



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110192146 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 23

(21) 申请号 201780083983.1

(22) 申请日 2017.11.16

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110192146 A

(43) 申请公布日 2019.08.30

(30) 优先权数据
62/424,310 2016.11.18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.07.18

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/062063 2017.11.16

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/094079 EN 2018.05.24

(73) 专利权人 奇跃公司
地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 C·奥

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

专利代理师 贺月娇 杨晓光

(51) Int.Cl.
G02F 1/133 (2006.01)
G02B 27/01 (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01)
G02F 1/1333 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102317818 A, 2012.01.11
CN 103558704 A, 2014.02.05
US 7375784 B2, 2008.05.20
US 2015293409 A1, 2015.10.15
JP 2006215186 A, 2006.08.17
CN 105849628 A, 2016.08.10
CN 101339335 A, 2009.01.07
US 2011242461 A1, 2011.10.06
US 2009009668 A1, 2009.01.08
CN 104737061 A, 2015.06.24

审查员 谢平

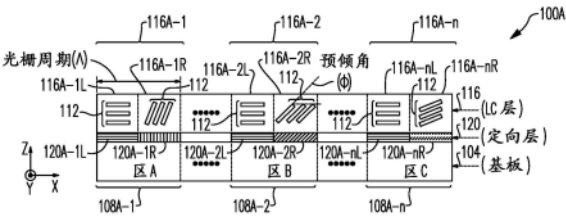
权利要求书2页 说明书33页 附图29页

(54) 发明名称

空间可变液晶衍射光栅

(57) 摘要

本公开涉及显示系统,更具体地说,涉及增强现实显示系统。一种衍射光栅包括多个不同的衍射区,这些衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。衍射光栅另外包括多个不同的液晶层,所述不同的液晶层与不同的衍射区对应。不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。



1. 一种衍射光栅,包括:

多个不同且不重叠的衍射区,其具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸;以及

多个不同的液晶层,其对应于所述不同的衍射区,其中所述不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

2. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述光学特性包括折射率、吸收系数、衍射效率和双折射中的一者或多者。

3. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述不同的液晶层中的每一者具有多个不同地布置的区域,其中所述不同地布置的区域具有相对于彼此不同地定向的液晶分子。

4. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述不同的衍射区中的每一者进一步包括插在基板和对应的液晶层之间的定向层,其中所述不同的衍射区和所述基板之间的不同的定向层由相同的材料成分形成,所述不同的定向层使所述液晶分子在所述不同的衍射区中不同地定向。

5. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述液晶分子包括沿伸长方向伸长和定向的棒状液晶分子。

6. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述不同的液晶层中的每一者包括第一区域和第二区域,其中所述第一区域的液晶分子沿着第一定向方向定向,所述第一定向方向相对于参考方向形成第一定向角,并且其中所述第二区域的液晶分子沿着第二定向方向定向,所述第二定向方向相对于所述参考方向形成第二定向角,所述第二定向角不同于所述第一定向角。

7. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中第一液晶层的第一区域的液晶分子和第二液晶层的相应第一区域的液晶分子具有基本相同的定向角。

8. 根据权利要求7所述的衍射光栅,其中所述第一液晶层的第二区域的液晶分子和所述第二液晶层的相应第二区域的液晶分子具有不同的定向角。

9. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中第一液晶层的第一区域的液晶分子和第二液晶层的相应第一区域的液晶分子具有基本不同的定向角,并且其中所述第一液晶层的第二区域的液晶分子和所述第二液晶层的相应第二区域的液晶分子具有不同的定向角。

10. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中所述第一区域和所述第二区域之间的横向宽度的比率在所述不同的衍射区之间基本相同。

11. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中第一液晶层的第二区域的液晶分子和第二液晶层的第二区域的液晶分子具有基本相同的定向角,并且其中所述第一区域和所述第二区域之间的横向宽度的比率在不同的区之间基本不同。

12. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中第一液晶层的第二区域的液晶分子和第二液晶层的第二区域的液晶分子具有不同的定向角,并且其中所述第一区域和所述第二区域之间的横向宽度的比率在不同的区之间基本不同。

13. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中所述第一定向角和所述第二定向角是在与基板的主表面垂直的平面中以及在各个定向方向和所述主表面之间测量的预倾角。

14. 根据权利要求6所述的衍射光栅,其中所述第一定向角和所述第二定向角是在与基板的主表面平行的平面中以及在各个定向方向和平行于所述主表面的参考方向之间测量

的方位角。

15. 根据权利要求3所述的衍射光栅,其中所述不同的液晶层包括第一区域和第二区域,其中所述第一区域的液晶分子沿着多个第一定向方向定向,所述多个第一定向方向相对于参考方向形成多个第一定向角,并且其中所述第二区域的液晶分子沿着多个第二定向方向定向,所述多个第二定向方向相对于所述参考方向形成多个第二定向角。

16. 根据权利要求1所述的衍射光栅,其中所述衍射光栅是具有透明基板的透射式衍射光栅。

17. 一种衍射光栅,包括:

多个不同且不重叠的衍射区,其具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸;以及

多个连续的液晶层,其对应于所述多个不同且不重叠的衍射区并在横向方向上延伸并且被布置为具有所述周期性重复的横向尺寸、厚度和折射率,使得所述液晶层被配置为衍射光,

其中所述液晶层的液晶分子沿着所述横向方向在不同的液晶层中不同地布置,使得所述连续的液晶层被配置为在衍射效率上有梯度地衍射光。

18. 根据权利要求17所述的衍射光栅,其中所述液晶层具有第一区域和第二区域,并且其中所述连续的液晶层被布置为使得多个第一区域和多个第二区域在所述横向方向上交替。

19. 根据权利要求18所述的衍射光栅,其中所述第一区域中的液晶分子具有基本相同的定向取向,而所述第二区域中的液晶分子具有基本不同的定向方向。

20. 一种头戴式显示设备,其被配置为将光投射到用户的眼睛以显示增强现实图像内容,所述头戴式显示设备包括:

框架,其被配置为支撑在所述用户的头部上;

显示器,其被设置在所述框架上,所述显示器的至少一部分包括一个或多个波导,所述一个或多个波导是透明的并且在所述用户穿戴着所述头戴式显示设备时设置在用户眼睛前方的位置处,使得所述透明部分将来自用户前方环境的一部分的光透射到所述用户的眼睛,以提供所述用户前方环境的所述一部分的视图,所述显示器进一步包括一个或多个光源和至少一个衍射光栅,所述衍射光栅被配置为将来自所述光源的光耦合到所述一个或多个波导中或者将光耦出所述一个或多个波导,所述衍射光栅包括:

多个不同且不重叠的衍射区,所述不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸;以及

多个不同的液晶层,所述不同的液晶层对应于所述不同的衍射区,其中所述不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

空间可变液晶衍射光栅

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请主张2016年11月18日提交的名称为“SPATIALLY VARIABLE LIQUID CRYSTAL DIFFRACTION GRATINGS (空间可变液晶衍射光栅)”的美国临时专利申请号62/424,310的优先权益,该申请的全部内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开涉及显示系统,更具体地说,本公开涉及增强现实显示系统。

背景技术

[0004] 现代计算和显示技术促进了用于所谓的“虚拟现实”或“增强现实”体验的系统的开发,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“AR”类型的场景,并且通常涉及被整合到自然世界中且响应于自然世界的虚拟对象。例如,在MR场景中,AR图像内容可以被真实世界中的对象阻挡或者被感知为与真实世界中的对象交互。

[0005] 参考图1,示出了增强现实场景1,其中AR技术的用户看到以人、树木、背景中的建筑物和混凝土平台1120为特征的真实世界的公园状设置1100。除了这些物品之外,AR技术的用户还感知到他/她“看到”“虚拟内容”,例如站在真实世界平台1120上的机器人雕像1110,以及看起来是大黄蜂的化身的飞过的卡通式化身角色1130,即使这些元素1130、1110在真实世界中不存在。由于人类的视觉感知系统是复杂的,因此产生促进除其他虚拟或真实世界图像元素之外的虚拟图像元素的舒适的、感觉自然的、丰富的呈现的AR技术是具有挑战性的。

[0006] 本文公开的系统和方法解决了与AR和VR技术相关的各种挑战。

发明内容

[0007] 因此,本文公开了多种设备、系统、结构和方法。例如,公开了一种示例衍射光栅,其包括多个不同的衍射区(diffracting zone),所述衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。该衍射光栅另外包括与所述不同的衍射区对应的多个不同的液晶层。所述不同的液晶层具有不同地定向(aligned)的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0008] 公开了一种制造衍射光栅的示例方法,其包括提供基板和在所述基板上设置多个不同的衍射区,这些衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。所述方法进一步包括在所述基板上方形成包括液晶分子的多个不同的液晶层,所述不同的液晶层与所述不同的衍射区对应,其中形成所述不同的液晶层包括使液晶分子不同地定向,从而向所述不同的衍射区提供与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0009] 公开了另一示例衍射光栅,其包括多个连续的液晶层,所述多个连续的液晶层沿着横向方向延伸并且被布置为具有周期性重复的横向尺寸、厚度和折射率,使得所述液晶层被配置为衍射光。所述液晶层的液晶分子沿着所述横向方向在不同的液晶层中不同地布置,使得所述连续的液晶层被配置为在衍射效率上有梯度地衍射光。

