相关联的深度平面的特定角度(和发散量)导向眼睛304。

[0045] 在一些实施例中,图像注入设备200、202、204、206、208是分立的显示器,每个显示器产生用于分别注入到对应波导182、184、186、188、190中的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入设备200、202、204、206、208是单个多路复用显示器的输出端,这些显示器例如可以经由一个或多个光学导管(例如,光纤光缆)将图像信息管道传输到图像注入设备200、202、204、206、208中的每一者。

[0046] 控制器210控制堆叠波导组件178和图像注入设备200、202、204、206、208的操作。在一些实施例中,控制器210包括编程(例如,非暂时性计算机可读介质中的指令),该编程调节图像信息到波导182、184、186、188、190的定时和提供。在一些实施例中,控制器是单个集成设备(例如,硬件处理器),或者是通过有线或无线通信信道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器210是处理模块71或72(如图2所示)的一部分。

[0047] 波导182、184、186、188、190可以被配置为通过全内反射(TIR)在每个相应的波导内传播光。波导182、184、186、188、190可以各自是平面的或具有另一形状(例如,弯曲的),其具有顶部主表面和底部主表面以及在这些顶部主表面和底部主表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导182、184、186、188、190可各自包括光提取光学元件282、284、286、288、290,这些元件被配置为通过将在每个相应的波导内传播的光重定向出波导来从波导中提取光,从而向眼睛304输出图像信息。所提取的光也可以被称为耦出光,并且光提取光学元件也可以被称为耦出光学元件。在波导内传播的光照射光重定向元件所在的位置处,可以由波导输出所提取的光束。光提取光学元件282、284、286、288、290例如可以是反射和/或衍射光学特征。尽管为了便于描述和作图清晰,光提取光学元件282、284、286、288、290被示出为设置在波导182、184、186、188、190的底部表面处,但是在一些实施例中,光提取光学元件282、284、286、288、290可以被设置在顶部表面和/或底部表面,和/或可以直接被设置在波

导182、184、186、188、190的体中。在一些实施例中,光提取光学元件282、284、286、288、290可以被附接到透明衬底,以在波导182、184、186、188、190的材料层中形成。在一些其它实施例中,波导182、184、186、188、190是整块材料,并且光提取光学元件282、284、286、288、290可以形成在该块材料的表面上和/或内部。

[0048] 继续参考图4,如本文所讨论的,每个波导182、184、186、188、190被配置为输出光以形成与特定深度平面对应的图像。例如,最靠近眼睛的波导182可以被配置为将注入这种波导182的准直光传送到眼睛304。准直光可以代表光学无限远焦平面。下一上行波导184可以被配置为发出在到达眼睛304之前传输通过第一透镜192(例如,负透镜)的准直光;第一透镜192可以被配置为产生微凸的波前曲率,使得眼睛/大脑将来自该下一上行波导184的光解释为来自从光学无限远向内更接近眼睛304的第一焦平面的光。类似地,第三上行波导186使其输出光在到达眼睛304之前传输通过第一透镜192和第二透镜194。第一透镜192和第二透镜194的组合光焦度(optical power)可以被配置为产生另一波前曲率增量,使得眼睛/大脑将来自第三波导186的光解释为来自从光学无限远向内进一步更靠近人的第二焦平面的光,而不是来自下一上行波导184的光。

[0049] 其它波导层(例如,波导188、190)和透镜(例如,透镜196、198)被类似地配置,且在堆叠中的最高波导190通过其与眼睛之间的所有透镜发送其输出,以获得代表与人最接近的焦平面的总光焦度。为了在观察/解释来自堆叠波导组件178的另一侧上的世界144的光时,补偿透镜堆叠198、196、194、192,可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层180以补偿下面的透镜堆叠198、196、194、192的总光焦度。这种配置提供与可用的波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的光提取光学元件和透镜的聚焦方面都可以是静态的(即,不是动态的或电活性的)。在一些替代实施例中,通过使用电活性特征,它们中的一者或两者都是动态的。

[0050] 继续参考图4,光提取光学元件282、284、286、288、290可以被配置为既将光重定向出它们相应的波导,又针对与波导相关联的特定深度平面以适当的发散量或准直度输出该光。因此,具有不同相关联深度平面的波导可以具有不同配置的光提取光学元件282、284、286、288、290,这些元件根据关联深度平面以不同的发散量输出光。在一些实施例中,如本文所讨论的,光提取光学元件282、284、286、288、290可以是体特征或表面特征,其可以被配置为以特定角度输出光。例如,光提取光学元件282、284、286、288、290可以是体全息图、表面全息图和/或衍射光栅。诸如衍射光栅之类的光提取光学元件在2015年6月25日公开的美国专利公开2015/0178939中被描述,该公开的全部内容在此通过引用并入本文。在一些实施例中,特征198、196、194、192不是透镜,而仅仅是间隔物(例如,用于形成气隙的包层和/或结构)。

[0051] 在一些实施例中,光提取光学元件282、284、286、288、290是形成衍射图案的衍射特征,或“衍射光学元件”(在本文中也被称为“DOE”)。在一些情况下,DOE具有相对低的衍射效率,使得只有一部分光束借助DOE的每个交叉点朝着眼睛304偏转(例如,折射、反射或衍射),而其余部分经由全内反射继续通过波导。因此,携带图像信息的光被分成多个相关的出射光束,这些出射光束在多个位置处从波导出射,并且针对在波导内四处弹跳的特定准直光束,结果是形成朝着眼睛304出射的相当均匀的图案。

[0052] 在一些实施例中,一个或多个DOE在活跃地衍射的“开启”状态与不明显衍射的“关断”状态之间切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中,微滴包括在主体

介质中的衍射图案,并且微滴的折射率可以被切换为基本匹配主体材料的折射率(在这种情况下,图案不会明显地衍射入射光),或者微滴可以被切换为与主体介质的折射率失配的折射率(在这种情况下,图案活跃地衍射入射光)。

[0053] 在一些实施例中,深度平面和/或景深的数量和分布可以基于观看者的眼睛的瞳孔大小和/或取向动态地改变。在一些实施例中,相机500(例如,数字相机)可被用于捕获眼睛304的图像以确定眼睛304的瞳孔大小和/或取向。相机500可被用于获得图像以用于确定穿戴者60正在观看的方向(例如,眼睛姿势)或用于穿戴者的生物识别(例如,经由虹膜识别)。在一些实施例中,相机500被附接到框架64(如图2所示)并且可以与处理模块71和/或72电连接,处理模块71和/或72可以处理来自相机500的图像信息以确定例如用户60的眼睛的瞳孔直径和/或取向。在一些实施例中,针对每只眼睛使用一个相机500,以分别确定每只眼睛的瞳孔大小和/或方向,从而允许向每只眼睛呈现图像信息以动态地适应眼睛。在一些其它实施例中,仅确定单个眼睛304的瞳孔直径和/或取向(例如,针对每对眼睛仅使用单个相机500)并且假设观看者60的双眼是相似的。

[0054] 例如,景深可以与观看者的瞳孔大小成反比地改变。因此,当观看者眼睛的瞳孔大小减小时,景深增加,使得由于平面的位置超出眼睛的焦深而无法辨别的平面,可能随着瞳孔大小的减小和景深的相应增加而变得可辨别并且显得更对焦。同样地,被用于向观看者呈现不同图像的间隔深度平面的数量可以随着瞳孔大小的减小而减小。例如,在不调整远离一个深度平面且靠近另一深度平面的眼睛的适应的情况下,观看者可能无法以一个瞳孔大小清楚地感知第一深度平面和第二深度平面两者的细节。然而,在不改变适应的情况下,这两个深度平面可以以另一瞳孔大小同时充分地对焦于用户。

[0055] 在一些实施例中,显示系统可以基于瞳孔大小和/或取向的确定,或在接收指示特定瞳孔大小和/或取向的电信号时,改变接收图像信息的波导的数量。例如,如果用户的眼睛不能区分与两个波导相关联的两个深度平面,则控制器210可以被配置或被编程为停止向这些波导中的一者提供图像信息。有利地,这可以减轻系统的处理负担,从而增加系统的响应性。在用于波导的DOE可在开启和关断状态之间切换的实施例中,当波导确实接收到图像信息时,DOE可以切换到关断状态。

[0056] 在一些实施例中,可能需要使出射光束满足直径小于观看者眼睛直径的条件。然而,考虑到观看者瞳孔大小的变化,满足这种条件可能具有挑战性。在一些实施例中,通过响应于观看者瞳孔大小的确定而改变出射光束的尺寸,在宽范围的瞳孔大小上满足该条件。例如,随着瞳孔大小减小,出射光束的尺寸也可能减小。在一些实施例中,可以使用可变孔径来改变出射光束尺寸。

[0057] 图5示出了由波导输出的出射光束的示例。该图示出了一个波导,但波导组件178中的其它波导可以类似地起作用,其中,波导组件178包括多个波导。光400在波导182的输入边缘382处被注入波导182中,并且通过TIR在波导182内传播。在光400照射到DOE 282上的点处,该光的一部分从波导出射作为出射光束402。出射光束402被示出为基本上平行,但它们也可以被重定向为以一定角度(例如形成发散的出射光束)传播到眼睛304,该角度取决于与波导182相关联的深度平面。基本平行的出射光束可以指示具有光提取光学元件的波导,该光提取光学元件耦出光以形成看上去被设置在距眼睛304较远距离(例如,光学无限远)处的深度平面上图像。其它波导或其它光提取光学元件组可以输出更加发散的出射

光束图案,这需要眼睛304适应更近的距离以将其对焦在视网膜上,并且将被大脑解释为来自比光学无限大更接近眼睛304的距离的光。

[0058] 图6示出了光学系统100的另一示例,该光学系统包括波导装置、将光光学耦合到波导装置或从波导装置光学耦合出光的光学耦合器子系统,以及控制子系统。光学系统100可被用于产生多焦体积、图像或光场。光学系统可以包括一个或多个主平面波导1(图6仅示出一个)以及与至少一些主波导1中的每一者相关联的一个或多个DOE 2。平面波导1类似于参考图4所讨论的波导182、184、186、188、190。该光学系统可以采用分布波导装置,来沿着第一轴(图6视图中的纵轴或Y轴)中继光,并且沿着第一轴(例如,Y轴)扩展光的有效出射光瞳。分布波导装置例如可以包括分布平面波导3和与分布平面波导3相关联的至少一个DOE 4(由双点划线示出)。分布平面波导3至少在一些方面可以与主平面波导1相似或相同,但是与其取向不同。类似地,至少一个DOE 4可以至少在一些方面与DOE 2相似或相同。例如,分布平面波导3和/或DOE 4可以分别包括与主平面波导1和/或DOE 2相同的材料。图4或6所示的光学显示系统100的实施例可以被集成到图2所示的可穿戴显示系统100中。

[0059] 中继的和出瞳扩展的光从分布波导装置光学耦合到一个或多个主平面波导10中。主平面波导1沿着在一些情况下与第一轴正交的第二轴(例如,图6视图中的横轴或X轴)中继光。值得注意的是,第二轴可以是不与第一轴正交的轴。主平面波导1沿着第二轴(例如,X轴)扩展光的有效出射光瞳。例如,分布平面波导3沿着纵轴或Y轴中继和扩展光,并且将该光传递到主平面波导1,该主平面波导1沿着横轴或X轴中继和扩展光。

[0060] 光学系统可以包括能够光学耦合到单模光纤9的近端中的一种或多种彩色光源(例如,红色、绿色和蓝色激光)110。光纤9的远端可以带有螺纹或被压电材料制成的中空管8接收。该远端作为非固定柔性悬臂7从管8突出。压电管8可以与四象限电极(未示出)相关联。例如,这些电极可以镀在管8的外侧、外表面或外周或外径上。芯电极(未示出)也位于管8的核心、中心、内周边或内径中。

[0061] 例如经由导线10电耦合的驱动电子器件12驱动相对的电极对以独立地在两个轴弯曲压电管8。光纤7的突出的远端具有机械共振模式。共振频率可取决于光纤7的直径、长度和材料特性。通过在光纤悬臂7的第一机械共振模式附近振动压电管8,光纤悬臂7发生振动,并且可以扫过大的偏转。

[0062] 通过激发两个轴的共振,光纤悬臂7的尖端在填充二维(2D)扫描的区域中被执行双轴扫描。通过与光纤悬臂7的扫描同步地调制一个或多个光源11的强度,从光纤悬臂7出射的光形成图像。在美国专利公开NO.2014/0003762中提供了这种设置的描述,该公开的全部内容通过引用并入本文。

[0063] 光学耦合器子系统的部件对从扫描光纤悬臂7出射的光进行准直。准直光由反射镜表面5反射到包含至少一个衍射光学元件(DOE)4的窄的分布平面波导3中。准直光通过全内反射沿分布平面波导3竖直(相对于图6的视图)传播,并且在这样做时,与DOE 4重复相交。DOE 4在一些情况下具有低衍射效率。这导致在与DOE 4的每个交点处,光的一部分(例如10%)被朝向较大的主平面波导1的边缘衍射,并且光的一部分经由TIR沿着分布平面波导3的长向下在其原始轨迹上继续。

[0064] 在与DOE 4的每个交点处,额外的光被朝向主波导1的入口衍射。通过将入射光分成多个耦出组,光的出射光瞳由分布平面波导3中的DOE4竖直扩展。从分布平面波导3耦

出的该竖直扩展光进入主平面波导1的边缘。

[0065] 进入主波导1的光经由TIR沿着主波导1水平(相对于图6的视图)传播。当光经由TIR沿着主波导10的场的至少一部分水平传播时,光在多个点处与DOE 2相交。DOE 2可以有利地被设计或配置为具有线性衍射图案和径向对称衍射图案的总和的相轮廓,以产生光的偏转和聚焦。DOE 2可以有利地具有低的衍射效率(例如,10%),使得只有光束的一部分在DOE 2的每个交点处朝向观看的眼睛偏转,而其余的光继续经由TIR通过波导1传播。

[0066] 在传播光和DOE 2之间的每个交点处,部分光被朝向主波导1的相邻面衍射,从而允许光逸出TIR,并且从主波导1的面出射。在一些实施例中,DOE 2的径向对称衍射图案附加地赋予衍射光以聚焦水平(focus level),既成形单个光束的光波前(例如,赋予曲率),又以与所设计的聚焦水平相匹配的角度来使光束转向。

[0067] 因此,这些不同的路径可以通过处于不同角度、聚焦水平和/或在出射光瞳处产生不同填充图案的多个DOE 2将光耦出主平面波导1。出射光瞳处的不同填充图案可以被有利地用于创建具有多个深度平面的光场显示器。波导组件中的每一层或层堆叠(例如3个层)可被用于生成相应的颜色(例如,红色、蓝色、绿色)。因此,例如,可以采用三个相邻层的第一堆叠分别在第一焦深处生成红光、蓝光和绿光。可以采用三个相邻层的第二堆叠分别在第二焦深处生成红光、蓝光和绿光。可以采用多个堆叠来生成具有各种焦深的全3D或4D彩色图像光场。

[0068] AR系统的其它部件

[0069] 在许多实施方式中,AR系统可以包括显示系统100之外的其它部件。AR设备例如可以包括一个或多个触觉设备或部件。一个或多个触觉设备或部件可通过操作向用户提供触感。例如,一个或多个触觉设备或部件可以在接触虚拟内容(例如,虚拟对象、虚拟工具、其它虚拟构造)时提供压力和/或纹理的触感。触感可以复制虚拟对象所表示的物理对象的感觉,或者可以复制虚拟内容所表示的想象对象或角色(例如,龙)的感觉。在一些实施方式中,用户可穿戴触觉设备或部件(例如,用户可穿戴手套)。在一些实施方式中,触觉设备或部件可以由用户握持。

[0070] AR系统例如可以包括一个或多个可由用户操纵以允许输入或与AR系统交互的物理对象。这些物理对象在此被称为图腾。一些图腾可能采取无生命对象的形式,例如金属片或塑料片、墙、桌面。可替换地,一些图腾可以采取有生命对象的形式,例如用户的手部。如本文所述,图腾实际上可能不具有任何物理输入结构(例如,键、触发器、操纵杆、轨迹球、摇杆开关)。相反,图腾可以仅提供物理表面,并且AR系统可以呈现用户界面,以使用户看起来在图腾的一个或多个表面上。例如,AR系统可以使计算机键盘和触控板的图像呈现为看起来位于图腾的一个或多个表面上。例如,AR系统可以使虚拟计算机键盘和虚拟触控板出现在用作图腾的矩形薄铝板的表面上。矩形板本身没有任何物理键或触控板或传感器。然而,当经由虚拟键盘和/或虚拟触控板做出选择或输入时,AR系统可以通过该矩形板检测到用户操纵或交互或触摸。

[0071] 在美国专利公开NO.2015/0016777中描述了可用于本公开的AR设备HMD和显示系统的触觉设备和图腾的示例,该专利的全部内容通过引用并入此文

[0072] 示例波导显示器

[0073] 图7A是示意性地示出包括波导905的显示器700的示例的俯视图,波导905包括耦

入光学元件1007、光分布元件1011和耦出光学元件1009。图7B示意性地示出了图7A所示的显示器700沿轴线A-A'的横截面视图。

[0074] 波导905可以是图4所示的显示系统100中的波导堆叠178的一部分。例如,波导905可以与波导182、184、186、188、190中的一者对应,耦出光学元件1009可以与显示系统100的光提取光学元件282、284、286、288、290对应。