[0010] 公开了一种示例头戴式显示设备,其被配置为将光投射到用户的眼睛以显示增强现实图像内容。所述头戴式显示设备包括框架,所述框架被配置为支撑在所述用户的头部上。所述头戴式显示设备另外包括显示器,其被设置在所述框架上,所述显示器的至少一部分包括一个或多个波导,所述一个或多个波导是透明的并且在所述用户穿戴着所述头戴式显示设备时设置在用户眼睛前方的位置,使得所述透明部分将来自用户前方环境的一部分的光透射到用户眼睛,以提供所述用户前方环境的所述一部分的视图,所述显示器进一步包括一个或多个光源和至少一个衍射光栅,所述衍射光栅被配置为将来自所述光源的光耦合到所述一个或多个波导中或者将光耦出所述一个或多个波导。所述衍射光栅包括多个不同的衍射区,所述多个不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。所述衍射光栅另外包括多个不同的液晶层,所述液晶层对应于所述不同的衍射区,其中所述不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

附图说明

[0011] 图1示出了用户通过AR设备观看的增强现实 (AR) 视图。

[0012] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。

[0013] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的传统显示系统。

[0014] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。

[0015] 图5A至5C示出了曲率半径与焦半径之间的关系。

[0016] 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。

[0017] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0018] 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。

[0019] 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光学元件。

[0020] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。

[0021] 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。

[0022] 图10A至10C示出了根据实施例的具有多个区的衍射光栅的横截面侧视图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的预倾角。

[0023] 图11A至11B是根据实施例的中间结构和衍射光栅的横截面侧视图,其中示出了制造图10A至10C所示的衍射光栅的方法。

[0024] 图12A至12C是根据实施例的中间结构和衍射光栅的横截面侧视图,其中示出了制造图10A至10C所示的衍射光栅的方法。

[0025] 图13A至13B示出了根据实施例的具有多个区的衍射光栅的横截面侧视图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的预倾角。

[0026] 图14A至14B是根据实施例的中间结构和衍射光栅的横截面侧视图,其中示出了制造图13A至13B所示的衍射光栅的方法。

[0027] 图15A至15C示出了根据实施例的具有多个区的衍射光栅的俯视平面图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的方位角(azimuthal angle)。

[0028] 图16A示出了根据实施例的具有多个区的衍射光栅的俯视平面图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的方位角。

[0029] 图16B是示出了跨图16A所示的衍射光栅的不同区的横向方向上的方位角变化的示意图。

[0030] 图17A至17D示出了根据实施例的中间结构和衍射光栅的横截面侧视图,其中示出了制造图15A至15C所示的衍射光栅的方法。

[0031] 图17E示出了根据实施例的图17D所示的衍射光栅的俯视平面图。

[0032] 图18A至18C示出了根据实施例的中间结构和衍射光栅的横截面侧视图,其中示出了制造图16A所示的衍射光栅的方法。

[0033] 图18D示出了根据实施例的图18C所示的衍射光栅的俯视平面图。

[0034] 图19A至19B示出了根据实施例的具有多个区的衍射光栅的俯视图和横截面侧视图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的手性。

[0035] 图20是根据实施例的具有多个区的衍射光栅的横截面侧视图,在所述多个区中,液晶分子具有不同的手性。

[0036] 图21是根据实施例的具有多个区的衍射光栅的横截面侧视图,在所述多个区中,液晶层由不同液晶材料形成。

具体实施方式

[0037] AR系统可以向用户或观看者显示虚拟内容,同时仍然允许用户看到其周围的世界。优选地,该内容在头戴式显示器(例如作为眼镜的一部分)上显示,头戴式显示器将图像信息投射到用户的眼睛。另外,显示器还可以将来自周围环境的光透射到用户的眼睛,以允许观看该周围环境。如本文所使用的,应当理解,“头戴式”显示器是可以安装在观看者头部上的显示器。

[0038] 现在将参考附图,其中在所有附图中,相同的参考标号指示相同的部分。

[0039] 图2示出了可穿戴显示系统80的示例。显示系统80包括显示器62,以及支持该显示器62的功能的各种机械和电子模块和系统。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的眼睛前方。在一些实施例中,显示器62可以被视为眼镜。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60的耳道附近(在一些实施例中,另一扬声器(未示出)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)。在一些实施例中,显示系统还可以包括一个或多个麦克风67或其它检测声音的设备。在一些实施例中,麦克风被配置为允许用户向系统80提供输入或命令(例如,语音菜单命令的选择、自然语言问题等)和/或可以允许与其它人(例如,与类似显示系统的其他用户)进行音频通信。麦克风还可以被配置为外围传感器以连续收集音频数据(例如,以被动地从用户和/或环境收集)。这种音频数据可以包括用户声音(诸如重呼吸)或环境声音(诸如指示附近事件的巨响)。显示系统还可以包括外围传感器

30a,其可以与框架64分离并且被附接到用户60的身体(例如,在用户60的头部、躯干、四肢等上)。如本文进一步描述的,在一些实施例中,外围传感器30a可以被配置为获取表征用户60的生理状态的数据。例如,传感器30a可以是电极。

[0040] 继续参考图2,显示器62通过通信链路68(例如通过有线引线或无线连接)可操作地耦接到本地数据处理模块70,本地数据处理模块70可以以各种配置被安装,例如固定地附接到框架64,固定地附接到用户所戴的头盔或帽子,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,采取腰带耦接式配置)。类似地,传感器30a可通过通信链路30b(例如通过有线引线或无线连接)可操作地耦接到本地处理和数据模块70。本地处理和数据模块70可以包括硬件处理器,以及数字存储器,诸如非易失性存储器(例如,闪存存储器或硬盘驱动器),这两者都可被用于辅助数据的处理、缓存和存储。这些数据包括:
a)从传感器(其例如可以可操作地耦接到框架64或以其它方式附接到用户60)捕获的数据,这些传感器例如为图像捕获设备(如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备、陀螺仪和/或此处公开的其它传感器;和/或b)使用远程处理模块72和/或远程数据储存库74获取和/或处理的数据(包括与虚拟内容相关的数据),这些数据可能在被这样的处理或检索之后被传送到显示器62。本地处理和数据模块70可以通过通信链路76、78(诸如经由有线或无线通信链路)可操作地耦接到远程处理模块72和远程数据储存库74,使得这些远程模块72、74可操作地彼此耦接,并且作为资源可用于本地处理和数据模块70。在一些实施例中,本地处理和数据模块70可以包括图像捕获设备、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪中的一者或多者。在一些其它实施例中,这些传感器中的一者或多者可以附接到框架64,或者可以是通过有线或无线通信路径与本地处理和数据模块70通信的独立结构。

[0041] 继续参考图2,在一些实施例中,远程处理模块72可以包括被配置为分析和处理数据和/或图像信息的一个或多个处理器。在一些实施例中,远程数据储存库74可以包括数字数据存储设施,该设施可以通过因特网或“云”资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中,远程数据储存库74可以包括一个或多个远程服务器,这些服务器向本地处理和数据模块70和/或远程处理模块72提供信息,例如用于生成增强现实内容的信息。在一些实施例中,所有数据都被存储,所有计算都在本地处理和数据模块中被执行,允许从远程模块完全自主地使用。

[0042] 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5、7,其中每个图像针对一只眼睛4、6。图像5、7沿着平行于观看者视线的光轴或z轴而与眼睛4、6相隔一距离10。图像5、7是平坦的,眼睛4、6可以通过假设单个调节状态而聚焦在这些图像上。这样的系统依赖于人类视觉系统来组合图像5、7以为组合图像提供深度感和/或缩放。

[0043] 然而,应当理解,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聚散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运动(例如,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-聚散反射”的关系以及瞳孔扩张或收缩而自动导致与同一距离匹配的聚散度变化。同样,在正常条件下,聚散度的变化将触发晶状体形状和瞳孔大小的匹配的调节变化。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,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-聚散反射”起作用。在调节和聚散之间提供更好匹配的显示系统可以形成更逼真和舒适的三维图像模拟,从而有助于增加穿戴持续时间,进而遵从诊断和治疗协议。

[0044] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。参考图4,z轴上距眼睛4、6不同距离处的对象由眼睛4、6调节,以使这些对象焦点对准(in focus)。眼睛(4和6)呈现特定的调节状态,以使沿着z轴的不同距离处的对象进入焦点。因此,可以说特定的调节状态与深度平面14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焦点对准。在一些实施例中,可以通过为每只眼睛4、6提供图像的不同呈现来模拟三维图像,并且还可以通过提供与深度平面中每一个深度平面对应的图像的不同呈现来模拟三维图像。尽管为了清楚说明而示出为分离的,但应理解,例如,随着沿着z轴的距离增加,眼睛4、6的视野可以重叠。另外,尽管为了便于说明而示出为平坦的,但是应当理解,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焦点对准。

[0045] 对象与眼睛4或6之间的距离也可以改变来自该眼睛所看到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4之间的距离按照递减的次序由距离R1、R2和R3表示。如图5A至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,其是该点距用户眼睛的距离的函数。随着对象与眼睛4之间的距离减小,曲率增大。因此,在不同的深度平面处,光线的发散度也不同,发散度随着深度平面与观看者眼睛4之间的距离的减小而增大。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4,但是应当理解,关于眼睛4的讨论可以应用于观看者的双眼4和6。

[0046] 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,通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一个深度平面对应的图像的不同呈现,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进入焦点所需的眼睛调节和/或基于观察到在不同深度平面上的不同图像特征的焦点没对准,为用户提供深度线索。

[0047] 图6示出了用于将图像信息输出给用户的波导堆叠的示例。显示系统1000包括波导堆叠或堆叠波导组件178,其可用于使用多个波导1182、1184、1186、1188、1190向眼睛/大脑提供三维感知。在一些实施例中,显示系统1000是图2的系统80,图6更详细地示意性地示出了该系统80的一些部分。例如,波导组件1178可以是图2的显示器62的一部分。将理解,在一些实施例中,显示系统1000可以被视为光场显示器。

[0048] 继续参考图6,波导组件1178还可以包括位于波导之间的多个特征1198、1196、1194、1192。在一些实施例中,特征1198、1196、1194、1192可以是一个或多个透镜。波导1182、1184、1186、1188、1190和/或多个透镜1198、1196、1194、1192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。每个波导级可以与特定深度平面相关联,并且可以被配置为输出对应于该深度平面的图像信息。图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208可以用作波导的光源,并且可用于将图像信息注入到波导1182、1184、1186、1188、1190中,如本文所述,每个波导可以被配置为将入射光分配穿过每个相应的波导以朝着眼睛4输出。光从图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208的输出表面1300、1302、1304、1306、1308出射,并且注入到波导1182、1184、1186、1188、1190的相应输入表面1382、1384、1386、1388、1390中。在一些实施例中,输入表面1382、1384、1386、1388、1390中的每一者可以是相应波导的边,或者可以是相应波导的主表面(即,直接面向世界1144或观看者眼睛4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,以便以与特定波导相关联的深度平面对应的特定角度(和发散量)输出朝向眼睛4定向的克隆准直光束的整个视野。在一些实施例中,图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208的一者可以与多个波导1182、1184、1186、1188、1190(例如,其中的三个)相关联并将光注入到这些波导中。

[0049] 在一些实施例中,图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208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1182、1184、1186、1188、1190中的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208是单个多路复用显示器的输出端,例如,多路复用显示器可以经由一个或多个光学导管(例如,光纤光缆)将图像信息通过管道传输到图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208中的每一者。将理解,由图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208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)。

[0050] 在一些实施例中,注入到波导1182、1184、1186、1188、1190中的光由光投射器系统2000提供,光投射器系统2000包括光模块2040,光模块2040可以包括光发射器,例如发光二极管(LED)。来自光模块2040的光可以经由分束器2050而被引导到光调制器2030(例如,空间光调制器)以及被光调制器2030修改。光调制器2030可以被配置为改变注入到波导1182、1184、1186、1188、1190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。

[0051] 在一些实施例中,显示系统1000可以是包括一个或多个扫描光纤的扫描光纤显示器,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1182、1184、1186、1188、1190中并最终投射到观看者的眼睛4。在一些实施例中,所示的图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208可示意性地表示单个扫描光纤或扫描光纤束,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1182、1184、1186、1188、1190中。在一些其它实施例中,所示的图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208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1182、1184、1186、1188、1190中关联的一者中。应当理解,一个或多个光纤可以被配置为将光从光模块2040传输到一个或多个波导1182、1184、1186、1188、1190。应当理解,可以在一个或多个扫描光纤与一个或多个波导1182、1184、1186、

1188、1190之间提供一个或多个居间光学结构,以例如将从扫描光纤出射的光重定向到一个或多个波导1182、1184、1186、1188、1190中。

[0052] 控制器1210控制堆叠波导组件1178中的一者或多者的操作,包括图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208、光源2040和光调制器2030的操作。在一些实施例中,控制器1210是本地数据处理模块70的一部分。控制器1210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,调节定时和向波导1182、1184、1186、1188、1190的图像信息提供。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1210可以是处理模块70或72(图1)的一部分。

[0053] 继续参考图6,波导1182、1184、1186、1188、1190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1182、1184、1186、1188、1190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1182、1184、1186、1188、1190可各自包括耦出(outcoupling)光学元件1282、1284、1286、1288、1290,这些元件被配置为通过重定向光来从波导中提取光,在各自对应的波导内部传播,从波导出射以将图像信息输出到眼睛4。所提取的光也可以被称为耦出光,而耦出光学元件光也可以被称为光提取光学元件。在波导中传播的光照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1282、1284、1286、1288、1290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1182、1184、1186、1188、1190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1282、1284、1286、1288、1290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1182、1184、1186、1188、1190的体中。在一些实施例中,耦出光学元件1282、1284、1286、1288、1290可以被形成在附接到透明基板材料层中,以形成波导1182、1184、1186、1188、1190。在一些其它实施例中,波导1182、1184、1186、1188、1190可以是单片材料,且耦出光学元件1282、1284、1286、1288、1290可以被形成在该片材料的表面上和/或内部中。

[0054] 继续参考图6,如本文所讨论的,每个波导1182、1184、1186、1188、1190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1182可以被配置为将注入到这种波导1182中的准直光传送到眼睛4。准直光可以代表光学无限远焦平面。下一个上行波导1184可以被配置为将穿过第一透镜1192(例如,负透镜)的准直光在其可以到达眼睛4之前发送出;这样的第一透镜1192可以被配置为产生微凸的波前曲率,使得眼睛/大脑将来自下一个上行波导1184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更靠近向内朝向眼睛4。类似地,第三上行波导1186使其输出光在到达眼睛4之前通过第一透镜1192和第二透镜1194;第一透镜1192和第二透镜1194的组合光焦度(optical power)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1186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下一个上行波导1184的光更靠近向内朝向人。

[0055] 其它波导层1188、1190和透镜1196、1198被类似地配置,其中堆叠中的最高波导1190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聚合焦度(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

1144的光时补偿透镜堆叠1198、1196、1194、1192,可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层1180以补偿下面的透镜堆叠1198、1196、1194、1192的聚合焦距。这种配置提供与可用的波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面都可以是静态的(即,不是动态的或电活性的)。在一些替代实施例中,它们中的一者或全部两者可以是使用电活性特征而动态的。

[0056] 在一些实施例中,波导1182、1184、1186、1188、1190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1182、1184、1186、1188、1190可以被配置为将图像集输出到相同的深度平面,或者波导1182、1184、1186、1188、1190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。这可以提供形成平铺图像以在那些深度平面处提供扩展的视野的优势。

[0057] 继续参考图6,耦出光学元件1282、1284、1286、1288、1290可以被配置为将光重定向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该光。结果,具有不同相关联深度平面的波导可具有不同的耦出光学元件1282、1284、1286、1288、1290的配置,这些耦出光学元件依赖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1282、1284、1286、1288、1290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1282、1284、1286、1288、1290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1198、1196、1194、1192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)。

[0058] 在一些实施例中,耦出光学元件1282、1284、1286、1288、1290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4,而其余部分经由全内反射而继续移动通过波导。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。

[0059] 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”状态之间可切换。例如,可切换的DOE可以包括聚合物分散液晶层,其中微滴在主体介质中包含衍射图案,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)。

[0060] 在一些实施例中,可提供相机组件500(例如,数字相机,包括可见光和红外光相机)以捕获眼睛4和/或眼睛4周围的组织的图像,从而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500可以包括图像捕获设备和光源,以将光(例如,红外光)投射到眼睛,然后光可以被眼睛反射并被图像捕获设备检测到。在一些实施例中,相机组件500可以被附接到框架64(图2)并且可以与处理模块70和/或72电通信,处理模块70和/或72可以处理来自相机组件500的图像信息,以做出关于例如用户的生理状态的各种确定,如本文所述的。应当理解,关于用户的生理状态的信息可被用于确定用户的行为或情绪状态。此类信息的示例包括用户的动作和/或用户的面部表情。然后可以利用所收集的环境和/或虚拟内容数据对用户的行为或情