[0075] 显示器700被配置为使得由光线903i1、903i2和903i3(分别为实线、虚线和双点划线)表示的不同波长的入射光通过耦入光学元件1007耦入波导905中。可以从图像注入设备(诸如图4所示的图像注入设备200、202、204、206、208中的一者)投射到波导905的入射光。耦入光学元件1007可以被配置为以适当的角度将入射光的波长耦入波导905中,该角度支持借助全内反射(TIR)传播通过波导905。

[0076] 光分布元件1011可以被设置在光路中,不同波长的光903i1、903i2和903i3沿着该光路传播通过波导905。光分布元件1011可以被配置为将来自耦入光学元件1007的一部分光重定向到耦出光学元件1009,从而扩大沿着传播方向的相互作用的光束尺寸。因此,光分布元件1011可以有利于扩大显示器700的出射光瞳。在一些实施例中,光分布元件1011因此可以用作正交光瞳扩展器(OPE)。

[0077] 耦出光学元件1009可以被配置为以适当的角度(例如,在z方向上)和效率将入射在元件1009上的入射光重定向到波导905的x-y平面之外,以促进正确覆盖在处于不同波长和不同深度平面的光,使得观看者可以感知具有良好视觉质量的彩色图像。耦出光学元件1009可以具有光焦度,该光焦度向通过波导905出射的光提供发散,使得由通过波导905出射的光形成的图像看起来(对观看者)源自特定深度。耦出光学元件1009可以扩大显示器700的出射光瞳,并且可以被称为将光导向观看者眼睛的出射光瞳扩展器(EPE)。

[0078] 耦入光学元件1007、耦出光学元件1009和光分布元件1011各自可包括一个或多个光栅,例如模拟表面浮雕光栅(ASR)、二元表面浮雕结构(BSR)、体全息光学元件(VHOE)、数字表面浮雕结构和/或体相全息材料(例如,以体相全息材料记录的全息图),或可切换衍射光学元件(例如,聚合物分散液晶(PDLC)光栅)。也可以使用被配置为提供本文公开的功能的其它类型的光栅、全息图和/或衍射光学元件。在各种实施例中,耦入光学元件1007可包括一个或多个光学棱镜,或包括一个或多个衍射元件和/或折射元件的光学部件。可以通过使用诸如注射压缩成型、UV复制或衍射结构纳米压印之类的制造方法将各组衍射或光栅结构设置在波导上。

[0079] 耦入光学元件1007、耦出光学元件1009或光分布元件1011不需要是单个元件(例如,如图7A、图7B和图8示意性示出的),并且每个这样的元件可以包括多个这样的元件。这些元件可以被设置在波导905的表面905a、905b中的一个(或两个)上。图7A、图7B和图8所示的示例中,耦入光学元件1007、耦出光学元件1009和光分布元件1011被设置在波导905的表面905a上。

[0080] 光分布元件1011可以被邻近波导905的第一表面905a或第二表面905b设置。在各种实施例中,光分布元件1011可以被设置成与耦出光学元件1009间隔开,尽管在一些实施例中光分布元件1011不需要这样配置。光分布元件1011可以与波导905的第一表面905a或第二表面905b中的一者或两者集成。在一些实施例中,如本文所公开的,光分布元件1011可以被设置在波导905的主体中。

[0081] 在一些实施例中,一个或多个波长选择滤光器可以与耦入光学元件1007、耦出光学元件1009或光分布元件1011集成或与这些元件邻近设置。图7A所示的显示器700包括波长选择滤光器1013,其被集成在波导905中或表面上。波长选择滤光器可以被配置为衰减在波导905中可能沿各个方向传播的一个或多个波长的光的部分。如本文将进一步描述的,波长选择滤光器可以是吸收滤光器,诸如色带吸收器或分布式开关(例如,电光材料)。

[0082] 使用波长选择滤光器的波导的示例

[0083] 光可以被分成多个组分颜色(例如,红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)),并且可能需要将不同组分颜色发送到波导组件的不同层。例如,波导组件的每个深度平面可以与一个或多个层对应以显示特定颜色的光(例如,R、G和B层)。作为示例,具有三个深度平面的波导组件,每个深度平面包括三种颜色(例如,R、G和B),将包括九个波导层。其它数量的深度平面和/或每个深度平面的颜色层是可用的。波导组件可以被配置为将适当颜色的光发送到特定深度平面中的特定层(例如,红色光用于特定深度平面中的红色层)。可能需要在特定颜色层(例如,红色层)中传播的光基本上全部为所需颜色(例如,红色),而在该颜色层中几乎不混合其它颜色(例如,蓝色或绿色)。如下面将进一步描述的,波导组件的各种实施方式可以被配置为滤除特定波导层中的不需要的波长光,使得基本上仅单一颜色(所需颜色)在该层中传播。一些这样的实施方式可以有利地不同颜色层之间提供更好的颜色分离,并且导致显示器更准确的颜色表示。因此,滤色器可被用于在不同深度平面处滤除不需要的组分颜色。

[0084] 如参考图7A所述,第一耦入光学元件层1007处的某些波长的光被偏转(例如,折射、反射或衍射)到第一波导中。在一些设计中,耦入光学元件1007包括两个或更多个耦入光学元件。例如,光可以被第一耦入光学元件偏转到波导堆叠的第一波导中,而其它波长可以被透射到耦入光学元件的其它层以被导向堆叠中的其它波导。例如,第一耦入光学元件层可以被配置为将红光偏转到第一波导(被配置为用于红光)中,同时将其它波长(例如,绿色和蓝色)透射到波导堆叠的其它层。

[0085] 然而,耦入光学元件可能不总被完美地被配置为偏转处于给定波长的所有光或者透射处于其它波长的所有光。例如,虽然第一耦入光学元件层可以被配置为主要偏转红光,但是物理限制可能无意中导致第一耦入光学元件层将一定量的其它波长(例如,绿色和蓝色)偏转到堆叠的第一波导中。类似地,一些红光可以通过第一耦入光学元件层透射到耦入光学元件的其它层,并且被偏转到关联波导中(例如,偏转到绿色和蓝色波导中)。

[0086] 为了补偿这些缺陷,波导堆叠的一个或多个部分可以包括被配置为滤除或衰减不需要的波长或隔离所需波长的区域。例如,第一波导可以被配置为传播红光,因此该波导可以包括被配置为衰减绿光和蓝光以隔离红光的区域(例如,着色或染色区域)。在一些实施方式中,光分布元件1011包括着色或染色区域,或被包括在着色或染色区域中。

[0087] 光分布元件1011中和周围的区域可以提供比可以传播光的耦入光学元件1007更大的体积。在光分布元件1011的区域中提供滤光功能可以允许光操纵动作(例如,滤光)在较长的路径长度上操作(这使得滤光更有效)和/或减少沿主光路(例如,耦入光学元件1007和耦出光学元件1009)的干扰。

[0088] 图8是示意性地示出包括波导905的显示器700的示例的俯视图,该显示器大致类似于图7A和图7B所示的显示器。波导906包括耦入光学元件1007、光分布元件1011和耦出光

学元件1009。波导905还包括波长选择区域924,该区域可以选择性地传播某些波长的光,同时选择性地衰减其它波长的光。例如,波长选择区域可以包括滤色器。在图8所示的示例中,波长选择区域924可以被设置在光分布元件1011中或周围的波导905的区域中和/或分布在这些区域中。例如,从耦合入光学元件1007接收的光可以由波长选择区域924选择性地滤光,然后再被传播到耦合出光学元件1009。

[0089] 波长选择区域924表示波导905的一部分,该波导在至少一些部分中包括分布式滤光器和/或切换材料。在一些实施例中,波长选择区域924包括多个波长选择区域。如图8中的示例所示,波长选择区域924表示包括波长选择滤光器的光路的唯一部分,使得例如耦合入光学元件1007和耦合出光学元件1009不包括波长选择滤光器。因为从耦合出光学元件1009出射的光可以包括来自世界144的光,所以耦合出光学元件1009可以不包括波长选择区域,使得来自世界的光不染色或着色。类似地,为了保持入射到耦合入光学元件1007中的光的成分,耦合入光学元件1007还可以选择性地不针对波长可选。

[0090] 对光分布元件1011的层,而不是对耦合入光学元件1007的层或耦合出光学元件1009的层进行着色或染色可能是有利的。如果光在进入耦合入光学元件1007之前被着色,这可能会衰减耦合入光的强度。如果耦合入光学元件1007被着色,则光可以被耦合到错误的波导。如果耦合出光学元件1009被着色,则传播通过显示器700的来自外部世界的光可以被着色或过滤,这可能导致对外部世界的观看者感知的失真。在某些设计中,这些示例中的每一者都是不期望的

[0091] 图9示出了示例波导堆叠1200的透视图。沿着图9的轴线A-A'的视图大致类似于图7B所示的视图。在该示例中,波导堆叠1200包括波导1210、1220和1230。光分布元件层1210、1220、1230可与图8中的光分布元件1011对应。如图所示,每个波导可以包括耦合入光学元件关联层,例如,设置在波导1210的表面(例如,底部表面)上的耦合入光学元件层1212、设置在波导1220的表面(例如,底部表面)上的耦合入光学元件层1224和设置在波导1230的表面(例如,底部表面)上的耦合入光学元件层1232。耦合入光学元件层1212、1222、1232中的一者或多者可以被设置在相应波导1210、1220、1230的顶部表面上(特别是在一个或多个耦合入光学元件层是光透射和/或光偏转的情况下)。类似地,其它耦合入光学元件1222、1232可以被设置在器相应波导1220、1230的底部表面上(或者设置在下一下行波导的顶部表面上)。在一些设计中,耦合入光学元件层1212、1222、1232被设置在相应波导1210、1220、1230的体积中。

[0092] 耦合入光学元件1212、1222、1232可以包括波长选择滤光器,诸如选择性地反射、折射、透射和/或衍射一个或多个波长的光,同时透射、衍射、折射和/或反射其它波长的光的滤光器。波长选择滤光器的示例包括滤色器,例如染料、着色剂或染色剂。波长选择滤光器可包括二向色滤光器、布拉格(Bragg)光栅或偏振器。波长选择滤光器可以包括带通滤光器、短波通滤光器或长波通滤光器。一些波长选择滤光器可以是电可切换的。虽然耦合入光学元件层1212、1222、1232被示出在它们相应的波导1210、1220、1230的一侧或角上,但是在其它实施例中,耦合入光学元件层1212、1222、1232可以被设置在它们相应的波导1210、1220、1230的其它区域中。波导1210、1220、1230可以由气体(例如,空气)、液体和/或固体材料层间隔并分开。

[0093] 继续参考图9,光线1240、1242、1244入射在波导堆叠1200上。波导堆叠1200可以是显示系统100(图4)中的波导堆叠的一部分。例如,波导1210、1220、1230可以与波导182、

184、186、188、190中的三个波导对应,并且光线1240、1242、1244可以被一个或多个图像注入设备200、202、204、206、208注入波导1210、1220、1240。

[0094] 在某些实施例中,光线1240、1242、1244具有不同的特性,例如,不同的波长或波长范围,其可以对应于不同颜色。耦合光学元件层1212、1222、1232可以被配置为基于光的特定特征或特性(例如,波长、偏振)选择性地偏转光线1240、1242、1244,同时透射不具有该特性或特征的光。在一些实施例中,耦合光学元件层1212、1222、1232分别选择性地偏转一个或多个特定波长的光,同时透射其它波长。未偏转的光可以传播到不同波导和/或波导层中。

[0095] 例如,耦合光学元件层1212可以被配置为选择性地偏转具有第一波长或第一波长范围的光线1240,同时透射分别具有不同的第二波长或第二波长范围和第三波长或第三波长范围的光线1242和1244。如图9所示,偏转的光线1240、1242、1244被偏转为传播通过对应波导1210、1220、1230传播;也就是说,每个相应波导的耦合光学元件层1212、1222、1232将光耦合(例如,偏转到)对应的波导1210、1220、1230中。光线1240、1242、1244以导致光传播通过相应的波导1210、1220、1230传播(例如,通过TIR)的角度偏转。

[0096] 光线1240、1242、1244入射在对应的光分布元件层1214、1224、1234上。光分布元件层1214、1224、1234使光线1240、1242、1244发生偏转,使得光线朝向对应的耦合光学元件层1250、1252、1254传播。

[0097] 在一些实施例中,可以提供角度修改光学元件1260以改变光线1240、1242、1244照射耦合光学元件层的角度。角度修改光学元件可以使光线1240、1242、1244以适合于TIR的角度照射在对应的耦合光学元件1212、1222、1232层上。例如,在一些实施例中,光线1240、1242、1244可以以垂直于波导1210的角度入射在角度修改光学元件1260上。角度修改光学元件1260然后改变光线1240、1242、1244传播方向,使得它们以相对于波导1210的表面小于90度的角度照射耦合光学元件层1212、1222、1232。角度修改光学元件1260可以包括光栅、棱镜和/或反射镜。

[0098] 图10A是示意性地示出示例显示器的侧视图,其中光分布元件1011的两个波导1210、1220包括滤色器1060a、1060b。光分布元件1011的给定实施例中的波导数量可以大于或小于两个。当光束1360进入显示器时,部分光被偏转到第一波导1210中,而一些光继续传播直到它被偏转到第二波导1220中。入射光束1360(例如,白光)可包括多个波长的光1354、1358(由图10A中的不同划线图案表示),这些波长可包括波长 λ_1 和 λ_2 。组分光束的数量可以大于或少于两个。例如, λ_1 和 λ_2 可以表示被注入显示器的不同颜色的光(例如,蓝色和绿色)。可以通过 λ_1 和 λ_2 描述颜色的任何组合。入射光束1360可以包括可见光,或者在各种实施方式中,可以包括诸如红外光或紫外光之类的不可见光。

[0099] 如图10A中的示例所示,波导1210、1220包括滤色器1060a、1060b。每个波导1210、1220可以与特定设计波长相关联。这可以意味着与设计波长相关联的波导包括耦合光学元件,该耦合光学元件被配置为将处于设计波长的光偏转到关联的光分布元件层和/或关联的波长选择区域被配置为衰减不在该设计波长处的光。如图10A所示,例如,第一波导1210可以具有 λ_1 作为设计波长,第二波导1220可以具有 λ_2 作为设计波长。在该示例中,第一耦合光学元件层1212将被配置为将 λ_1 偏转到第一光分布元件层1214,并且第二耦合光学元件层1222被配置为将 λ_2 偏转到第二光分布元件1224层。

[0100] 可以设计或调整滤色器1060a、1060b以净化或隔离对应波导1210、1220的所需波

长或波长组。可替换地,滤色器1060a、1060b可以衰减不需要的波长。例如,第一滤色器1060a可以包括衰减红光的着色剂。类似地,第二滤色器1060b可以包括衰减绿光的着色剂。滤色器1060a、1060b可以选择性地为电可切换的,使得它们在开启时衰减光并且在关断时不衰减光。滤色器的示例包括被染色、着色或上色的材料。滤色器可以选择性地包括二向色滤光器或布拉格光栅。

[0101] 贯穿本公开,涉及给定颜色的光将被理解为包含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620nm至780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约492nm至577nm范围内的一个或多个波长的光,以及蓝光可以包括在约435nm至493nm的范围内一个或多个波长的光。本文描述的波导可以被配置为在不可见的波长带上操作,例如红外线或紫外线。类似地,在各种实施方式中,术语“波长”应被理解为表示“单个波长”或“波长范围”。例如,由 λ_1 表示的波长可以表示蓝光,其可以包括在约450nm至470nm范围内的一个或多个波长的光。

[0102] 如图10A所示,每个波导1210、1220可以与特定的滤色器1060a、1060b相关联。当入射光束1360进入耦合光学元件1007并到达第一耦合光学元件层1212时,第一组分光束1354由于其波长 λ_1 而被至少部分地偏转(例如,折射,反射或衍射)。在一些情况下,未偏转的第一组分光束1354b由于其 λ_1 可以至少部分地透射通过第一耦合光学元件层1212,不与第一耦合光学元件层1212完全进行光学交互。当入射光束1360到达第一耦合光学元件层1212时,第二组分光束1358由于其波长 λ_2 而被至少部分地透射。在一些情况下,一定量的未透射的第二组分光束1358b可以由于其 λ_2 而至少部分地偏离第一耦合光学元件层1212,并且与第一耦合光学元件层1212进行光学交互。

[0103] 继续参考图10A,在某些实施例中,第一合成光束1360a包括第一目标光束1354a和未透射的第二组分光束1358b,第一目标光束1354a在第一波导1210的设计波长处,未透射的第二组分光束1358b不在第一波导的设计波长处。在某些实施例中,为了衰减未透射的第二组分光束1358b的强度,第一波导1210包括如本文所述的第一滤色器1060a。至少部分地由于第一滤色器1060a,如图10A示意性地示出的,未透射的第二组分光束1358b的强度可以在其传播通过第一波导1210时被衰减。在某些实施例中,未透射的第二组分光束1358b的强度相对于第一目标光束1354a被衰减。第一光分布元件层1214可以被配置为将第一目标光束1354a偏转到耦合光学元件(未示出)的关联层。