绪状态进行三角测量,以便确定行为或情绪状态、生理状态和环境或虚拟内容数据之间的关系。在一些实施例中,可以针对每只眼睛使用一个相机组件500以分别监测每只眼睛。

[0061] 现在参考图7,其中示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是应当理解,波导组件1178(图6)中的其它波导可以类似地起作用,其中波导组件1178包括多个波导。光400在波导1182的输入表面1382处被注入到波导1182中,并通过TIR在波导1182内传播。在光400照射在DOE 282上的点处,一部分光作为出射光束402离开波导。出射光束402被示例为基本上平行,但是如本文所讨论的,依赖于与波导1182相关联的深度平面,出射光束402也可以以一角度(例如,形成发散的出射光束)被重定向以传播到眼睛4。应该理解,基本上平行的出射光束可以指示具有耦出光学元件的波导,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4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4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4的距离的光。

[0062] 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14a-14f,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分量颜色图像: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。对于字母G,R和B之后的屈光度(dpt),在图中通过不同的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用户舒适度,和/或可以减少色差。

[0063] 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邻近彼此,但应当理解,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,使得例如每个深度平面可以仅提供单个波导。

[0064] 继续参考图8,在一些实施例中,G是绿色,R是红色,B是蓝色。在一些其他实施例中,除了红色、绿色或蓝色之外,可以使用与其他波长的光(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198、196、194和192可以是有源或无源光学滤波器,其被配置为阻挡来自周围环境的光或选择性地允许来自周围环境的光到达观看者的眼睛。

[0065] 应当理解,贯穿本公开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。

[0066] 在一些实施例中,光源2040(图6)可以被配置为发射观看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/或紫外波长的光。此外,显示器1000的波导的耦入、耦出和其它光重定向结构可以被配置为引导此光并使此光从显示器出射朝向用户的眼睛4,例如用于成像和/或用户激励应用。

[0067] 现在参考图9A,在一些实施例中,可能需要将照射在波导上的光重定向以将该光耦入到波导中。可以使用耦入光学元件将光重定向并且耦入到其对应的波导中。图9A示出了多个堆叠波导或堆叠波导组1200的示例的横截面侧视图,每个波导包括耦入光学元件。波导可以被各自配置为输出一个或多个不同波长的光,或一个或多个不同波长范围的光。应当理解,堆叠1200可以对应于堆叠1178(图6),并且除了来自图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208中的一者或多者的光从需要光被重定向以耦入的位置被注入到波导中之外,堆叠1200的所示波导可以对应于多个波导1182、1184、1186、1188、1190的一部分。

[0068] 所示的堆叠波导组1200包括波导1210、1220和1230。每个波导包括关联的耦入光学元件(其也可以被称为波导上的光输入区域),其中例如耦入光学元件1212被设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上,耦入光学元件1224被设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上,耦入光学元件1232被设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上。在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、1232中的一者或多者可以被设置在相应波导1210、1220、1230的底部主表面上(特别是在一个或多个耦入光学元件是反射性的偏转光学元件的情况下)。如图所示,耦入光学元件1212、1222、1232可以被设置在它们相应的波导1210、1220、1230(或下一下行波导的顶部)的顶部主表面上,特别是在那些耦入光学元件是透射性的偏转光学元件的情况下。在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、1232可以被设置在相应的波导1210、1220、1230的体中。在一些实施例中,如本文所讨论的,耦入光学元件1212、1222、1232是波长选择性的,使得它们选择性地重定向一个或多个波长的光,同时透射其他波长的光。尽管在它们相应的波导1210、1220、1230的一侧或角上示出,但是应当理解,在一些实施例中,耦入光学元件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。

[0069] 如图所示,耦入光学元件1212、1222、1232可以彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦入光学元件可以被偏移,使得耦入光学元件接收光,而该光无需传输通过另一耦入光学元件。例如,如图6所示,每个耦入光学元件1212、1222、1232可以被配置为从不同的图像注入装置1200、1202、1204、1206和1208接收光,并且可以与其它耦入光学元件1212、1222、1232分开(例如,横向间隔开),使得该耦入光学元件基本上不接收来自耦入光学元件1212、1222、1232中的其它耦入光学元件的光。

[0070] 每个波导还包括关联的光分布元件,其中,例如,光分布元件1214被设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上,光分布元件1224被设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上,光分布元件1234被设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上。在一些其它实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在关联的波导1210、1220、1230的底部主表面上。在一些其它实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在关联的波导1210、1220、1230的顶部主表面和底部主表面上;或者,光分布元件1214、1224、1234可以被分别设置在不同的关联的波导1210、1220、1230中的顶部主表面和底部主

表面中的不同主表面上。

[0071] 波导1210、1220、1230可以被例如气体、液体和/或固体材料层间隔开并分隔开。例如,如图所示,层1218a可以使波导1210和1220分隔开;层1218b可以使波导1220和1230分隔开。在一些实施例中,层1218a和1218b由低折射率材料(即,具有比形成紧邻的波导1210、1220、1230中的一个波导的材料的折射率低的材料)形成。优选地,形成层1218a、1218b的材料折射率比形成波导1210、1220、1230的材料折射率小了0.05或更大,或小了0.10或更大。有利地,较低折射率层1218a、1218b可以作为包层,其促进通过波导1210、1220、1230的光的全内反射(TIR)(例如,在每个波导的顶部主表面与底部主表面之间的TIR)。在一些实施例中,层1218a、1218b由空气形成。尽管未示出,但应当理解,所示波导组1200的顶部和底部可包括紧邻的包层。

[0072] 优选地,为了便于制造和出于其它考虑,形成波导1210、1220、1230的材料相似或相同,并且形成层1218a、1218b的材料相似或相同。在一些实施例中,形成波导1210、1220、1230的材料在一个或多个波导之间可以是不同的,和/或形成层1218a、1218b的材料可以是不同的,同时仍然保持上述各种折射率关系。

[0073] 继续参考图9A,光线1240、1242、1244入射在波导组1200上。应当理解,光线1240、1242、1244可通过一个或多个图像注入装置1200、1202、1204、1206、1208(图6)而被注入到波导1210、1220、1230中。

[0074] 在一些实施例中,光线1240、1242、1244具有不同的特性,例如,不同的波长或不同的波长范围,这些波长或波长范围可以对应于不同的颜色。耦合光学元件1212、1222、1232各自使入射光偏转,使得光通过TIR传播通过波导1210、1220、1230中的相应一者。

[0075] 例如,耦合光学元件1212可以被配置为使具有第一波长或第一波长范围的光线1240偏转。类似地,透射光线1242照射在耦合光学元件1222上并被耦合光学元件1222偏转,该耦合光学元件1222被配置为使第二波长或第二波长范围的光偏转。同样,光线1244被耦合光学元件1232偏转,该耦合光学元件1232被配置为选择性地使第三波长或第三波长范围的光偏转。

[0076] 继续参考图9A,偏转的光线1240、1242、1244被偏转为使得它们传播通过对应的波导1210、1220、1230;也就是说,每个波导的耦合光学元件1212、1222、1232将光偏转到该对应的波导1210、1220、1230中,以将光耦合到该对应的波导中。光线1240、1242、1244以一定角度被偏转,所述角度使光通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230。光线1240、1242、1244通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230,直到照射到波导的对应的光分布元件1214、1224、1234上。

[0077] 现在参考图9B,示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。如上所述,耦合的光线1240、1242、1244分别被耦合光学元件1212、1222、1232偏转,然后分别在波导1210、1220、1230内通过TIR传播。然后,光线1240、1242、1244分别照射在光分布元件1214、1224、1234上。光分布元件1214、1224、1234使光线1240、1242、1244偏转,使得光线1240、1242、1244分别朝向耦合光学元件1250、1252、1254传播。

[0078] 在一些实施例中,光分布元件1214、1224、1234是正交光瞳扩展器(OPE)。在一些实施例中,OPE既将光偏转或分布到耦合光学元件1250、1252、1254,也在光向耦合光学元件传播时增加此光的光束或光斑尺寸。在一些实施例中,例如,在光束尺寸已经是理想尺寸的实

施例中,可以省略光分布元件1214、1224、1234,并且可以将耦入光学元件1212、1222、1232配置为将光直接偏转到耦出光学元件1250、1252、1254。例如,参考图9A,光分布元件1214、1224、1234可分别被耦出光学元件1250、1252、1254代替。在一些实施例中,耦出光学元件1250、1252、1254是出射光瞳(EP)或出射光瞳扩展器(EPE),其将光导入观看者的眼睛4(图7)中。

[0079] 因此,参考图9A和9B,在一些实施例中,波导组1200包括:波导1210、1220、1230;耦入光学元件1212、1222、1232;光分布元件(例如,OPE)1214、1224、1234;以及耦出光学元件(例如,EP)1250、1252、1254,用于每种分量颜色。波导1210、1220、1230可以被堆叠有每个波导之间的气隙/包层。耦入光学元件1212、1222、1232将入射光(其中不同耦入光学元件接收不同波长的光)重定向或偏转到其波导中。然后光以一角度传播,该角度将导致相应波导1210、1220、1230内的TIR。在所示的示例中,以先前描述的方式,光线1240(例如,蓝光)被第一耦入光学元件1212偏转,然后继续沿波导反弹,与光分布元件(例如,OPE)1214和耦出光学元件(例如,EP)1250相互作用。光线1242和1244(例如,分别为绿光和红光)将传输通过波导1210,其中光线1242照射在耦入光学元件1222上并被耦入光学元件1222偏转。光线1242然后经由TIR沿波导1220反弹,前进到其光分布元件(例如,OPE)1224,然后前进到耦出光学元件(例如,EP)1252。最后,光线1244(例如,红光)传输通过波导1230而照射在波导1230的光耦入光学元件1232上。光耦入光学元件1232使光线1244偏转,使得该光线通过TIR传播到光分布元件(例如,OPE)1234,然后通过TIR传播到耦出光学元件(例如,EP)1254。然后,耦出光学元件1254最终将光线1244耦出到观看者,观看者还接收来自其它波导1210、1220的耦出光。

[0080] 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。如图所示,波导1210、1220、1230以及每个波导的关联的光分布元件1214、1224、1234和关联的耦出光学元件1250、1252、1254可以垂直对准。然而,如本文所讨论的,耦入光学元件1212、1222、1232不是垂直对准的;相反,耦入光学元件优选地是不重叠的(例如,当在俯视图中观看时横向间隔开)。如本文进一步讨论的,此不重叠的空间布置有助于将来自不同资源的光一对一地注入到不同波导中,从而允许特定光源被唯一地耦合到特定波导。在一些实施例中,包括不重叠的空间分离的耦入光学元件的布置可以被称为移位的光瞳系统,并且这些布置内的耦入光学元件可以与子光瞳对应。

[0081] 空间可变液晶衍射光栅

[0082] 如上面参考图6和7所述,根据本文描述的各种实施例的显示系统可以包括耦出光学元件(例如,图6中的光学元件1282、1284、1286、1288、1290),其可以包括衍射光栅。如上面参考图7所述,在波导1182的输入表面1382处被注入到波导1182中的光400通过全内反射(TIR)在波导1182内传播。返回参考图7,在光400照射在耦出光学元件1282上的点处,一部分光作为出射光束402离开波导。在一些实施方式中,可能希望将光学元件1282配置为具有空间变化的光学特性(包括衍射特性)的衍射光栅。例如当光在波导1182内传播期间其强度显著衰减时,可能需要这样的配置。在这种情况下,可能希望光栅1282具有某些衍射特性,例如衍射效率(衍射光束强度与入射光束强度的比率)或折射率沿光传播方向变化,使得出射光束402的强度均匀性得到改善。例如,为了有意地使光强度跨光栅1282偏斜以适应与人眼相关联的感测效率的空间和/或角度变化,从而使用户体验最大化,也需要这样的配置。

因此,需要耦出光学元件(例如,衍射光栅)具有空间变化的光学特性。

[0083] 对于一些应用,可以通过使光栅在结构上变化的周期性结构(例如通过使用半导体处理技术)来实现渐变衍射特性。例如,可使用半导体蚀刻技术将光栅全息地图案化到刚性基板材料(例如熔融石英)内。例如,通过使蚀刻轮廓在空间上变化,可以产生相应地空间变化的占空比或光栅深度。然而,这种方法通常涉及相对复杂和昂贵的工艺,例如多个蚀刻处理。因此,可以通过相对简单的处理技术制造的具有空间变化的光学特性的衍射光栅可能是有益的。为此,根据本文公开的各种实施例,使用液晶材料使衍射特性跨衍射光栅的区域(area)在空间上变化,例如,通过使液晶分子的定向(alignment)特性或其它材料特性在空间上变化。在各种实施例中,使用光聚合液晶材料或反应性液晶原(mesogen)来使衍射光栅的衍射特性在空间上变化。例如,通过用液晶材料涂覆光栅的不同区域并使其特性(例如定向特性)在空间上变化,可以产生空间上变化的衍射特性。

[0084] 在下文中,液晶(LC)光栅的各种实施例具有变化的光学特性,例如梯度光学特性,例如变化的衍射特性(包括衍射效率)。通常,衍射光栅具有周期性结构,该周期性结构将光分裂并衍射成沿不同方向行进的若干光束。这些光束的方向尤其取决于周期性结构的周期和光的波长。为了实现跨光栅区域在空间上变化的某些光学特性(例如,空间上变化的衍射效率),对于某些应用(例如具有均匀强度的出射光束402的耦出光学元件282),液晶的材料特性可以在空间上变化。

[0085] 通常,液晶具有介于常规流体和固体之间的物理特性。虽然液晶在某些方面是流体状的,但与大多数流体不同,液晶内的分子的排列呈现出一些结构顺序。不同类型的液晶包括热致液晶、溶致液晶和聚合物液晶。本文公开的热致液晶可以以各种物理状态实施,例如相,包括向列态/相、近晶态/相、手性向列态/相,或手性近晶态/相。

[0086] 如本文所述,处于向列态或相的液晶可具有棒状(calamitic)(棍状)或盘状(圆盘状)有机分子,这些分子具有相对较小的位置顺序,同时具有长程方向顺序,其长轴大致平行。因此,有机分子可以自由流动,其质心位置在液体中随机分布,同时仍保持其长程方向顺序。在一些实施方式中,处于向列相的液晶可以是单轴的;即,液晶具有一个较长的优先轴,而另两个轴大致相等。在其它实施方式中,液晶可以是双轴的;即,除了定向其长轴之外,液晶还可以沿次轴定向。

[0087] 如本文所述,处于近晶态或相的液晶可具有形成相对明确限定的层的有机分子,这些层可以一个在另一个之上滑动。在一些实施方式中,处于近晶相的液晶可沿一个方向在位置上有序。在一些实施方式中,分子的长轴可沿与液晶层的平面基本垂直的方向取向,而在其它实施方式中,分子的长轴可相对于与该层的平面垂直的方向倾斜。

[0088] 如本文所述,向列型液晶由棒状分子组成,其中相邻分子的长轴彼此大致对准。为了描述这种各向异性结构,可以使用被称为指向矢(director)的无量纲单位矢量 $\underline{n}$ 来描述液晶分子的优先取向的方向。

[0089] 如本文所述,处于向列态或近晶态的液晶也可以呈现出手性。在手性相中,液晶可以呈现出垂直于指向矢的分子的扭转,其中分子轴平行于指向矢。相邻分子之间的有限扭转角源于其不对称堆积,这导致较长程手性顺序。

[0090] 如本文所述,可以将处于手性近晶态或相的液晶配置为使得分子在层叠结构中位置有序,其中分子相对于层法线倾斜有限角度。此外,手性可以引起从一层到下一层的连续

方位角扭转,产生沿着层法线的分子轴的螺旋扭转。

[0091] 如本文所述,显示手性的液晶可被描述为具有手性间距 p ,手性间距 p 可指液晶分子经历完全 360° 扭转的距离。当温度改变或当其它分子被加入到液晶主体中时,间距 p 可以改变(如果被手性材料掺杂,则非手性液体主体材料可以形成手性相),从而允许相应地调整给定材料的间距。在一些液晶系统中,该间距与可见光的波长具有相同的量级。如本文所述,显示手性的液晶也可以被描述为具有扭转角,扭转角例如可以指跨液晶材料厚度在最上面的液晶分子与最下面的液晶分子之间的相对方位角旋转。

[0092] 根据本文描述的各种实施例,具有上述各种态或相的液晶可以被配置为,为衍射光栅提供各种期望的材料特性,其中包括例如双折射、光学各向异性和使用薄膜工艺的可制造性。例如,通过改变液晶层的表面条件和/或混合不同的液晶材料,可以制成呈现出空间变化的衍射特性(例如,梯度衍射效率)的光栅结构。

[0093] 如本文所述,“可聚合液晶”可以指可以被聚合(例如原位光聚合)的液晶材料,在本文中也可被描述为反应性液晶原(RM)。

[0094] 应当理解,在一些实施例中,液晶分子可以是可聚合的,并且,一旦被聚合,可以与其它液晶分子形成大的网络。例如,液晶分子可以通过化学键或链接性化学物质而与其它液晶分子链接。一旦被接合在一起,液晶分子可以形成液晶畴,这些液晶畴具有与链接在一起之前基本相同的取向和位置。为了便于描述,术语“液晶分子”在本文中用于既指聚合前的液晶分子,也指由这些分子在聚合后形成的液晶畴。

[0095] 根据本文所述的特定实施例,可光聚合的液晶材料可以被配置为形成衍射光栅,该衍射光栅的材料特性(包括双折射、手性和多次涂覆容易性)可被用于产生具有渐变衍射效率的光栅,因为这些材料特性(例如,双折射、手性和厚度)的变化导致衍射效率的变化。

[0096] 应当理解,如本文所述,“透射性”或“透明”结构(例如,透明基板)可以允许入射光的至少一部分(例如,至少20%、30%或50%)通过它。因此,在一些实施例中,透明基板可以是玻璃、蓝宝石或聚合物基板。相反,“反射性”结构(例如反射基板)可以反射入射光的至少一部分(例如,至少20%、30%、50%、70%、90%或更多)以从其反射。