[0104] 类似地,在一些实施例中,第二合成光束1360b可以包括第二目标光束1358a和未偏转的第一组分光束1354b,第二目标光束1358a在第二波导1220的设计波长处,未偏转的第一组成光束1354b不在第二波导1220的设计波长处。在某些实施例中,为了衰减未偏转的第一组分光束1354b的强度,第一波导1210包括如本文所述的第二滤色器1060b。至少部分地由于第二滤色器1060b,如图10A示意性地示出的,未偏转的第一组分光束1354b的强度可以在其传播通过第二波导1220时被衰减。在某些实施例中,未偏转的第一组分光束1354b的强度相对于第二目标光束1358a被衰减。第二光分布元件层1224可以配置为将第二目标光束1358a偏转到耦合光学元件(未示出)的关联层。

[0105] 光1360可以进入波导堆叠并且被耦合入第一波导1210的近侧表面。第一耦合光学元件层1212可以被设置在第一波导1210的远侧表面上和/或被设置在第二波导1220的近侧表面上。在一些设计中,第一耦合光学元件层1212被设置在第一波导1210的体积内。第一耦合入

光学元件层可以被平行于第一波导1210的近侧表面和远侧表面中的一者或两者设置。如图所示,第一波导的近侧表面和远侧表面彼此平行。在一些配置中,近侧表面可以不平行于远侧表面。第一耦合光学元件层1212可以相对于第一波导1210的远侧表面和/或近侧表面成一角度设置。

[0106] 图10B示意性地示出了示例显示器的侧视图,其中两个波导1210、1220包括分布式切换材料1070a、1070b。给定实施例中的波导数量可以大于或小于两个。在某些实施例中,波导1210、1220包括分布式滤光器和/或切换材料,诸如切换材料1070a、1070b。切换材料的示例包括二向色滤光器、电可切换玻璃和电可切换反射镜。切换材料1070a、1070b可以以电子的方式切换以修改例如光的亮度、偏振、反射角或折射角。一些切换材料还可包括电致变色、光致变色、热致变色、悬浮颗粒或微盲材料,或聚合物分散液晶。例如,电致变色元件可被用于修改光的亮度和/或强度。作为又一示例,聚合物分散液晶光栅或其它可调光栅可被用于修改光传播通过波导的角度。可以设计或调整切换材料以衰减不需要的颜色或波长的光。例如,第一切换材料1070a可以包括通过破坏蓝光的传播来衰减蓝光的滤光器。作为第二示例,第一切换材料1070a可以包括通过破坏处于这些波长的光的传播来衰减非蓝色光的滤光器。在一些实施例中,切换材料1070a、1070b可以以电子的方式切换以在其开启时衰减光并且在关断时不衰减光。光的传播可以被破坏,例如通过使光被吸收,通过以防止光经由全内反射传播的方式改变材料的折射率,和/或通过基本改变光的路径角度。

[0107] 第一切换材料1070a可以被设置为第一波导1210的远侧表面上的层,如图10B所示,和/或在第二波导1220的近侧表面上(例如,在堆叠波导配置中)的层。在一些设计中,第一切换材料1070a被设置在第一波导1210的近侧表面上。如图所示,第一切换材料1070a可以平行于波导的近侧表面设置。在一些设计中,第一切换材料1070a以相对于波导1210的远侧和/或近侧表面的一定角度定向。第一切换材料1070a可被设置在第一波导1210的体内。例如,切换材料可以沿着与第一波导1210的一个或多个表面相交的平面设置和/或可以设置在第一波导材料的体内(例如,贯穿整个体积)(例如,混合和/或图案化到第一波导材料中)。第一切换材料1070a可以包括改变某些波长范围内的光的折射率和/或吸收率的材料。

[0108] 如图10B所示,第一切换材料可以沿垂直于入射光线1360的平面和/或平行于第一耦合光学元件层1212的平面设置。在一些设计中,第一切换材料沿着第一波导1210两个或多个表面设置,例如相邻表面和/或相对表面(例如,近侧和远侧表面)。

[0109] 分布式切换材料可被用于转向光束(例如,在由耦合光学元件耦合出之前)。光束转向可以允许扩展用户的视场。在一些示例中,聚合物分散液晶光栅或其它可调光栅可以被实现为分布式切换材料并且被用于通过修改TIR波导光的角度、耦合光学元件耦合出光束的角度,或它们的组合来执行光束转向。切换材料可被用于调制从上游部件(例如,光源、LCoS)接收的光。光分布元件的不同波导或层可以独立地进行电切换(例如,通过控制器210)。例如,可以有利地调制一个波导中光,同时允许第二波导中的光未经调制地传播。因此,在一些实施例中,通常由上游部件执行的调制过程可以通过分布式开关的策略控制在波导堆叠处执行。因此,通过控制关联的分布式开关,可以逐波导地启用或禁用耦合出。

[0110] 在一些实施例中,一个或多个超表面(例如,由超材料制成)可以被用于光束控制(例如,光束转向)。有关超表面和在本公开的各种实施例中可用作分布式切换材料的超材料的进一步信息可以在美国专利公开NO.2017/0010466和/或美国专利公开NO.2017/

0010488中找到,这两个专利的全部内容在此通过引用并入此文。

[0111] 图11示出了具有多个滤光器区域1104的示例波导1210的示意图。滤光器区域1104可以是滤色器和/或切换材料。其它波长选择滤光器也可以存在于波导1210中。滤光器区域1104可以包括本文所述的任何体积式光学滤光器。

[0112] 波长多路复用显示器的示例

[0113] 可以通过波长多路复用将包括光束的波长滤入一系列波导中。波长多路复用可以允许图像被同时发送到不同的波导,例如,通过同时使用或调制处于不同波长的激光二极管。这可以产生解决不同显示波导的简单切换方法。这样可以实现丰富的光场,其中光子看起来为同时从不同的深度平面到达。

[0114] 如本文所述,显示器中的每个波导可以与图像的特定深度平面对应。对于单色深度平面,深度平面可能只需要一个波导。然而,对于可以创建多色图像的深度平面,每个深度平面可以与被配置为显示不同颜色的波导堆叠相关联。例如,每个深度平面可以包括与红(R)光、绿(G)光和蓝(B)光相关联的三个波导堆叠。为了实现这一点,可能需要将光分成单独的颜色(例如,红色、绿色、蓝色)以及分成多个子颜色。

[0115] 如本文使用的,子颜色是指基本上落入关联颜色所包含的波长范围内的波长或波长范围。例如,绿色可以跨约495nm至570nm的波长范围。因此,人眼倾向于将那些主要包含该范围内的波长的波长识别为绿色。继续这个示例,绿色子颜色可以包括从500nm到510nm,从525nm到560nm,从555nm到560nm等的波长范围。人们在观看峰值强度彼此相近的子颜色时,可以看到基本相同的颜色。一种颜色内的子颜色具有在该颜色的波长范围内的波长子范围,并且不同的子颜色具有在波长中可能至少部分地重叠或可能不至少部分地重叠的不同波长子范围。

[0116] 图12示出了颜色2200内的一系列子颜色2204的示例。如图12所示,颜色2200跨过约495nm至570nm的波长。例如,该颜色代表绿光源,峰值强度约为530nm。这种颜色的强度分布的形状和尺寸仅仅是一个示例,可以采用其它形状和尺寸。

[0117] 颜色2200的子颜色2204示出了仍可被人类观看者视为“绿色”的其它强度分布的示例。每个子颜色2204的曲线的宽度2212比颜色2200的宽度窄。每个子颜色2204可以具有宽度2212和峰值波长2208,但是为了清楚起见,没有针对每个子颜色标记宽度2212和峰值波长2208。每个子颜色的宽度2212可以由例如半高全宽(FWHM)表示。每个子颜色2204的峰值波长2208之间的距离可以在约1nm至120nm之间。在一些实施例中,峰值波长之间的距离可以在约10nm至80nm的范围内。在一些实施例中,峰值波长之间的距离可以在约15nm至50nm之间。每个子颜色2204的宽度2212可以在约3nm至35nm之间,约5nm至55nm之间,小于20nm,小于30nm,小于40nm,或具有一些其它宽度。可以基于显示设备的多路复用特性来选择子颜色的数量和宽度。

[0118] 继续参考图12,颜色2200近似于高斯(Gaussian)曲线,尽管其它曲线和光束分布也是可能的。如图12所示,颜色2200可以通过其峰值波长2216和宽度2220(例如,半高全宽(FWHM))来描述。宽度2216可根据不同实施例而变化。例如,宽度2216的范围可以在约40nm至220nm之间。在一些实施例中,宽度可以在约15nm至120nm之间,在约60nm至160nm之间,在约45nm至135nm之间,小于10nm或大于175nm。

[0119] 一些实施例允许使用可见光谱之外的颜色范围(例如,紫外线、红外线)。部分地由

于此原因,在各种实施例中,描述颜色宽度与子颜色宽度的关系是有意义的。例如,在一些实施例中,颜色宽度2216与子颜色宽度2208的比率可以在约2至5的范围内。在一些实施例中,该比率可以在约4至12之间,在约10至25之间,小于2,或大于25。

[0120] 贯穿本公开,涉及给定颜色的光包含被观看者感知为具有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620nm至780nm范围内的一个或多个波长的光,绿光可以包括在约495nm至570nm范围内的一个或多个波长的光,以及蓝光可以包括在约435nm至495nm范围内的一个或多个波长的光。本文描述的波导可以被配置为不可见的波长带上操作,例如红外线或紫外线。在各种实施方式中,术语“波长”可以意味着“单个波长”或“波长范围”。

[0121] 图13示意性地示出了示例堆叠波导组件178的侧视图。图13示出了两个波导堆叠960a、960b。在其它实施方式中可以存在两个以上的波导堆叠。如图13所示,每个波导堆叠960a、960b包括三个波导,但是波导堆叠960a、960b可以包括一个、两个、四个或更多个波导,并且不受图13中的图示的限制。每个波导堆叠960a、960b可以产生不同的深度平面306,如图13所示。

[0122] 在一些实施例中,波导堆叠960a、960b可各自与光场显示器中的特定深度平面相关联。例如,波导堆叠960a可被用于显示在距穿戴者第一距离处可感知的图像,并且波导堆叠960b可被用于显示在距穿戴者第二距离处可感知的图像,其中第二距离不同于第一距离。每个波导堆叠960a、960b可以被设计为显示一种或多种颜色。在图13所示的示例中,每个堆叠960a、960b包括用于三种不同颜色(例如,红色、绿色和蓝色)的三个波导。

[0123] 如图13所示,每个波导堆叠可以与特定的子颜色相关联。例如,第一波导堆叠960a可以与三种不同颜色(例如,蓝色、绿色和红色)的第一子颜色相关联。如图13所示,第一光线对952a、952b可以表示同一颜色的两个子颜色。例如,第一光线952a、952b对可以表示蓝色的两个子颜色的光,例如440nm和450nm的光。

[0124] 堆叠波导组件178中的每个波导可以被配置为接收处于特定设计波长的光。通常,设计波长与特定的子颜色对应。如图13所示,每个波导962a、966a、968a、962b、966b、968b可包括对应的耦合光学元件1007a、1007b、1007c、1007d、1007e、1007f。耦合光学元件1007包括耦合光学元件1007a、1007b、1007c、1007d、1007e、1007f。每个耦合光学元件1007a、1007b、1007c、1007d、1007e、1007f可以被配置为将设计波长偏转到对应的波导962a、966a、968a、962b、966b、968b中。

[0125] 参考图13所示的波导堆叠,将正确颜色的光传播到正确的深度平面中的正确的色平面可能具有挑战性。例如,显示器可以尝试显示距显示器的观看者特定深度的蓝色对象。在图13中,光线952a和952b可表示蓝光的传播。如果应当在第一深度平面(例如,960a)处显示的蓝光(例如,光线952a)的一小部分被错误地导向不同的深度平面(例如,960b),则显示给波导905的观看者的最终图像将无法精确地反映图像中蓝色对象的深度。类似地,如果应当在波导堆叠960a中的蓝色层(例如,层962a)处显示的蓝光的一小部分被错误地导向红色或绿色层(例如,层966a、968a),则蓝色对象的颜色将无法准确显示给观看者。将特定颜色的光错误地导向“错误”层的一个可能原因是衍射光栅不是100%有效的,衍射光栅可被用于将光从入射方向(例如,如图13所示向下方向)衍射到波导层中的传播方向(例如,如图13所示的水平方向)。而且,光栅经常衍射跨宽光谱的波长的光,并且可能影响非预期波长的

光。例如,被调节为衍射一种颜色(例如,红色)的光的光栅可能衍射其它颜色(例如,蓝色或绿色)的光。因此,例如,应当由耦合光学元件1007a导入层926a的光线952a中的一小部分光可以穿过耦合光学元件1007a并被导入波导的一个(或多个)其它层。类似的考虑适用于输入到耦合光学元件1007的绿光或红光。

[0126] 因此,显示器的某些实施例使用波长多路复用技术将光导入波导中的适当层。例如,用于蓝色光线952a和952b的波长可以彼此略微不同,并且表示蓝色的不同子颜色。类似地,用于绿色光线956a和956b的波长可以彼此略微不同,并且表示绿色的不同子颜色。最后,用于红色光线958a和958b的波长可以彼此略微不同,并且表示红色的不同子颜色。耦合光学元件1007a至1007f可以被配置为将适当波长的光严格地重定向到波导组件中的对应层中。穿过耦合元件的光被不同耦合元件错误引导的可能性将非常低,因为不同的元件被配置为重定向不同的波长范围。

[0127] 例如,蓝色光线952a可以以约435nm的波长范围(例如,第一蓝色子颜色)为中心,而蓝色光线952b可以以约445nm的不同波长范围(例如,第二个蓝色子颜色)为中心。耦合光学元件1007a可以被配置为重新定向第一蓝色子颜色的蓝光,而耦合光学元件1007d可以被配置为重新定向第二蓝色子颜色的蓝光。以这种方式,蓝色光线952a被优选地重定向到层962a中,而蓝光线952b被优选地重新定向到层962b中。类似的考虑适用于绿色光线956a、956b的不同绿色子颜色和红色光线958a、958b的不同红色子颜色的使用。

[0128] 以上仅是示例,并且如图12所示,可以使用特定颜色的许多不同的子颜色将该颜色的光多路复用到波导905的适当层中。可以选择子颜色的波长范围的宽度,使得耦合光学元件可以有效地将子颜色重新定向到适当的层中。同样,可以选择耦合光学元件的特性(例如,衍射光栅周期)以有效地重新定向适当子颜色的光。

[0129] 进一步参考图13,第一波导堆叠960a可以耦合三种颜色(诸如蓝色、绿色和红色)的第一子颜色。类似地,第二波导堆叠960b可以耦合三种颜色的第二子颜色。例如,每个堆叠的第一波导962a、962b可以被配置为接收第一颜色(诸如,蓝色)的第一子颜色和第二子颜色。类似地,每个堆叠的第二波导966a、966b可以被配置为接收第二颜色(诸如,绿色)的第一子颜色和第二子颜色。

[0130] 在某些实施例中,同一颜色的子颜色可以传播通过相邻的波导。这种波导可以形成专用于特定颜色的波导堆叠。例如,第一波导可以具有作为设计波长的蓝色的第一子颜色,并且第二波导可以具有作为设计波长的蓝色的第二子颜色。第三波导可以具有第二颜色(例如,绿色)的第一子颜色。因此,第一波长(例如,蓝色)的子颜色可以被分组到第一波导堆叠中,并且第二波长(例如,绿色)的子颜色可以被分组到第二波导堆叠中。

[0131] 波导堆叠的数量可以大于两个,并且每个波导堆叠内的波导的数量可以是两个或更多个。图13所示的每个波导堆叠的三个设计波长波导作为三基色(例如蓝色,绿色和红色)中的每一者的一种颜色被耦合入各自波导堆叠中的示例。然而,这并非旨在限制波导、波导堆叠或可以耦合入的颜色类型的数量。

[0132] 一旦处于对应波长的颜色的光被耦合入对应的设计波长波导中并且耦合出耦合光学元件980,光就传播通过对应的波导962a、966a、968a、962b、966b、968b传播。沿着处于设计波长的光的光路存在对应的光分布元件1011a、1011b、1011c、1011d、1011e、1011f。对应的光分布元件1011a、1011b、1011c、1011d、1011e、1011f可以将处于对应设计波长的光偏转到

耦出光学元件(未示出)的对应层。耦出光学元件的对应层被配置为将对应设计的光耦出堆叠波导组件。

[0133] 图14示意性地示出了具有初步滤光系统1080的示例堆叠波导组件178的侧视图。初步滤光器1080可被用于提供第一级颜色选择过程。初步滤光系统1080可包括多个光学元件1084a、1084b、1088a、1088b,诸如光栅、反射镜、棱镜和其它折射和/或反射元件。滤光系统1080也可包括衍射光学元件。这里仅通过示例的方式示出了光学元件的精确数量和配置,并且光学元件的数量和配置可以根据需要进行改变。滤光系统1080可被用于将不同波长的光导向波导905的不同颜色层或深度平面。