[0097] 光栅的光学特性由光栅的物理结构(例如,周期性、深度和占空比)以及光栅的材料特性(例如,折射率、吸收和双折射)确定。当使用液晶时,可以通过控制例如液晶材料的分子取向或分布来控制光栅的光学特性。例如,通过使液晶材料跨光栅区域的分子取向或分布变化,光栅可以呈现出渐变的衍射效率。下面参考附图描述这样的方法。

[0098] 在各种实施例中,衍射光栅包括基板和多个不同的衍射区,这些不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。衍射光栅还包括与不同的衍射区对应的多个不同的液晶层,其中不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0099] 光定向空间可变液晶衍射光栅

[0100] 参考图10A至10C,其中示出了根据一些实施例的衍射光栅100A至100C的横截面侧视图(沿 x - z 平面观察)。衍射光栅100A至100C中的每一者包括基板104和多个衍射区,即,如图10A所示的衍射区108A-1、108A-2、……和108A- n ;如图10B所示的衍射区108B-1、108B-2、……和108B- n ;如图10C所示的衍射区108C-1、108C-2、……和108C- n 。

[0101] 衍射光栅100A至100C中的每一者的衍射区具有周期性重复的横向尺寸或光栅周

期 Λ , 并且包括由液晶分子112形成的对应的液晶层。在所示实施例和整个本公开中, 除了液晶分子的其它可能态之外, 液晶分子112还可以处于向列态或近晶态, 或处于这两者的混合态。在所示实施例和整个本公开中, 各种实施例可以具有在约100nm与约10,000nm之间, 在约200nm与约2000nm之间、或在约300nm与约1000nm之间的光栅周期 Λ , 使得多个衍射区被配置为衍射可见光。

[0102] 衍射光栅100A的衍射区108A-1、108A-2、……108A-n分别具有相应的液晶层116A-1、116A-2、……116A-n; 衍射光栅100B的衍射区108B-1、108B-2、……108B-n分别具有相应的液晶层116B-1、116B-2、……116B-n; 衍射光栅100C的衍射区108C-1、108C-2、...108C-n分别具有相应的液晶层116C-1、116C-2和116C-n。

[0103] 在本文和整个说明书中将理解, “n” 可以是用于表示不同区 (zone) 的数量的适当整数。例如, 衍射区108B-1、108B-2、……108B-n指示可以存在n个衍射区, 其中n是整数。图中省略的衍射区的数量 (n) 例如可以在1于约500之间, 约1与约200之间、或约1与约100之间。在一些实施方式中, 衍射光栅的光学特性在整个表面上可以连续变化。在一种实施方式中, 例如, 对于至少一些衍射区, 每衍射区可以存在一个光栅周期 Λ 。当每个衍射区具有一个光栅周期 Λ 时, 衍射区的数量 (n) 可以表示光栅周期 Λ 的数量。

[0104] 在本文和整个说明书中将理解, 当在图中指示时, “……” 可以表示在所示的区之间存在另外的衍射区, 这些另外的衍射区可以被连续地连接并且与任何其它相邻地示出的区相似或相同。另外, “……” 还可以表示周期性地重复任何合适次数的衍射区的布置。

[0105] 衍射光栅100A的液晶层116A-1、116A-2和116A-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域 (diffracting region) 116A-1L和116A-1R; 116A-2L和116A-2R; ……以及116A-nL和116A-nR。类似地, 衍射光栅100B的液晶层116B-1、116B-2和116B-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域116B-1L和116B-1R; 116B-2L和116B-2R; ……以及116B-nL和116B-nR。类似地, 衍射光栅100C的液晶层116C-1、116C-2和116C-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域116C-1L和116C-1R; 116C-2L和116C-2R; ……以及116C-nL和116C-nR。这些区域有时被称为液晶分子畴。

[0106] 仍然参考图10A至10C, 每个不同的衍射区还包括插在基板104和对应的液晶层之间的定向层 (alignment layer) 120, 其中定向层被配置为引起每个区中的不同区域内的液晶分子的定向。插在基板104和图10A的衍射光栅100A的第一/第二衍射区域116A-1L/116A-1R、116A-2L/116A-2R、……和116A-nL/116A-nR之间的分别是第一和第二定向层120A-1L/120A-1R、120A-2L/120A-2R、……和120A-nL/120A-nR。类似地, 插在基板104和图10B的衍射光栅100B的第一/第二衍射区域116B-1L/116B-1R、116B-2L/116B-2R、……和116B-nL/116B-nR之间的分别是第一/第二定向层120B-1L/120B-1R、120B-2L/120B-2R、……和120B-nL/120B-nR。类似地, 插在基板104和图10C的衍射光栅100C的不同地布置的第一/第二衍射区域116C-1L/116C-1R、116C-2L/116C-2R、……和116C-nL/116C-nR之间的分别是第一/第二定向层120C-1L/120C-1R、120C-2L/120C-2R、……和120C-nL/120C-nR。

[0107] 在本文和整个公开内容中, 细长液晶分子的定向方向可以指液晶分子的伸长 (elongation) 方向或指向矢矢量 $\underline{n}$ 的方向。

[0108] 在本文和整个公开中, 倾角或预倾角 Φ 可以指在与液晶层或基板的主表面 (在x-y平面中) 垂直的平面 (例如, x-z平面) 中测量的以及在定向方向与该主表面或平行于该主表

面的方向(例如x方向)之间测量的角。

[0109] 在本文和整个公开中,使用方位角或旋转角 Φ 描述围绕与主表面(在x-y平面中)垂直的轴的旋转角,该角在与液晶层或基板的主表面平行的平面(例如,x-y平面)中测量以及在定向方向和平行于该主表面的方向(例如,y方向)之间测量。

[0110] 在本文和整个公开中,当诸如预倾角 Φ 或旋转角 Φ 之类的定向角被提及为在不同区域之间基本相同时,应该理解,平均定向角例如可以在彼此的约1%、约5%或约10%之内,尽管在一些情况下,平均定向可能更大。

[0111] 在本文和整个公开中,占空比例如可以指具有使液晶分子在第一定向方向上定向的第一区域的第一横向尺寸与包含该第一区域的区的光栅周期之间的比率。在适用的情况下,第一区域对应于其中液晶的定向在不同区之间不变的区域。

[0112] 仍然参考图10A至10C,衍射光栅100A、100B和100C的每个区包括在x方向上交替的第一和第二区域。衍射光栅100A的第一区域116A-1L、116A-2L、……和116A-nL中的每一者,衍射光栅100B的第一区域116B-1L、116B-2L、……和116B-nL中的每一者,以及衍射光栅100C的第一区域116C-1L、116C-2L、……和116A-nL中的每一者具有基本上沿相同的第一定向方向定向,并且具有基本相同的第一预倾角 Φ 的液晶分子112。衍射光栅100A的第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR中的每一者,衍射光栅100B的第二区域116B-1R、116B-2R、……和116B-nL中的每一者,以及衍射光栅100C的第二区域116C-1R、116C-2R、……和116C-nR中的每一者具有基本上沿与第一定向方向不同的第二定向方向定向,并且具有第二预倾角 Φ 的液晶分子112,第二预倾角 Φ 不同于(例如,大于)相应的第一区域的第一预倾角 Φ 。

[0113] 根据实施例,在图10A至10C的衍射光栅100A至100C的每一者中,至少一些衍射区具有由液晶分子形成的液晶层,这些液晶分子在空间上不同地布置,例如,具有彼此不同的预倾角(图10A和10C),或具有横向上变化的占空比(图10B和10C),使得衍射区具有不同的光学特性(例如,不同的折射率和不同的衍射效率)。

[0114] 具体地说,参考图10A的衍射光栅100A,除了具有与第一区域116A-1L、116A-2L、……和116A-nL的第一预倾角 Φ 不同的定向方向和预倾角 Φ 之外,不同的第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR的液晶分子沿着彼此不同的第二定向方向定向。例如,在所示实施例中,区108A-1、108A-2和108A-n被布置成使得第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域116A-1L、116A-2L、……和116A-nL中的每一者具有基本相同的预倾角 Φ ,而第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR具有彼此不同的预倾角 Φ 。举例来说,第一区域116A-1L、116A-2L、……和116A-nL具有在约 ± 15 度之间或在约 ± 10 度之间或在约 ± 5 度之间的预倾角 Φ ,例如0度。第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR可以具有彼此不同,并且各自在约60度和约90度之间或在约65度和约85度之间(例如约75度);在约35度和约65度之间或在约40度和约60度之间(例如约50度);在约10度和约40度之间或在约15度和约35度之间(例如约25度)的预倾角 Φ 。

[0115] 仍然参考图10A,在一些实施例中,如图所示,第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR可以具有倾角 Φ ,该倾角 Φ 在横向方向中的一个方向上变化,例如增大或减小,从而产生衍射特性的梯度。在其它实施例中,第二区域116A-1R、116A-2R、……和116A-nR可以具有不在横向方向中的一个方向上变化的倾角 Φ 。

[0116] 仍然参考图10A,上面定义的占空比可以在约10%和约30%之间,在约30%和约50%之间,在约40%和60%之间(例如约50%),在约50%和约70%之间,或在约70%和约90%之间。

[0117] 现在参考图10B,衍射光栅100B与图10A的衍射光栅100A共享一些共同特征。然而,与图10A的衍射光栅100B不同,不同的第二区域116B-1R、116B-2R、……和116B-nR的液晶分子具有与第一区域116B-1L、116B-2L、……和116B-nL的第一预倾角 Φ 不同的预倾角 Φ ,并且它们被彼此不同地定向。例如,在所示实施例中,区108B-1、108B-2和108B-n被布置成使得第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域116B-1L、116B-2L、……和116B-nL中的每一者具有基本相同的第一预倾角 Φ ,并且第二区域116B-1R、116B-2R、……和116B-nR中的每一者具有基本相同的第二预倾角 Φ 。第一和第二区域的第一和第二预倾角可以具有上面关于图10A的衍射光栅100A所讨论的任何值。

[0118] 仍然参考图10B,与图10A的光栅100A不同,区116B-1、116B-2和116B-3具有基本相同的预倾角,例如,在约0到90度之间,同时分别具有在约40%和约60%之间(例如约50%);在约30%和约50%之间(例如约40%)的占空比,以及在约20%和约40%之间(例如约30%)的占空比,使得衍射光栅100B具有在空间上变化的光学特性。

[0119] 仍然参考图10B,在一些实施例中,如图所示,区可以具有在横向方向中的一个方向上变化(例如,增大或减小)的占空比,从而产生光学特性的梯度。在其它实施例中,占空比不在横向方向中的一个方向上变化。

[0120] 现在参考图10C,所示的衍射光栅100C组合了与上面关于图10A和10B的衍射光栅100A和100B所述的特征类似的特征。具体地说,不同的第二区域116C-1R、116C-2R、……和116C-nR的液晶分子可以具有预倾角 Φ ,该预倾角 Φ 与第一区域116C-1L、116C-2L、……和116C-nL的第一预倾角 Φ 不同,并且被彼此不同地定向。另外,占空比在跨横向方向(例如x方向)上的相邻区之间变化。第一和第二区域的第一和第二预倾角可以具有上面关于图10A的衍射光栅100A所讨论的任何值。另外,跨横向方向(例如x方向)上的相邻区之间的占空比变化也可以具有上面关于图10B的衍射光栅100B所讨论的值。

[0121] 在图10A至10C和整个公开中所示的衍射光栅100A至100C中,应当理解,除了上面讨论的光栅周期和占空比之外,衍射特性还可以通过液晶层的厚度和折射率等进一步限定。根据本文公开的各种实施例,本文公开的液晶层的厚度可以具有在约1 μm 至约100 μm 之间,在约0.5 μm 至约20 μm 之间,或在约0.1 μm 至约10 μm 之间的厚度。本文公开的液晶层的平均折射率可以在约1.8和约2.0之间,在约1.6和约1.8之间,或在约1.4和约1.2之间。本文公开的各种衍射光栅的所得到的平均衍射效率可以在约1%和约80%之间,在约1%和约50%之间,或在约5%和约30%之间。

[0122] 作为实现本文公开的各种实施例和整个公开内容的结果,不同的区可以具有跨衍射光栅的表面区域的、相对于平均折射率在约-30%和约+30%之间,在约-20%和约+20%之间,或在约-10%和约+10%之间变化的折射率。作为进一步的结果,不同的区可以具有跨衍射光栅的表面区域的、相对于平均衍射效率在约1%和约80%之间,在约1%和约50%之间,或在约1%和约30%之间变化的衍射效率。

[0123] 图11A和11B示出了根据实施例的使用光定向技术制造包括跨表面具有不均匀的预倾角的液晶分子的衍射光栅(例如,上述图10A至10C的衍射光栅100A至100C)的方法。

[0124] 参考图11A的中间结构100a,提供了基板104,基板104上形成有光定向层120。基板104可以是在可见光谱中透明的光学透明基板,例如基于二氧化硅的玻璃、石英、蓝宝石、氧化铟锡(ITO)或聚合物基板,这仅是几个例子。

[0125] 如本文所述,光定向层可以指这样的层:在该层上,当沉积液晶分子时,例如由于光定向层施加在液晶分子上的锚定能量,液晶分子变为定向的。光定向层的示例包括聚酰亚胺、线性偏振光聚合的聚合物(LPP)、含偶氮的聚合物、含香豆素的聚合物和含肉桂酸酯的聚合物,这仅是几个例子。

[0126] 可以通过将前体(例如单体)溶解在合适的溶剂中并用溶液涂覆、旋涂基板104的表面来形成光定向层120。然后可以从涂覆的溶液中去掉溶剂。

[0127] 在涂覆和干燥光定向层120之后,可以使用光掩模130使下面的光定向层120的不同区域暴露于不同剂量的光和/或不同偏振的光。例如,将被不同地曝光的光定向层120的区域可以对应于上面关于图10A的光栅100A所述的每个区108A-1和108A-2的第一(例如,左)和第二(例如,右)区域。

[0128] 在一些实施例中,光定向层120可以被配置为使得所得到的液晶分子与曝光用光的偏振方向基本上平行地取向(例如,方位角 Φ 和曝光用光的线偏振角基本相同)。在其它实施例中,光定向层120可以被配置为使得液晶分子与曝光用光的偏振方向基本正交地取向(例如,方位角 Φ 和曝光用光的线偏振角基本上偏移约 $\pm 90^\circ$)。

[0129] 在一个示例中,光掩模130可以是灰度掩模,其具有多个掩模区域130a至130d,这些掩模区域至少部分透明并且可能具有一个或多个不透明区域。多个掩模区域130a至130d中的不同掩模区域可以被配置为透射不同量的入射光140,使得透射通过多个掩模区域130a至130d中的不同掩模区域的透射光140a至140d具有变化的强度,该变化的强度与不同的掩模区域130a至130d对入射光140的相对透明度成比例。然而,实施例不限于此,可以使用其它掩模类型。例如,光掩模130可以是二值掩模(binary mask),其具有多个掩模区域130a至130d,每个掩模区域完全或几乎完全透明或者完全或几乎完全不透明,使得透射通过多个掩模区域130a至130d的透射光140a至140d具有二值强度。

[0130] 光掩模130可以由合适的材料形成,该材料至少部分地吸收UV光。在一些实施例中,透射光跨不同掩模区域130a至130d的变化强度可以通过如下方式来实现:在不同的区域中使用不同的材料(例如,具有不同吸收系数的材料),在不同的区域中掺杂可能不同量的材料,或者在不同的区域中使用不同的厚度。可以使用其它类型的掩模。在一些实施例中,光掩模130可以接触下面的光定向层120,而在其它实施例中,光掩模130不接触下面的光定向层120。

[0131] 入射光可以是UV光(例如来自高压Hg灯),例如,其光谱线在436nm(“g线”)、405nm(“h线”)和365nm(“i线”)处。然而,实施例不限于此,入射光可以是光定向层120响应的任何合适的光,其中包括可见光。当偏振时,可以使用合适的偏振器使入射的UV光发生偏振。因此,在各种情况下,掩模可透射紫外光。除了使用光掩模之外,还可以采用其它图案化方法。

[0132] 在一些实施例中,可以通过使用单个均匀入射光源持续一段时间产生入射光140。然而,实施例不限于此,在其它实施例中,入射光140的强度可以跨不同的掩模区域130a至130d变化。此外,在另外的实施例中,入射光140可以跨不同的掩模区域130a至130d选择性

地持续不同的时间段产生。

[0133] 此外,在所示实施例中,入射光140可以是偏振的,例如线性偏振的,如偏振矢量134至134d示意性地示出的。然而,根据其它实施例的入射光140可以是圆偏振的或椭圆偏振的。在一些实施例中,偏振矢量134至134d可以表示不同的偏振角,而在一些其它实施例中,入射光140可以具有单个偏振角。

[0134] 不受任何理论的束缚,如本文所述,光定向材料与不同剂量和透射光140a至140d的偏振的组合导致所得到的光定向层120的各个区域对上覆的液晶分子施加不同量的锚定能量,从而引起液晶分子的不同取向。也可以采用使用或不使用掩模的其它方法。

[0135] 参考图11B,在使用上述各种技术使光定向层120暴露于不同剂量的透射光140a至140d之后,可以在光定向层120上形成液晶层116。

[0136] 液晶层116可以通过将液晶前体(例如单体)溶解在合适的溶剂中并用其中溶解有液晶前体的溶液涂覆(例如旋涂)定向层120的表面来形成。然后可以从涂覆的溶液中去溶剂。