[0134] 具有波长多路复用和波长选择滤光的显示系统的示例

[0135] 波导显示系统中可以包括波长多路复用和波长选择滤光器这两项特征。波长多路复用波导组件可包括一个或多个波长选择滤光器。图15A示出了具有分布式滤光器1502a、1502b、1502c、1502d、1502e、1502f的图13的波导组件178。分布式滤光器可包括本文所述的任何光学滤光器,例如,吸收滤光器、折射滤光器、衍射滤光器和/或反射滤光器。滤光器可以是滤色器(例如,针对特定波长范围进行选择)。吸收滤光器的示例包括着色剂、染料或染色剂。折射滤光器包括基于不同波长的光的不同折射率进行滤光的光学元件。衍射滤光器的示例包括光栅。反射滤光器的示例包括二向色镜。光学滤光器可包括偏振器。因此,波导962a至968a(和波导962b至968b)可以执行颜色(或子颜色)滤光,如参考图10A所述。在这样的实施例中,耦入光学元件1007可以执行较少的波长滤光,因为对应的波导包括可以提供部分或全部波长滤光的分布式滤光器。

[0136] 图15B示出了具有分布式开关1506a、1506b、1506c、1506d、1506e、1506f的图13的波导组件178。分布式开关可包括本文描述的任何滤光器。分布式开关可包括电可切换层和/或电可切换体。电可切换材料的示例包括可切换二向色镜、可切换反射镜、可切换光栅、可切换全息图、可切换玻璃和可切换偏振器。分布式开关可包括聚合物分散液晶或其它液晶组件(例如,硅基液晶(LCoS))。如本文其它地方进一步描述的,可切换材料可以被切换以改变材料的反射、吸收、折射、衍射和/或偏振质量。例如,电信号可以使材料在传播蓝光(例如,经由TIR)的同时衰减(例如,吸收、偏转掉)红光。作为又一示例,偏振器可以被配置为基于电信号接通或关断。例如,偏振器可包括胆甾相液晶元件。其它配置也是可能的。

[0137] 如图15B所示,分布式开关1506a、1506b、1506c、1506d、1506e、1506f可以沿对应的波导962a、966a、968a、962b、966b、968b的表面设置。这样的表面可以距入射光1360的远侧表面,如图15B所示,但是其它表面(例如,光1360的近侧表面、垂直于近侧表面的表面)也是可能的。在一些实施例中,可切换材料贯穿对应波导的体积(例如,体内)设置。可切换层可以沿平面设置在对应的波导内,该平面不平行于该波导的任何表面。例如,可切换材料可以被设置在不与波导表面共面的层上。在一些实施例中,波导组件178可包括分布式滤光器1502a至1502f和分布式开关1506a至1506f的组合。

[0138] 诸如图15A和图15B所示的示例之类的波导组件178可利用分布式滤光器1502a至1502f或分布式开关1506a至1506f在一个或多个波导962a至968b内执行子颜色滤光。以这种方式,耦入光学元件1007的波长选择性可小于仅使用分布式滤光或分布式切换中的一者或另一者的波导组件实施例178,这可以有利地减少沿着穿过堆叠中每个波导的光路的劣化。

[0139] 示例色域

[0140] 图16是具有x-y轴(例如,归一化三色值)的国际照明委员会(CIE)色度图1100,其描述了感知颜色的假设性人类视觉响应色域1152。每个波导堆叠960a、960b可以表示对应色域1160a、1160b中的颜色,这些对应色域通常小于所有可感知颜色的整个色域1152。每个色域1160a、1160b的顶点与每个堆叠中的对应波导的颜色对应。例如,用于波导堆叠960a的色域1160a具有与由波导962a、966a和968a传播的颜色对应的顶点,并且用于波导堆叠960b的色域1160b具有与由波导962b、966b和968b传播的颜色对应的顶点。每个色域1160a、1160b具有关联的白点1192a、1192b(靠近每个色域的中心),该白点表示白色的色度。

[0141] 如从图16中可以看出,色域1160a、1160b基本上重叠,使得波导堆叠960a、960b中的每一者向显示器穿戴者呈现基本相同的颜色范围。然而,如上所述,由于波长多路复用,每个色域的对应该顶点相对与彼此略微移动。例如,用于波导堆叠960a的色域1160a的顶点1170a可以表示520nm附近的绿光,而用于波导堆叠960b的色域1160b的顶点1170b可以表示530nm附近的绿光。

[0142] 同时落入两个色域1160a、1160b内的颜色可以通过混合与定义第一色域1160a或第二色域1160b的顶点相关联的颜色来产生。为了产生给定颜色,第一色域1160a的每个顶点波长所需的比例可以不同于第二色域1160b的顶点所需的比例。

[0143] 在一些实施例中,选择与色域1160a、1160b的顶点对应的波长,使得白点1192a、1192b保持基本相同。例如,白点1192a与1192b之间的色差可以小于色彩空间中的最小可觉差(JND)(例如,在某些CIE色彩空间中小于约2.3)。在其它实施例中,可以选择对应于顶点的波长,使得两个色域1160a、1160b都包括白点1192a、1192b。在这些实施例中,顶点处的波长不完全由白点1192a、1192b确定。

[0144] 尽管图16被示出为具有两个色域1160a、1160b,但这是出于说明的目的而不是限制。通常,色域的数量将等于显示器中波导堆叠的数量,并且可以选择每个堆叠的多路复用波长,使得每个堆叠的对应白点基本上等于其它波导堆叠的白点。

[0145] 示例方面

[0146] 在第一方面,一种波导,包括耦入光学元件,所述耦入光学元件被配置为将光耦入所述波导,所述光包括第一波长和不同于所述第一波长的第二波长;光分布元件,所述光分布元件被配置为从所述耦入光学元件接收光,所述光分布元件包括波长选择区域,所述波长选择区域被配置为相对于处于所述第一波长的耦入光衰减处于所述第二波长的耦入光;以及耦出光学元件,所述耦出光学元件被配置为从所述光分布元件接收光并且将处于所述第一波长的光耦出所述波导。

[0147] 在第二方面,根据方面1所述的波导,其中,所述耦入光学元件包括光栅。

[0148] 在第三方面,根据方面1至2中任一项所述的波导,其中,所述波长选择区域包括滤色器。

[0149] 在第四方面,根据方面3所述的波导,其中,所述滤色器包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0150] 在第五方面,根据方面1至4中任一项所述的波导,其中,所述耦入光学元件不包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0151] 在第六方面,根据方面1至5中任一项所述的波导,其中,所述耦出光学元件不包括

染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0152] 在第七方面,根据方面1至6中任一项所述的波导,其中,所述波长选择区域包括电可切换的区域。

[0153] 在第八方面,根据方面1至7中任一项所述的波导,其中,所述波长选择区域包括聚合物分散液晶光栅。

[0154] 在第九方面,根据方面1至8中任一项所述的波导,其中,所述耦入光学元件、所述光分布元件或所述耦出光学元件包括衍射光学元件。

[0155] 在第十方面,根据方面9所述的波导,其中,所述衍射光学元件包括模拟表面浮雕光栅(ASR)、二元表面浮雕结构(BSR)、全息图或可切换衍射光学元件。

[0156] 在第十一方面,一种堆叠波导组件,包括根据方面1至10中任一项所述的第一波导,其中,相对于处于第一波长的耦入光衰减处于第二波长的耦入光;以及根据方面1至10中任一项所述的第二波导,其中,相对于处于所述第二波长的耦入光衰减处于所述第一波长的耦入光。

[0157] 在第十二方面,一种堆叠波导组件,包括第一波导,所述第一波导包括第一耦入光学元件、第一波长选择区域以及所述第一耦出光学元件,其中,所述第一耦入光学元件被配置为耦入处于第一波长的光,并将不在所述第一波长处的光耦出所述第一波导;其中,所述第一波长选择区域被配置为从所述第一耦入光学元件接收耦入光,并将所述耦入光传播到所述第一光分布元件,其中,所述第一波长选择区域被配置为相对于处于所述第一波长的耦入光衰减不在所述第一波长处的耦入光,其中,所述第一光分布元件被配置为将处于所述第一波长的耦入光耦出所述第一波长选择区域;以及所述第一耦出光学元件被配置为从第一光分布元件接收处于所述第一波长的耦入光,并且将不在所述第一波长处的耦入光耦出所述第一波导。所述堆叠波导组件包括第二波导,所述第二波导包括第二耦入光学元件、第二波长选择区域以及第二耦出光学元件,其中,所述第二耦入光学元件被配置为从所述第一耦入光学元件接收处于不同于所述第一波长的第二波长的入射光,将不在所述第二波长处的入射光耦出所述第二波导,并且耦入处于所述第二波长的入射光;以及所述第二波长选择区域被配置为从所述第二耦入光学元件接收耦入光,并将该耦入光传播到第二光分布元件,其中,所述第二波长选择区域被配置为相对于处于所述第二波长的耦入光衰减不在所述第二波长处的耦入光,并且其中,所述第二光分布元件被配置为将处于所述第二波长的耦入光耦出所述第二波长选择区域;以及所述第二耦出光学元件被配置为从所述第二光分布元件接收处于所述第二波长的耦入光,以及将不在所述第二波长处的耦入光耦出所述第二波导。

[0158] 在第十三方面,根据方面12所述的堆叠波导组件,其中,所述耦入光学元件、所述光分布元件,或所述耦出光学元件包括衍射光学元件。

[0159] 在第十四方面,根据方面13所述的堆叠波导组件,其中,所述衍射光学元件包括模拟表面浮雕光栅(ASR)、二元表面浮雕结构(BSR)、全息图或可切换衍射光学元件。

[0160] 在第十五方面,根据方面12至14中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述波长选择区域包括滤色器。

[0161] 在第十六方面,根据方面15所述的堆叠波导组件,其中,所述滤色器包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0162] 在第十七方面,根据方面12至16中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述耦入光学元件不包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0163] 在第十八方面,根据方面12至17中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述耦出光学元件不包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0164] 在第十九方面,根据方面12至18中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述波长选择区域包括电可切换的区域。

[0165] 在第二十方面,根据方面12至19中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述波长选择区域包括聚合物分散液晶光栅。

[0166] 在第二十一方面,一种显示光学图像的方法,所述方法包括将具有第一波长的光和具有不同于第一波长的第二波长的光耦入包括第一波导和第二波导的堆叠波导组件,所述第一波导包括第一波长选择区域和第一耦出光学元件,以及第二波导包括第二波长选择区域和第二耦出光学元件;在所述第一波长选择区域中相对于所述第一波长选择性地衰减处于所述第二波长的耦入光;在所述第二波长选择区域中相对于所述第一波长选择性地衰减处于所述第一波长的耦入光;将处于所述第一波长的耦入光耦合到所述第一耦出光学元件;将处于所述第一波长的耦入光耦合到所述第二耦出光学元件;以及将处于所述第一波长和所述第二波长的耦入光耦出所述堆叠波导组件。

[0167] 在第二十二方面,一种显示光学图像的方法,所述方法包括将具有第一波长的光和具有不同于所述第一波长的第二波长的光耦入波导;在第一波长选择区域中相对于所述第一波长选择性地衰减处于所述第二波长的耦入光;在第二波长选择区域中相对于所述第二波长选择性地衰减处于所述第一波长的耦入光;将处于所述第一波长的耦入光从第一光分布元件耦合到第一耦出光学元件;将处于所述第二波长的耦入光从第二光分布元件耦合到第二耦出光学元件;以及将处于所述第一波长的耦入光和处于所述第二波长的耦入光从所述耦出光学元件耦出。

[0168] 在第二十三方面,一种可穿戴显示系统,包括根据方面1至10中任一项所述的波导或根据方面11至20中任一项所述的堆叠波导组件,其中,所述可穿戴显示系统可由用户穿戴。

[0169] 在第二十四方面,根据方面23所述的可穿戴显示系统,其中,所述可穿戴显示系统可以被安装在所述用户的头部。

[0170] 在第二十五方面,根据方面23至24中任一项所述的可穿戴显示系统,其中,所述可穿戴显示系统被配置为向所述用户提供增强现实体验。

[0171] 在第二十六方面,一种波导,包括:耦入光学元件,所述耦入光学元件配置为将光耦入所述波导,所述光包括第一波长和不同于所述第一波长的第二波长;光分布元件,所述光分布元件被配置为从所述耦入光学元件接收光,并且经由全内反射传播光,所述光分布元件包括波长选择区域,所述波长选择区域被配置为相对于处于所述第一波长的耦入光衰减处于所述第二波长的耦入光;以及耦出光学元件,所述耦出光学元件被配置为从所述光分布元件接收光,以及将处于所述第一波长的光耦出所述波导。

[0172] 在第二十七方面,根据方面26所述的波导,其中,所述耦入光学元件包括光栅。

[0173] 在第二十八方面,根据方面26所述的波导,其中,所述波长选择区域包括染料、着色剂、染色剂、二向色滤光器或布拉格光栅。

[0174] 在第二十九方面,根据方面26所述的波导,其中,所述耦合入光学元件不包括波长选择滤光器。

[0175] 在第三十方面,根据方面26所述的波导,其中,所述耦合出光学元件不包括波长选择滤光器。

[0176] 在第三十一方面,根据方面26所述的波导,其中,所述波长选择区域包括电可切换的区域。

[0177] 在第三十二方面,根据方面31所述的波导,进一步包括控制器,所述控制器被配置为在开启状态和关断状态之间切换所述电可切换的区域。

[0178] 在第三十三方面,根据方面26所述的波导,其中,所述波长选择区域包括聚合物分散液晶光栅。

[0179] 在第三十四方面,根据方面26所述的波导,其中,所述光分布元件包括衍射光学元件。

[0180] 在第三十五方面,根据方面34所述的波导,其中,所述衍射光学元件包括光栅、全息图或可切换衍射光学元件。

[0181] 在第三十六方面,一种堆叠波导组件,包括第一波导和第二波导,所述第一波导包括第一耦合入光学元件层、第一波长选择区域以及第一层耦合出光学元件,其中,所述第一耦合入光学元件层被配置为将处于第一波长的光耦合入第一光分布元件层,所述光分布元件包括波长选择区域;第一波长选择区域层被配置为从所述第一耦合入光学元件层接收耦合入光并且相对于处于所述第一波长的耦合入光衰减不在所述第一波长处的耦合入光,其中,所述第一光分布元件层被配置为将处于所述第一波长的耦合入光耦合出所述第一波长选择区域层;以及所述第一耦合出光学元件层被配置为从所述第一光分布元件层接收处于所述第一波长的耦合入光,并将该耦合入光耦合出所述第一波导;所述第二波导包括第二耦合入光学元件层、第二波长选择区域层以及第二耦合出光学元件层,所述第二耦合入光学元件层被配置为将处于第二波长的光耦合入第二光分布元件层,所述第二波长不同于所述第一波长;所述第二波长选择区域层被配置为从所述第二耦合入光学元件层接收耦合入光,并相对于处于所述第二波长的耦合入光衰减不在所述第二波长处的耦合入光,其中,所述第二光分布元件层被配置为将处于所述第二波长的耦合入光耦合出所述第二层波长选择区域;以及所述第二耦合出光学元件层被配置为从所述第二光分布元件层接收处于所述第二波长的耦合入光,并将该耦合入光耦合出第二波导。

[0182] 在第三十七方面,根据方面36所述的堆叠波导组件,其中,所述第一波长选择区域层包括第一滤色器,所述第二波长选择区域层包括第二滤色器,所述第一滤色器被配置为衰减处于所述第二波长的光,所述第二滤色器被配置为衰减处于所述第一波长的光。

[0183] 在第三十八方面,根据方面37所述的堆叠波导组件,其中,所述第一滤色器或所述第二滤色器包括染料、着色剂、染色剂、体积式光学滤光器或二向色滤光器。

[0184] 在第三十九方面,根据方面36所述的堆叠波导组件,其中,所述第一波长选择区域层包括第一电可切换的区域,以及所述第二层波长选择区域包括第二电可切换的区域。

[0185] 在第四十方面,根据方面39所述的堆叠波导组件,进一步包括控制器,所述控制器被配置为以电子方式控制所述第一电可切换的区域和所述第二电可切换的区域以调制所述堆叠波导组件中的光。

[0186] 在第四十一方面,根据方面40所述的堆叠波导组件,其中,所述控制器被配置为切

换所述第一电可切换的区域以调制所述第一光分布元件层中的光,以及切换所述第二电可切换的区域以不调制第二光分布元件层中的光。

[0187] 在第四十二方面,根据方面40所述的堆叠波导组件,其中,所述控制器被配置为以电子方式控制所述第一电可切换的区域和所述第二电可切换的区域以转向耦合光以扩展视场。

[0188] 在第四十三方面,根据方面36所述的堆叠波导组件,其中,所述第一波长选择区域层被配置为改变不在所述第一波长处的光的折射率,或者第二波长选择性区域层被配置为改变不在所述第二波长处的光的折射率。

[0189] 在第四十四方面,根据方面36所述的堆叠波导组件,其中,所述第一层波长选择区域或所述第二层波长选择区域包括偏振器。

[0190] 在第四十五方面,根据方面36所述的堆叠波导组件,其中,所述第一波长与颜色的第一子颜色相关联,所述第二波长与所述颜色的第二子颜色相关联,所述第二子颜色不同于所述第一个子颜色。

[0191] 在第四十六方面,一种显示器,包括第一波导堆叠、第二波导堆叠以及耦合光学系统,所述第一波导堆叠包含第一多个波导,所述第一多个波导包括第一波导,所述第一波导被配置为传播处于颜色的第一子颜色的光;所述第二波导堆叠包含第二多个波导,所述第二多个波导包括第二波导,所述第二波导被配置为传播处于不同于所述颜色的第一子颜色的第二子颜色的光;以及所述耦合光学系统被配置为将光耦合入所述第一波导堆叠和所述第二波导堆叠,所述耦合光学系统包括第一耦合光学元件,所述第一耦合光学元件被配置为将处于所述第一子颜色的光耦合入所述第一波导;以及第二耦合部分,所述第二耦合部分被配置为将处于所述第二子颜色的光耦合入所述第二波导。

[0192] 在第四十七方面,根据方面46所述的显示器,其中,所述第一波导堆叠包括耦合光学元件,所述耦合光学元件被配置为将光耦合入所述第一波导堆叠。

[0193] 在第四十八方面,根据方面47所述的显示器,其中,所述耦合光学元件包括衍射光学元件。

[0194] 在第四十九方面,根据方面48所述的显示器,其中,所述衍射光学元件包括全息图。

[0195] 在第五十方面,根据方面46所述的显示器,其中,所述波导组件进一步包括初步滤光系统。

[0196] 在第五十一方面,根据方面50所述的显示器,其中,所述初步滤光系统包括光栅。

[0197] 在第五十二方面,根据方面46所述的显示器,其中,所述第一耦合光学元件被配置为透射峰值波长比所述第一子颜色的峰值波长小120nm的光。

[0198] 在第五十三方面,根据方面46所述的显示器,其中,所述第一耦合光学元件被配置为透射波长分布宽度不大于约5nm至55nm的光。

[0199] 在第五十四方面,根据方面46所述的显示器,其中,所述第一耦合光学元件被配置为透射波长分布轮廓宽度不大于约220nm的光。

[0200] 在第五十五方面,一种波导组件,包括光源和第一波导堆叠,所述光源被配置为发射处于颜色的多个子颜色的光;所述第一波导堆叠被配置为耦合入处于第一波长的第一颜色的光和处于第二波长的第一颜色的光,其中,所述第一波导堆叠包括第一多个波导、第二多

个波导以及耦合入光学系统,所述第一多个波导包括第一波导,所述第一波导被配置为传播处于所述颜色的第一子颜色的光;所述第二多个波导包括第二波导,所述第二波导被配置为传播处于与所述第一子颜色不同的所述颜色的第二子颜色的光;以及所述耦合入光学系统被配置为将光耦合入所述第一波导堆叠和所述第二波导堆叠。

[0201] 在第五十六方面,一种波导组件,包括被配置为接收处于第一子颜色的光和处于第二子颜色的光的第一波导堆叠,其中,所述第一子颜色和所述第二子颜色不是同一颜色的子颜色,所述第一波导堆叠包括第一波导和第二波导,所述第一波导包含第一光栅系统,所述第一光栅系统被配置为耦合入处于所述第一子颜色的光;以及所述第二波导包含第二光栅系统,所述第二波导被配置为耦合入处于所述第二子颜色的光;所述组件还包括被配置为接收第三子颜色和第四子颜色的光的第二波导堆叠,其中,所述第三子颜色和所述第四子颜色不是同一颜色的子颜色,所述第二波导堆叠包括第三波导和第四波导,所述第三波导包含第三光栅系统,所述第三光栅系统被配置为耦合入处于所述第三子颜色的光;所述第四波导包含第四光栅系统,所述第四光栅系统被配置为耦合入处于所述第四子颜色的光。

[0202] 在第五十七方面,根据方面56所述的波导组件,其中,所述第一波导堆叠包括耦合入光学元件。

[0203] 在第五十八方面,根据方面57的所述波导组件,其中,光分布元件包括衍射光学元件。

[0204] 在第五十九方面,根据方面58所述的波导组件,其中,所述衍射光学元件包括光栅。

[0205] 在第六十方面,根据方面46至59中任一项所述的波导组件,其中,所述波导组件进一步包括初步滤光系统,所述初步滤光系统包括反射光学元件。

[0206] 在第六十一方面,一种波长多路复用组件,包括:光源,所述光源被配置为发射处于第一波长的多个子颜色的光和处于第二波长的多个子颜色的光;第一波导堆叠,所述第一波导堆叠被配置为耦合入处于所述第一波长的第一子颜色的光和处于所述第二波长的第一子颜色的光,所述第一波导堆叠包括第一波导和第二波导,所述第一波导被配置为耦合入处于所述第一波长的第一子颜色的光,所述第二波导被配置为耦合入处于所述第一波长的第二子颜色的光;第二波导堆叠,所述第二波导堆叠被配置为耦合入处于所述第一波长的第二子颜色的光和处于第二波长的第二子颜色的光,第一波导堆叠包括第三波导和第四波导,所述第三波导被配置为耦合入处于所述第一波长的第二子颜色的光,所述第四波导被配置为耦合入处于第二波长的第二子颜色的光。

[0207] 在第六十二方面,根据方面61所述的波长多路复用组件,其中,所述第一波导、所述第二波导、所述第三波导或所述第四波导包括耦合入光学元件、光分布元件或耦合出光学元件。

[0208] 在第六十三方面,根据方面62所述的波长多路复用组件,其中,所述耦合入光学元件、所述光分布元件或所述耦合出光学元件包括衍射光学元件。

[0209] 在第六十四方面,根据方面63所述的波长多路复用组件,其中,所述衍射光学元件包括可切换衍射光学元件。

[0210] 在第六十五方面,根据方面64所述的波长多路复用组件,其中,所述波导组件进一步包括初步滤光系统,所述初步滤光系统包括折射光学元件。

[0211] 结论

[0212] 在此描述的和/或附图示出的过程、方法和算法中的每一者可以体现在以下项中并通过以下项被全部或部分自动化:代码模块,其由一个或多个物理计算系统、硬件计算机处理器、专用电路执行;和/或电子硬件,其被配置为执行具体和特定计算机指令。例如,计算系统可以包括用具体计算机指令编程的通用计算机(例如,服务器)或专用计算机、专用电路等。代码模块可以被编译并链接到可执行程序中,安装在动态链接库中,或者可以用解释性的编程语言编写。在一些实施方式中,特定操作和方法可以由专用于给定功能的电路来执行。

[0213] 此外,本公开的功能的某些实施方式在数学上、计算上或技术上足够复杂,以至于为了执行所述功能(例如,由于所涉及的计算量或复杂性)或者为了基本实时地提供结果,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)可能是必需的。例如,视频可以包括许多帧,每帧具有数百万个像素,并且需要专用编程的计算机硬件来处理视频数据以在商业上合理的时间内提供所需的图像处理任务或应用。作为另一示例,通常实时的眼睛跟踪计算和适当的依赖眼睛姿势的显示器校准应用由专用硬件或通过专用计算机可执行指令编程的物理计算设备来执行

[0214] 代码模块或任何类型的数据可以被存储在任何类型的非暂时性计算机可读介质上,诸如物理计算机存储装置,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以及相同和/或相似元件的组合。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介质和基于导线/电缆的介质,且可以采取多种形式(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数据包或帧)。所公开的过程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实体计算机存储器中,或者可以经由计算机可读传输介质来传送。

[0215] 在此描述和/或附图示出的流程图中的任何过程、框、状态、步骤或功能应该被理解为潜在地表示代码模块、代码段或代码部分,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。各种过程、框、状态、步骤或功能可以与本文提供的说明性示例一起执行以下操作:组合、重排、添加、删除、修改或其它改变。在一些实施例中,附加的或不同的计算系统或代码模块可以执行本文所述的功能中的部分或全部。本文描述的方法和过程也不限于任何具体的顺序,并且与其相关的框、步骤或状态可以以其它适当的顺列来执行,例如以串行、并行或以某种其它方式来执行。可以向所公开的示例实施例添加任务或事件或者从中移除任务或事件。此外,本文所述的实施方式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方式中都需要这种分离。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。许多实施方式的变体是可行的。

[0216] 过程、方法和系统可以在网络(或分布式)计算环境中实施。网络环境包括企业范围的计算机网络、内联网、局域网(LAN)、广域网(WAN)、个域网(PAN)、云计算网络、众包计算网络、因特网和万维网。网络可以是有线或无线网络,或任何其它类型的通信网络。

[0217] 本公开的系统和方法各自具有若干创新性方面,这些方面中的任一单个方面不单

独负责本文所公开的期望待性或不是本文所公开的期望待性所必需的。上述各种特征和过程可以彼此独立地使用,或者可以以各种方式组合使用。所有可能的组合和子组合均旨在落入本公开的范围。对本公开中所描述的实施方式的各种修改对于本领域技术人员来说是显而易见的,并且在不脱离本公开的精神或范围的情况下,可将本文中限定的一般原理应用于其它实施方式。因此,权利要求不旨在限于本文所示的实施方式,而是应被赋予与本公开、本文公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

[0218] 本说明书中在单独的实施方式的上下文描述的某些特征也可以在单个实施方式中组合地实现。相反,在单个实施方式的上下文中描述的各种特征也可以在多个实施方式中单独实施,或以任何合适的子组合实施。此外,尽管上文可将特征描述为以某些组合起作用,甚至最初这样要求保护,但是所要求保护的组合中的一个或多个特征在某些情况下可以从该组合中剔除,并且所要求保护的组合可以涉及子组合或子组合的变体。对于每个实施例而言,没有任何单个特征或特征组是必需的或不可或缺的。

[0219] 除非另有具体说明,或者在上下文中另有理解除外,否则在此使用的诸如“可”、“可以”、“可能”、“能够”、“例如”等之类的条件语通常旨在表达某些实施例包括,而其它实施例不包括某些特征、元素和/或步骤。因此,这种条件语通常不旨在暗示特征、元素和/或步骤以任何方式对于一个或多个实施例所必需的,也不意在暗示在有或者没有程序设计者输入或提示的情况下,一个或多个实施例必然包括用于决定是否包括这些特征、元素和/或步骤是否在任何具体实施例中执行这些特征、元素和/或步骤的逻辑。术语“包括”、“包含”、“具有”等是同义词,并且以开放的方式包含性地使用,并且不排除其它元素、特征、动作、操作等。此外,术语“或”在使用时具有包含性含义(而非排他性含义),因此,当被用于例如连接元素列表时,术语“或”表示列表元素中的一个、一些或全部。另外,除非另有说明,否则在本申请和所附权利要求书中使用的冠词“一”、“一个”和“所述”应被解释为表示“一个或多个”或“至少一个”。

[0220] 如本文所使用的,涉及项目列表中的“至少一个”的短语指这些项目的任何组合,包括单个成员。作为示例,“A、B或C中的至少一个”旨在涵盖:A、B、C、A和B、A和C、B和C,以及A、B和C。诸如短语“X、Y和Z中的至少一个”之类的连接语(除非另有声明)以通过常用的上下文来理解,以表达项目、术语等可以是X、Y和Z中的至少一个。因此,这样的连接语通常并不旨在暗示某些实施例需要至少一个X、至少一个Y以及至少一个Z中的每个都存在。

[0221] 类似地,尽管操作在附图中可以以特定顺序示出,但应认识到,这些操作不需要以所示的特定顺序或以相继的顺序执行,或者执行所有例示的操作以实现所需的结果。此外,附图可以以流程图的形式示意性地示出一个或多个示例过程。然而,其它未示出的操作可以并入示意性说明的示例方法和处理中。例如,一个或多个附加操作可以在任何所示的操作之前、之后、同时或期间执行。另外,在其它实施方式中,操作可以重新排列或排序。在某些情况下,多任务和并行处理是有利的。此外,上述实施方式描述的各种系统组件的分离不应该被理解为在所有实施方式中都需要这种分离,需要理解,所描述的程序组件和系统通常可以一起集成在单个软件产品中或者封装到多个软件产品中。另外,其它实施方式在以下权利要求的范围内。在一些情况下,权利要求中列出的动作可以以不同的顺序执行,并且仍能实现所需的结果。

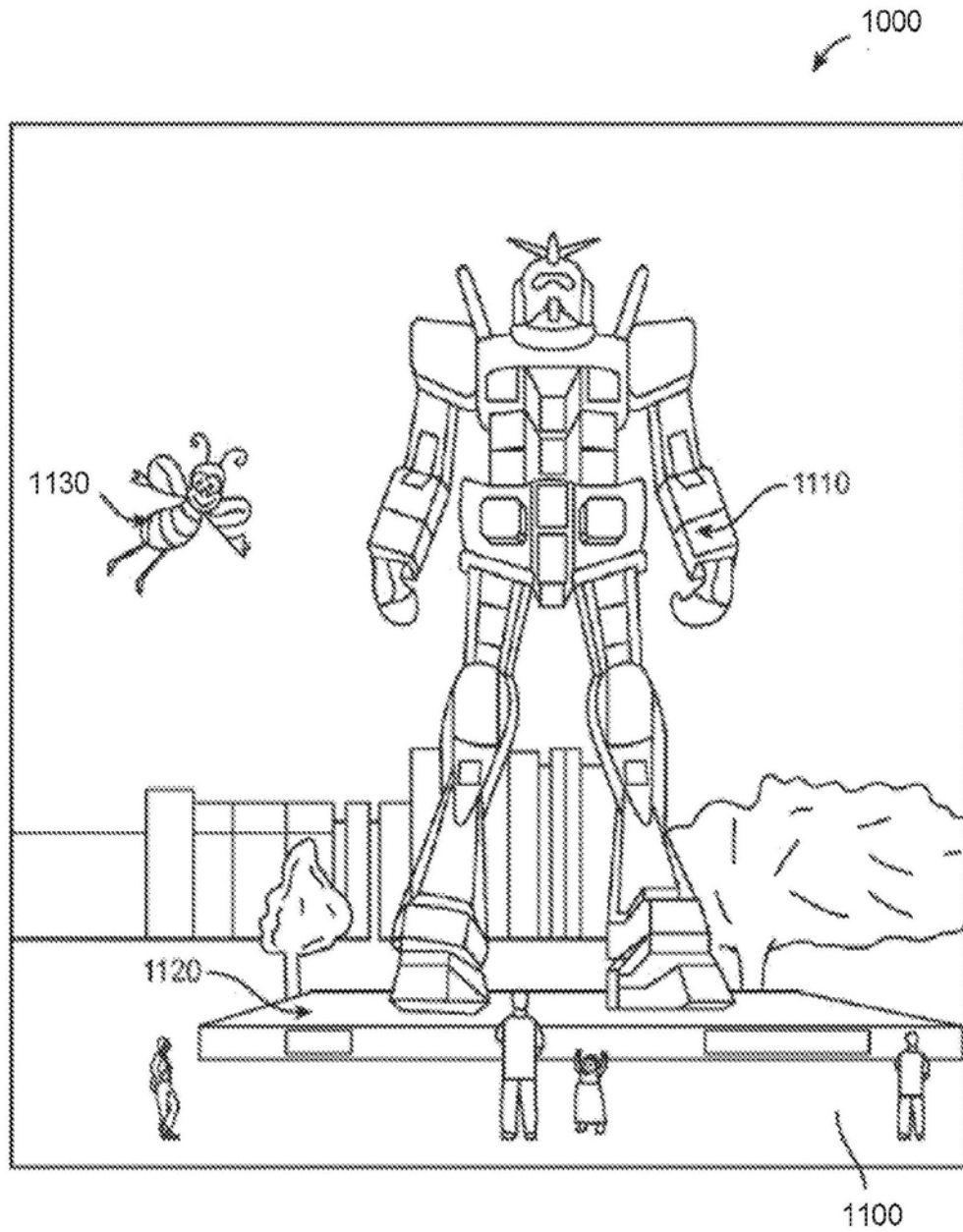


图1

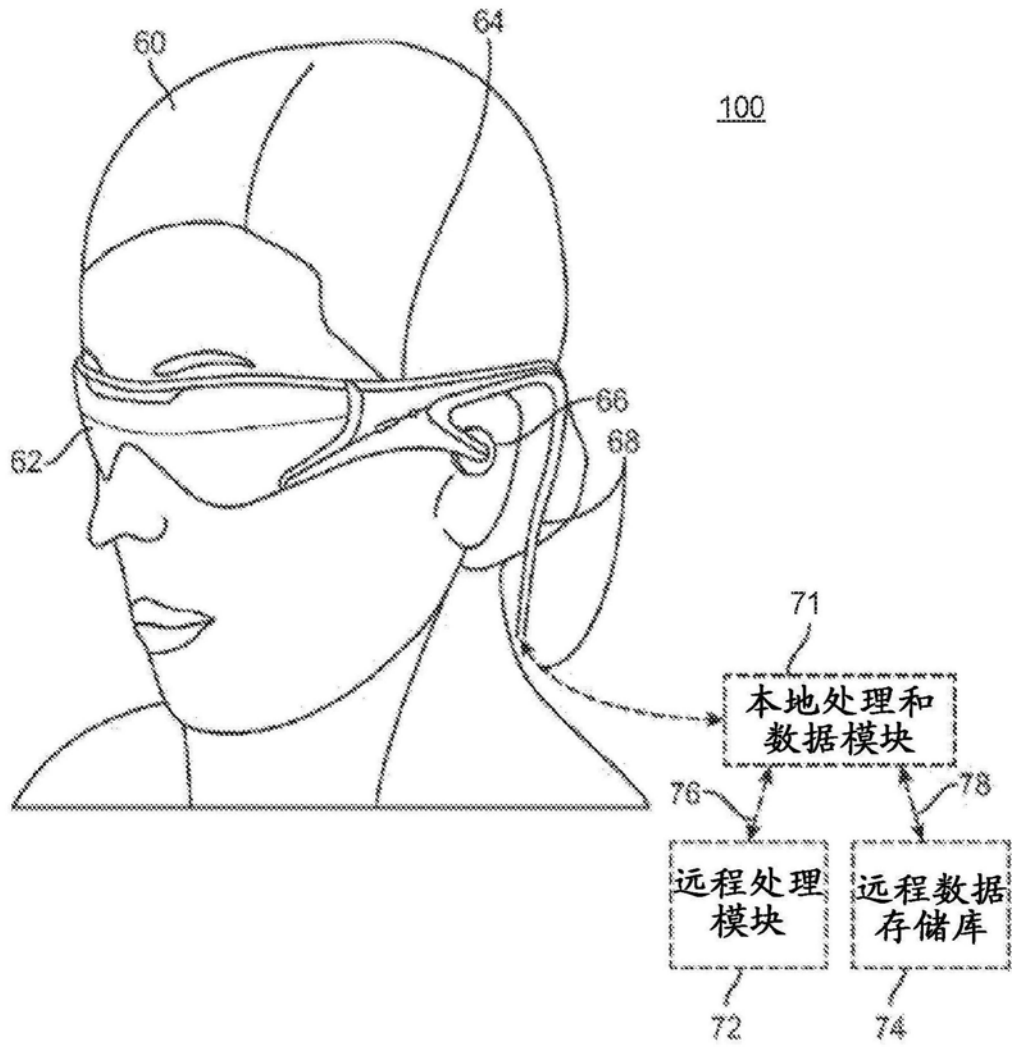


图2

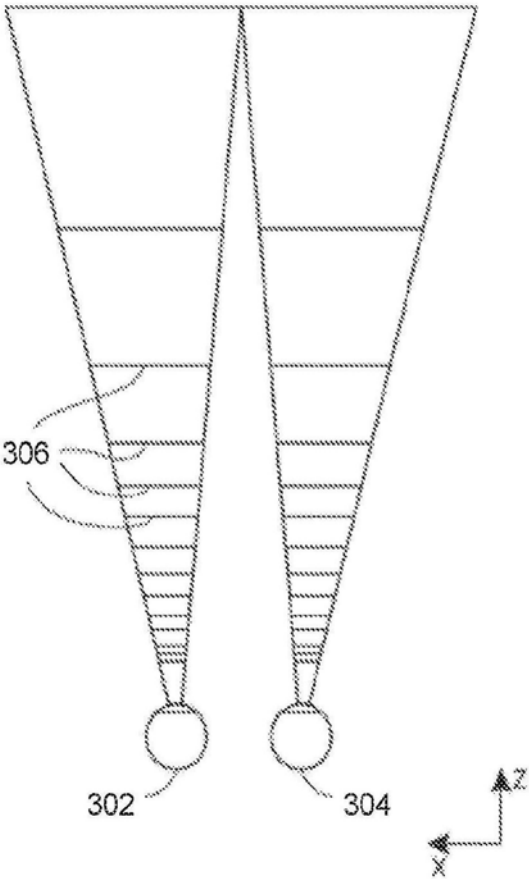


图3

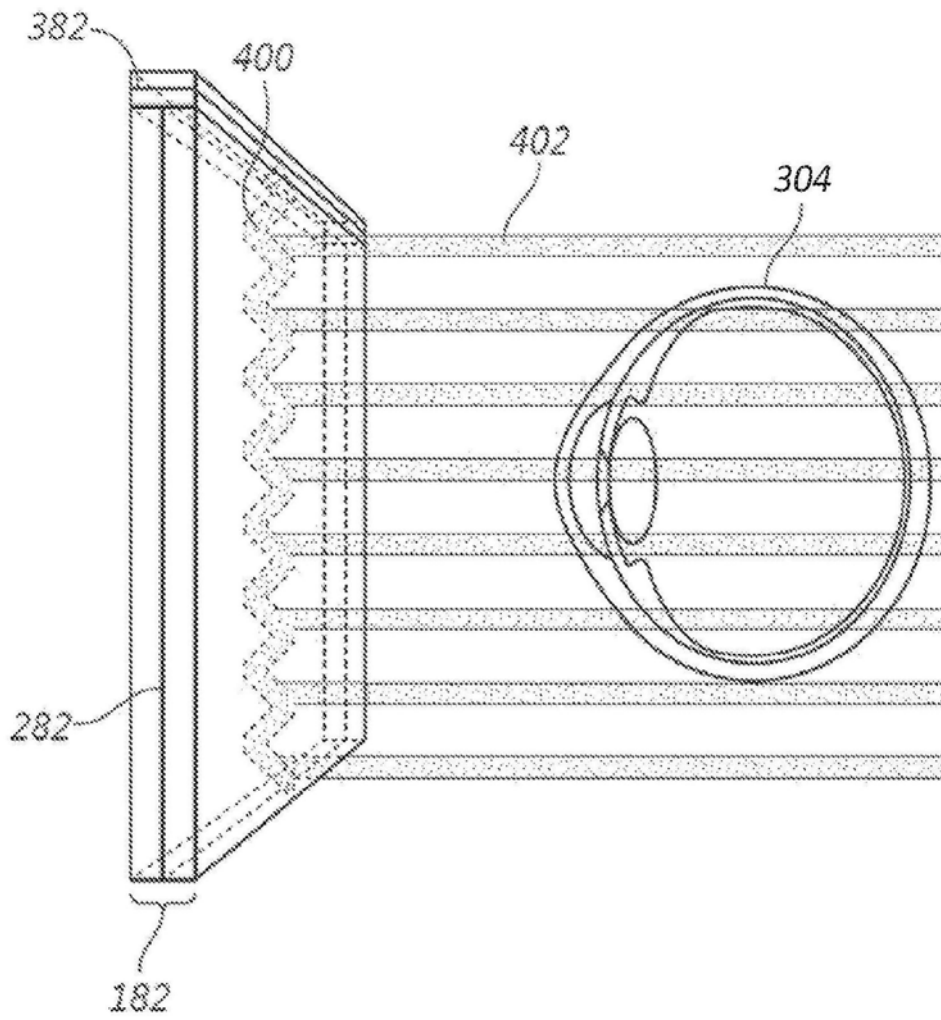


图5

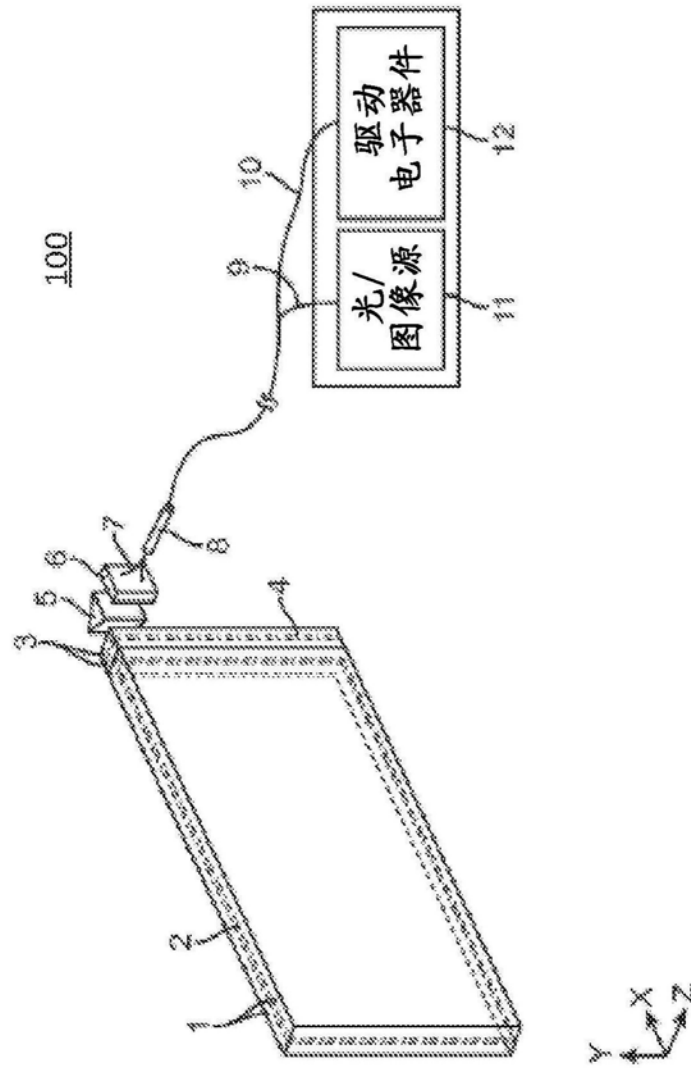


图6

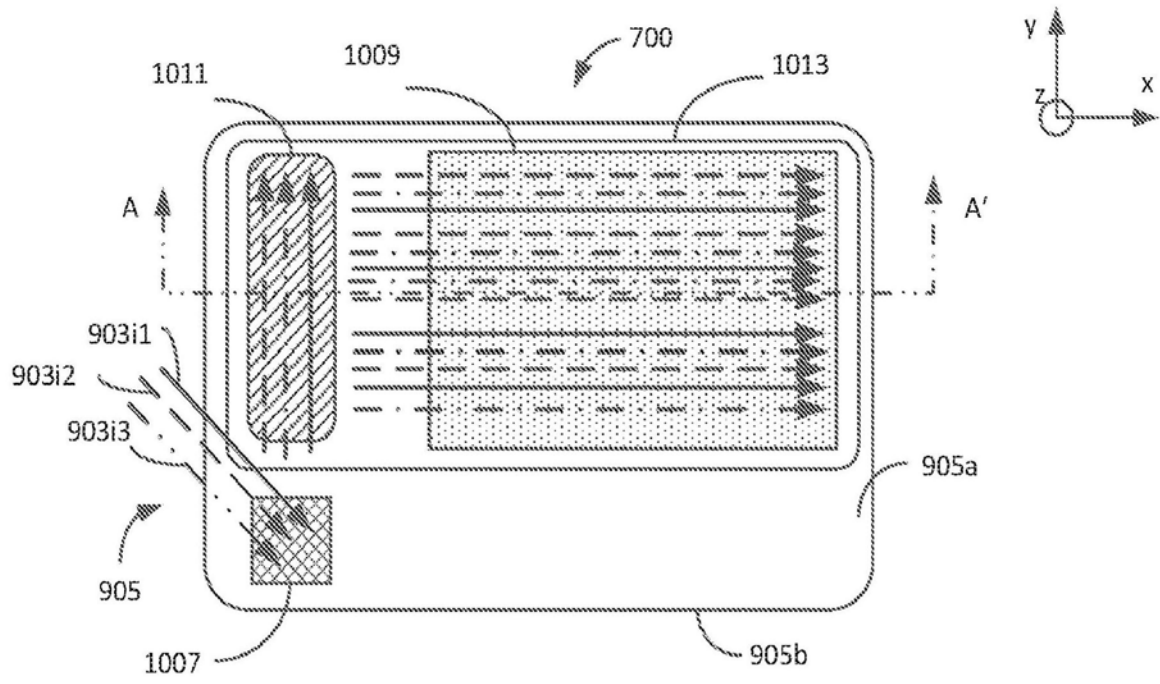


图7A

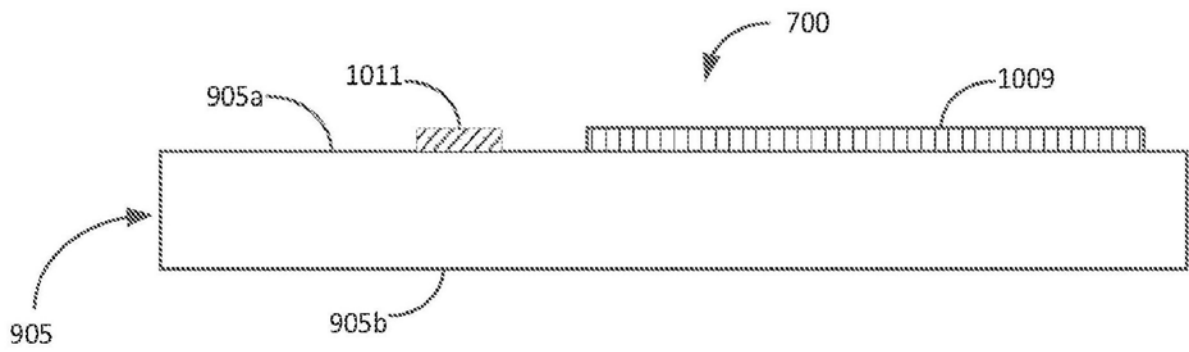


图7B

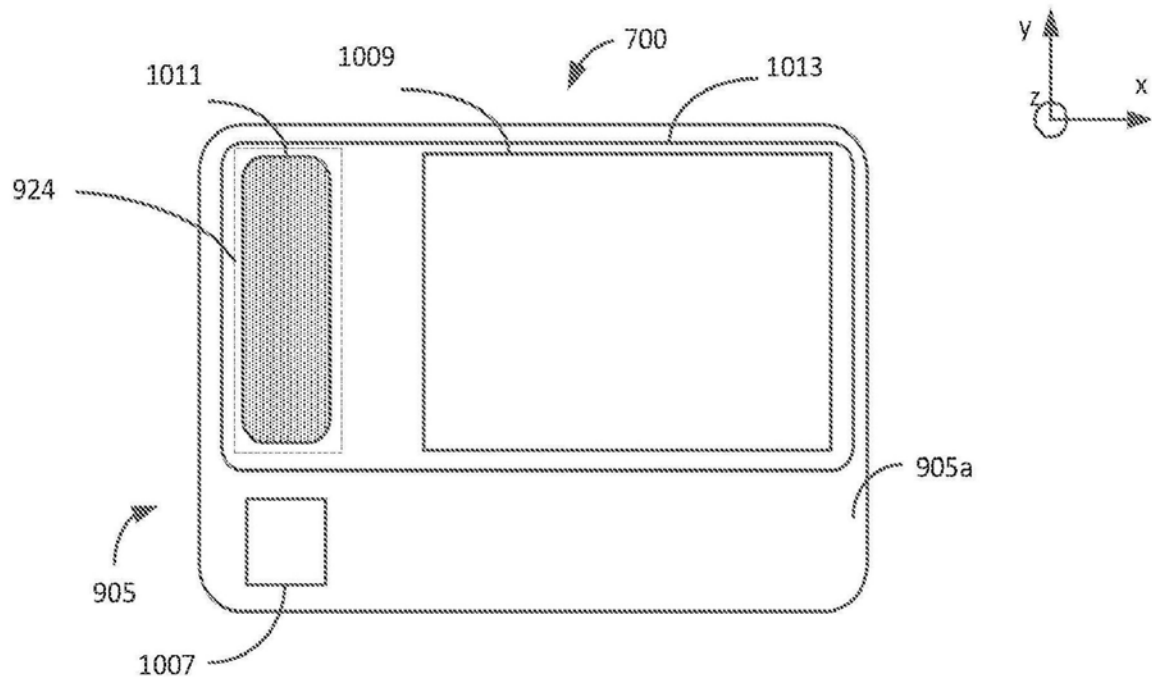


图8

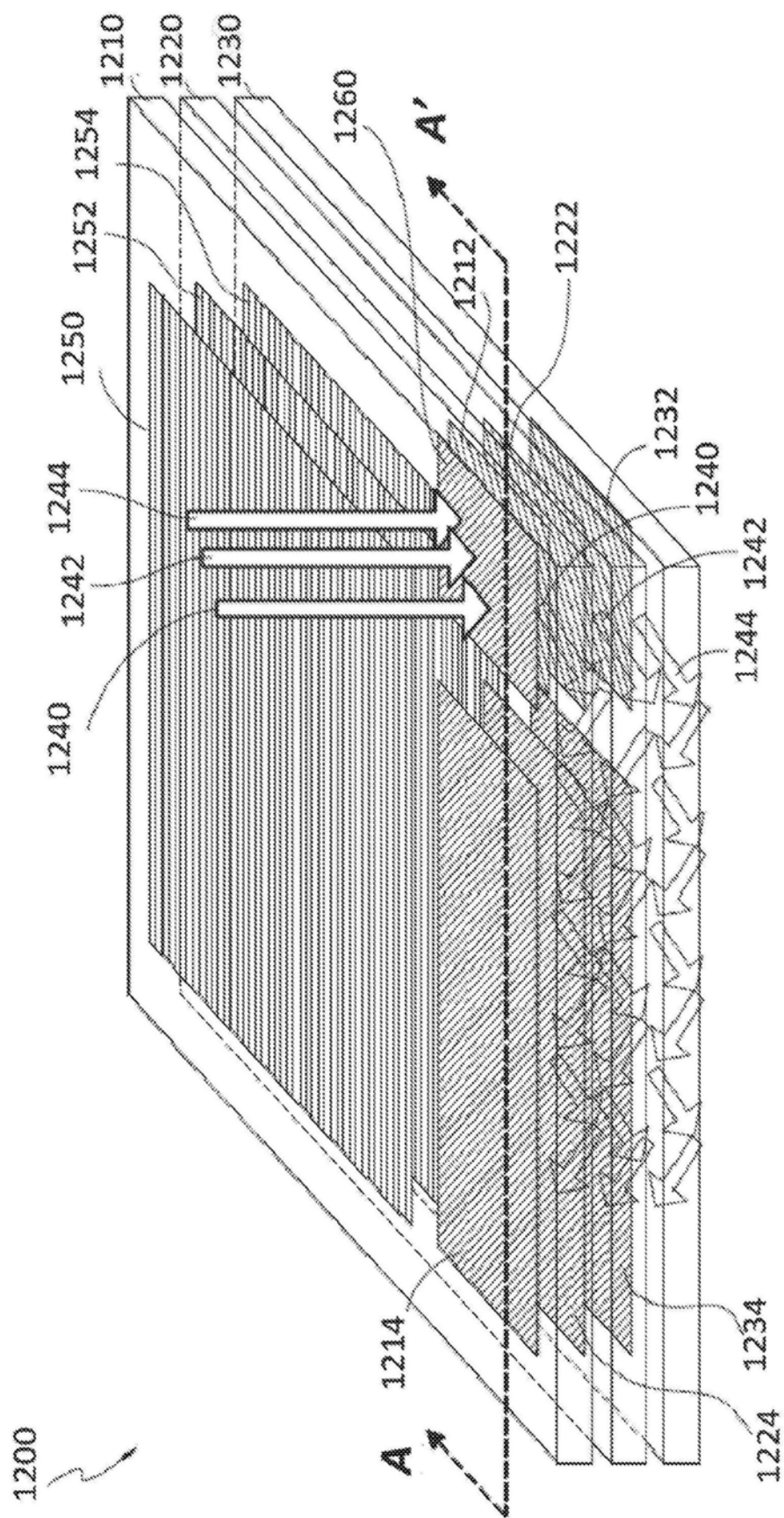


图9

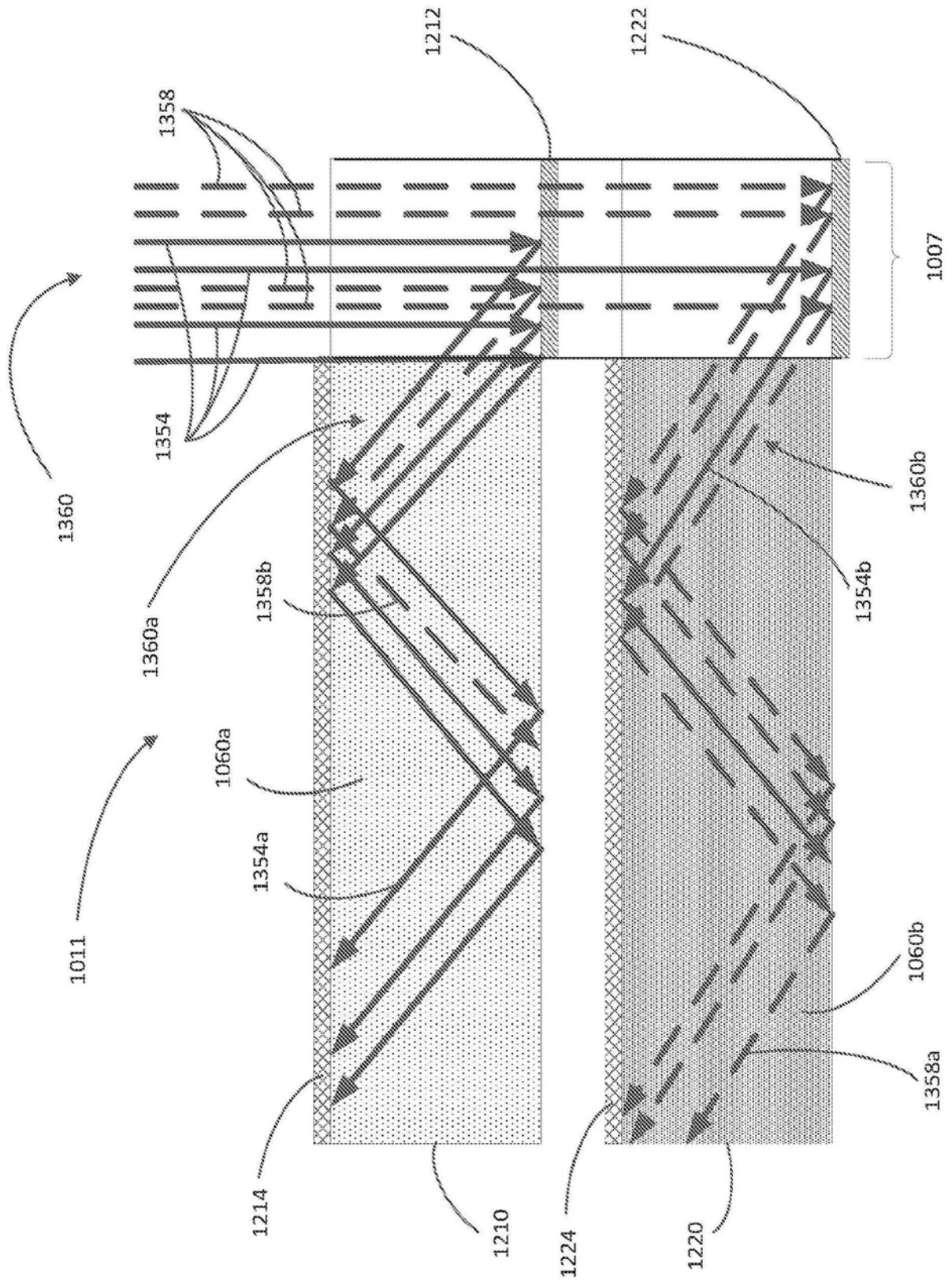


图10A

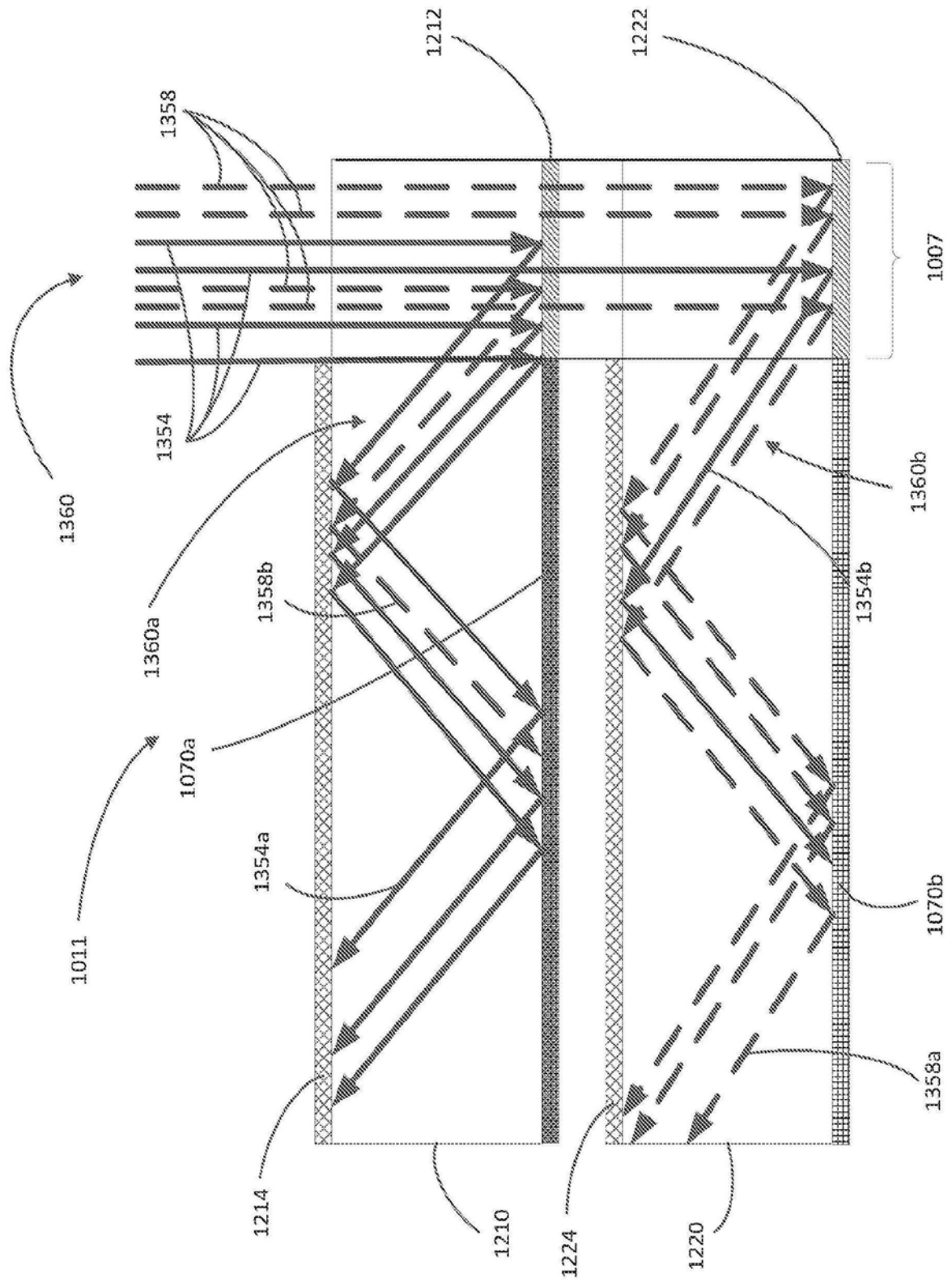


图10B

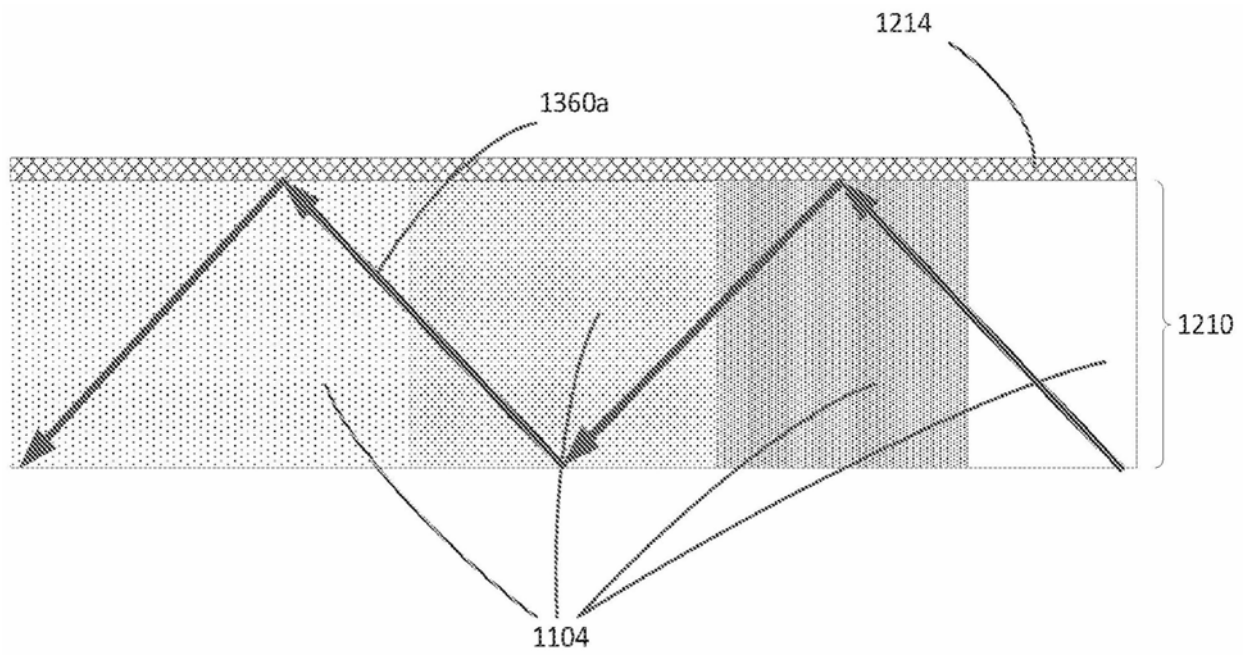


图11

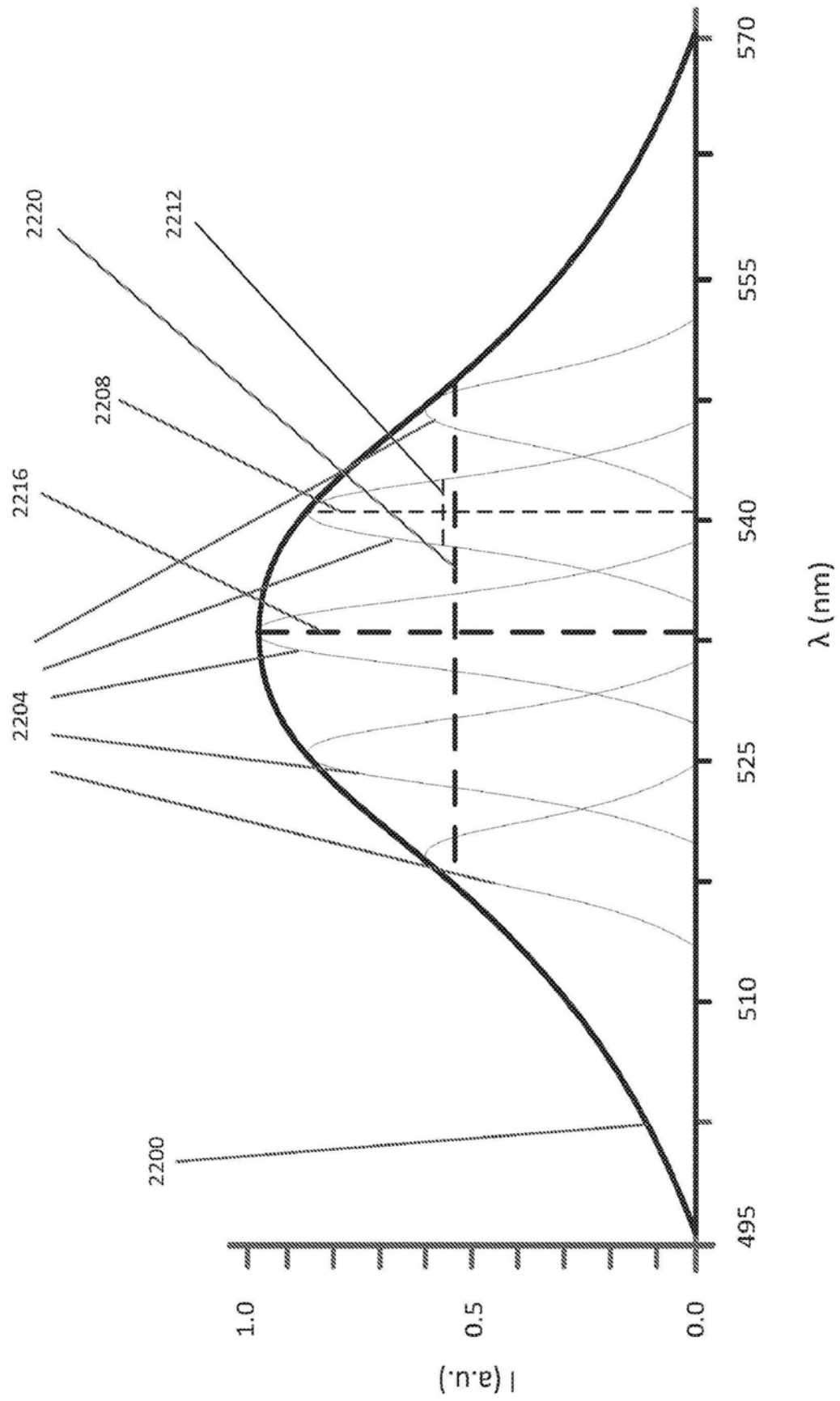


图12

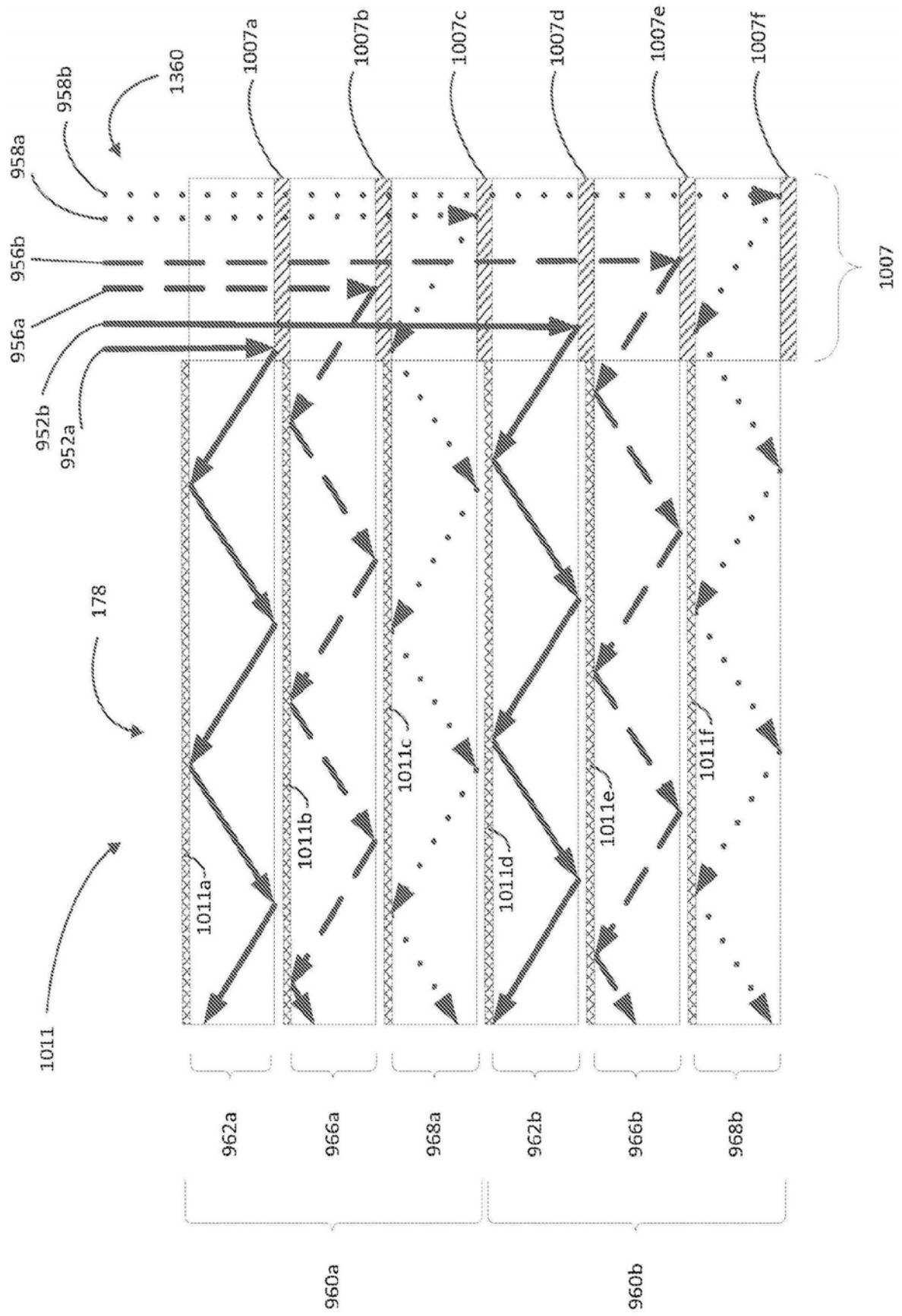


图13

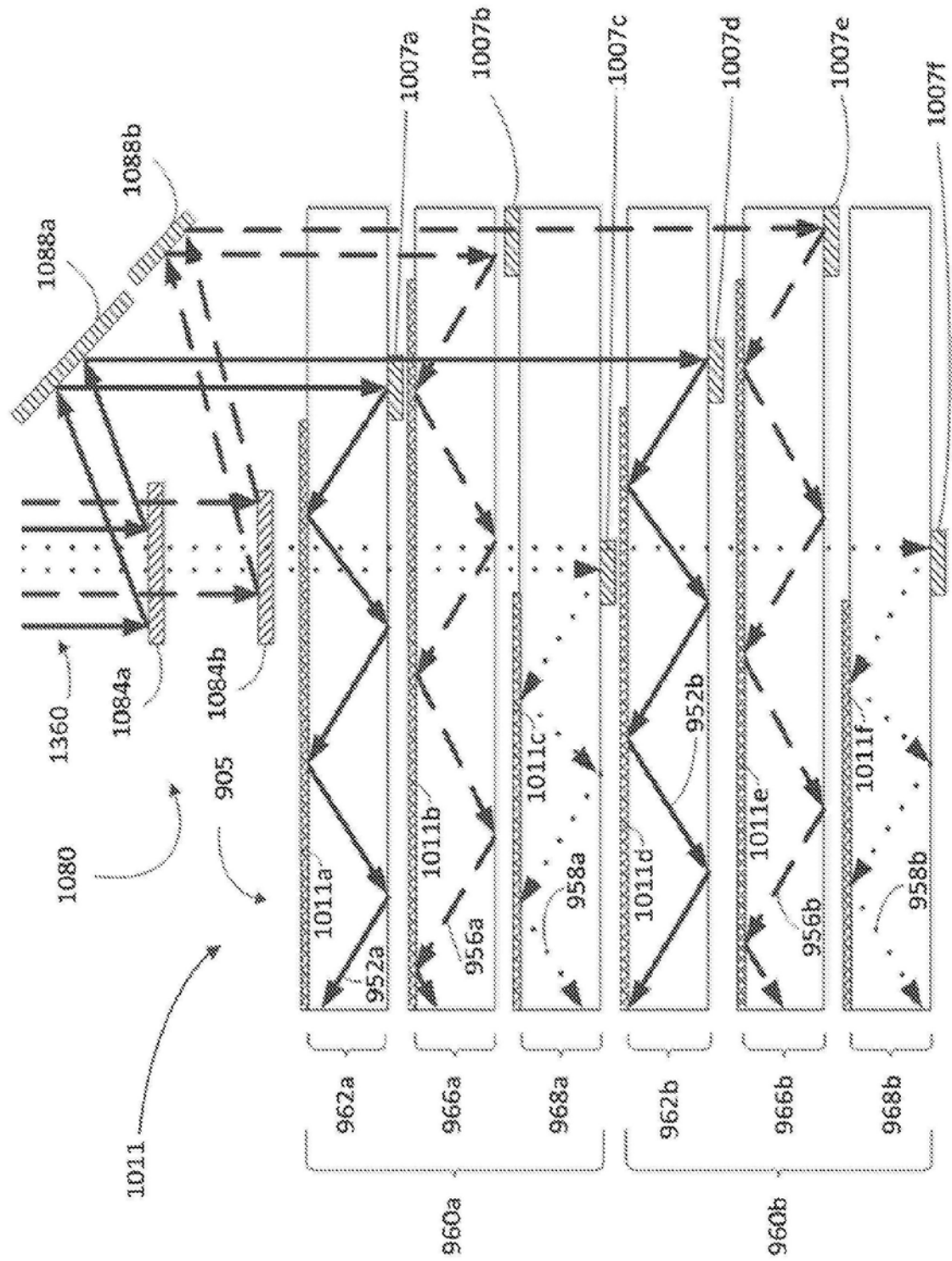


图14

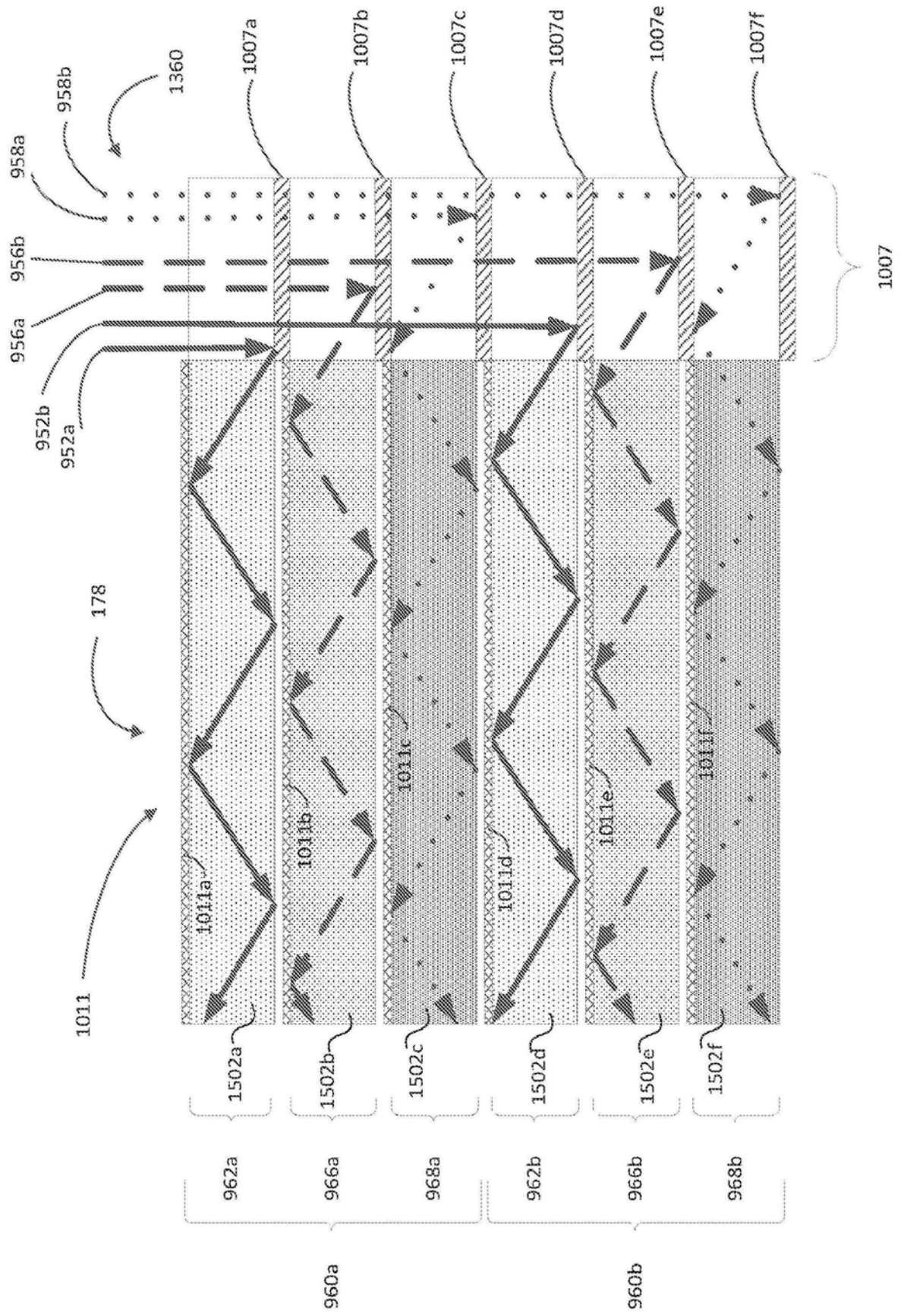


图15A

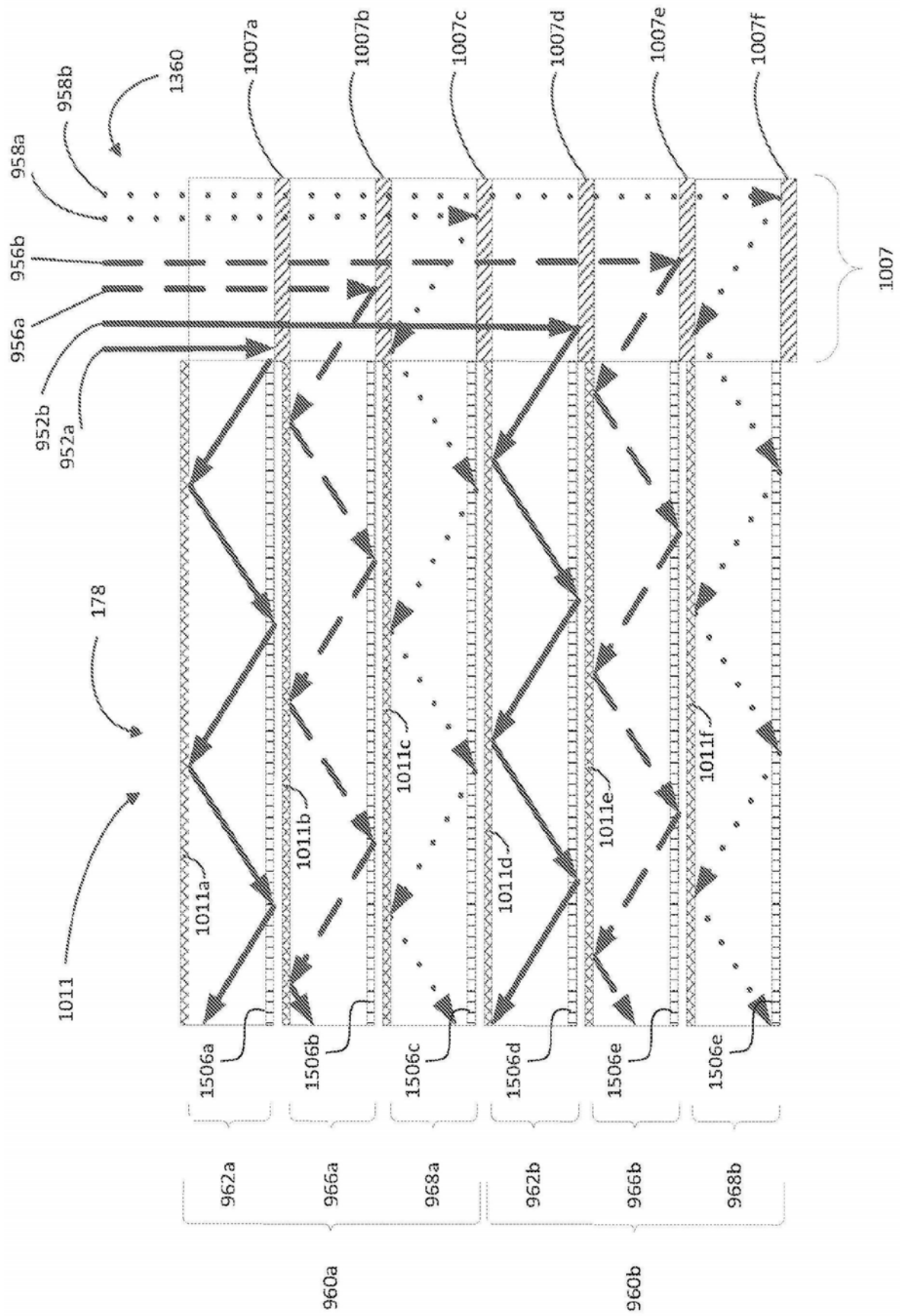


图15B

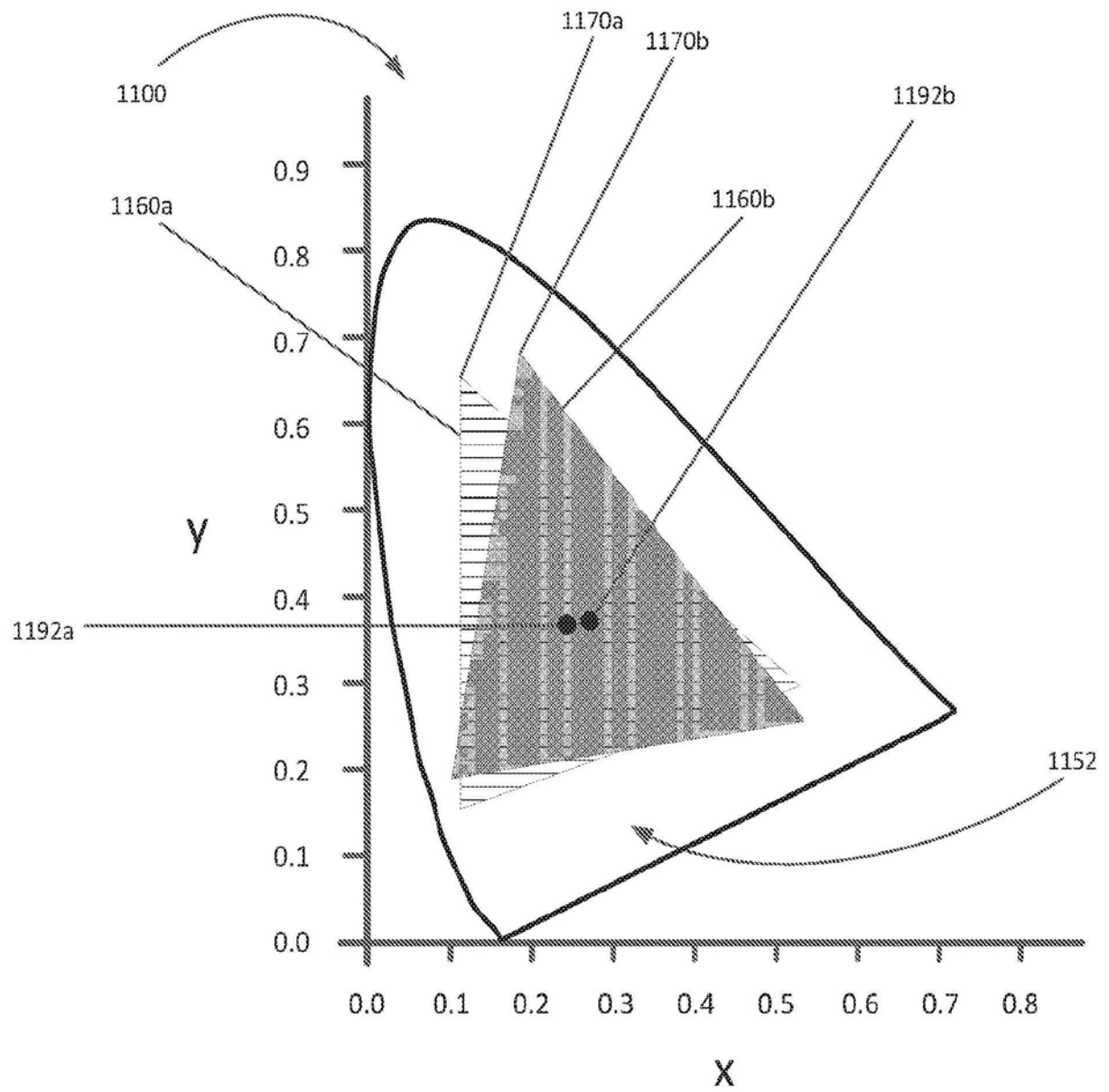


图16