[0137] 在各种实施例中,用于形成液晶层116的反应性液晶原材料包括例如液晶单丙烯酸酯或二丙烯酸酯。

[0138] 由于上述由光定向层120的不同区域接收的光的剂量和/或偏振角不同,因此,液晶层(例如所沉积的)分别在区108A-1和108A-2中形成液晶层116A-1和116A-2。液晶层116A-1和116A-2进而分别具有第一和第二衍射区域116A-1L和116A-1R,以及116A-2L和116A-2R。如上面关于图10A所述,第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域116A-1L和116A-2L中的每一者具有基本相同的第一预倾角 Φ ,而第二区域116A-1R和116A-2R具有彼此不同并且与第一区域的第一预倾角不同的预倾角 Φ 。不受任何理论的束缚,在一些类型的光定向材料中,可以认为下面的光定向层120暴露于光会增加引起液晶分子的面内定向的锚定能量。因此,根据实施例,在这些光定向材料中,增加曝光导致形成在其上的液晶层的预倾角 Φ 的相应减小。然而,在其它类型的光定向材料中,可以认为下面的光定向层120暴露于光会减小引起液晶分子的面内定向的锚定能量。因此,根据实施例,在这些光定向材料中,增加曝光导致形成在其上的液晶层的预倾角 Φ 的相应增加。

[0139] 因此,根据实施例,通过预倾角 Φ 测量的倾斜度与由下面的光定向层120接收的透射光的剂量成反比。例如,在所示实施例中,光定向层120A-1L和120A-2L接收最高量的入射光,接着是定向层120A-1R,然后是定向层120-2R。因此,所得到的预倾角对于区108A-2的第二区域116A-2R最高,接着是区108A-1的第二区域116A-1R,然后分别是区108A-1和108A-2的第一区域116A-1L和116A-2L。

[0140] 图12A至12C示出了根据实施例的使用光定向技术制造具有非均匀预倾角的衍射光栅(例如,上述图10A至10C的衍射光栅100A至100C)的另一方法。具体地说,在所示实施例中,该方法在形成液晶之前使用定向层的多次曝光。

[0141] 在图12A至12C所示的方法中,类似于关于图11A至11B所示的方法,提供基板104,在基板104上形成有光定向层120。然而,与关于图11A至11B所示的方法不同,在使用光掩模130将下面的光定向层120的不同区域暴露于不同剂量的光和/或不同偏振的光之前,使用第一入射光140A使光定向层120暴露于主(primary)(例如,毯式)图案的光。例如,可以使用毯式曝光(例如,使用毯式半透明灰度掩模(未示出))产生主图案的光。在所示实施例中,针

对对主图案的光的毯式曝光,可以省略掩模。

[0142] 第一入射光140A可以是偏振的,例如,以第一偏振角线性地偏振,如偏振矢量134至134d示意性地示出的。线性偏振的第一入射光140A可以产生液晶分子的均匀定向。在暴露于主(例如,毯式)图案的光之后,可以使用第二入射光140B和光掩模130进一步使定向层120暴露于次(secondary)图案的光,光掩模130被配置为使下面的光定向层120的不同区域暴露于不同剂量的光和/或不同偏振的光,其方式基本类似于上面关于图11A至11B所述的方法。例如,与上面关于衍射光栅100A所述的区108A-1和108A-2中的每一者的第一(例如,左)和第二(例如,右)区域相对应的光定向层120的不同区域可以被暴露于不同剂量和/或不同偏振的光。与第一入射光140A不同,第二入射光140B可以是非偏振的或者圆偏振的。非偏振的或者圆偏振的第二入射光140B可以使液晶分子的定向方向重新分布。所得到的衍射光栅100A类似于上面关于图11B所述的衍射光栅,其中第一区域和第二区域在x方向上交替,并且其中第一区域116A-1L和116A-2L中的每一者具有基本相同的第一预倾角 Φ ,而第二区域116A-1R和116A-2R具有彼此不同并且与第一区域的第一预倾角不同的预倾角 Φ 。

[0143] 第二入射光140B可以是偏振的,例如,以与第一入射光140A的第二偏振角不同的(例如,正交的)第二偏振角线性地偏振,如偏振矢量134e至134h示意性地示出的。在一些其它实施例中,第一和第二偏振角是相同的。在另外一些实施例中,第一和第二偏振角不同,但不是正交的。此外,根据其它实施例的第二入射光140B可以是圆偏振的或椭圆偏振的,具有相对于第一入射光140A的相似或不同的偏振取向。

[0144] 在上面参考图11A至11B和图12A至12C描述的实施例中,已经描述了使用光定向技术控制液晶的预倾角的方法。然而,应当理解,其它实施例也是可能的,其中包括被称为微摩擦(micro-rubbing)的过程,在此过程中,用金属物体(例如负载下的金属球)摩擦定向层。例如,与定向层直接接触的金属球可以在定向层上移动以产生微米大小的摩擦线,这引起随后沉积的液晶的预倾斜。在其它实施例中,可以沉积被预配置为引起不同的预倾角的定向材料,来替代对它们进行后处理以引起液晶分子的预倾斜。

[0145] 现在参考图13A和13B,其中示出了根据一些其它实施例的衍射光栅103A和103B的横截面(x-z平面)视图。衍射光栅103A和103B可以是偏振光栅(PG),其被配置为局部地修改透射光的偏振态,这可以通过使双折射和/或二向色在空间上变化来实现。虽然为了清楚起见未示出,但是衍射光栅103A和103B中的每一者包括基板和在基板上形成的定向层,以及图13A中的多个不同地布置的衍射区154A-1和154A-2以及图13B中的衍射区154B-1和154B-2。衍射光栅103A的衍射区154A-1和154A-2分别具有相应的液晶层144A-1和144A-2,衍射光栅103B的衍射区154A-1和154A-2分别具有相应的液晶层154B-1和154B-2。

[0146] 衍射光栅103A的液晶层144A-1和144A-2中的每一者进而分别具有多个不同地布置的衍射区域144A-1a至144A-1g,以及144A-2a至144A-2g。类似地,衍射光栅103B的液晶层144B-1和144B-2中的每一者进而分别具有多个不同地布置的衍射区域144B-1a至144B-1g,以及144B-2a至144A-2g。

[0147] 参考图13A的衍射光栅103A,区154A-1的多个区域144A-1a至144A-1g中的每一者以及区154A-2的多个区域144A-2a至144A-2g中的每一者具有在相同区域内基本上沿相同定向方向定向的液晶分子112。区154A-1的所有区域的液晶分子112具有基本相同的第一预倾角 Φ 。与此形成对比,区154A-2的不同区域的液晶分子112具有不同的预倾角 Φ 。虽然在

所示的实施例中,区154A-2的中心区域(144A-2d)的预倾角 Φ 最小(区154A-2的越靠外的区域的预倾角 Φ 越大),但是实施例不限于此。另外,虽然所示实施例中的中心区域(144A-2d)具有与区154A-1的第一预倾角 Φ 相似的预倾角 Φ ,但实施例不限于此。衍射光栅103A的不同区域的预倾角可具有上文关于图10A至10C所述的任何大小。

[0148] 仍然参考图13A,在所示实施例中,区154A-1的不同区域的液晶分子112具有不同的方位角 Ψ 。然而,实施例不限于此,并且在其它实施例中,区154A-1的不同区域的液晶分子112可以具有相同的方位角 Ψ 。衍射光栅103A的不同区域的方位角可以具有下面关于图15A至15C描述的任何大小。

[0149] 参考图13B的衍射光栅103B,类似于图13A的衍射光栅103A,区154B-1的多个区域144B-1a至144B-1g中的每一者具有在相同区域内基本上沿相同定向方向定向的液晶分子112。类似于图13A的衍射光栅103A的区154A-2,区154B-1的不同区域的液晶分子112具有基本不同的预倾角 Φ 和基本不同的方位角 Ψ 。与此形成对比,区154B-2的多个区域144B-2a至144B-2g中的每一者具有在相同区域内基本不同地定向的液晶分子112。也就是说,区154B-2的每个区域的各个液晶分子112具有基本不同的预倾角 Φ 和基本不同的方位角 Ψ 。例如,区154B-2的每个区域的液晶分子112可以具有手性,如下面关于图19A和19B更详细地描述的。

[0150] 仍然参考图13A和13B,虽然已经给出了区和不同区内的区域的具体组合作为示例,但是应当理解,区和区内的区域可以进行混合和匹配。例如,图13A的区154A-1和图13B的区154B-2在衍射光栅中的组合是可能的。

[0151] 图14A至14B示出了根据实施例的使用光定向数据制造具有非均匀预倾角的衍射光栅(例如,分别为图13A和13B的衍射光栅103A和103B)的另一方法。具体地说,在所示实施例中,根据实施例的方法包括使用灰度掩模的偏振干涉全息曝光。

[0152] 偏振干涉全息曝光是使用多束相干光产生干涉图案的技术。虽然大多数传统全息术使用强度调制,但是偏振全息术涉及偏振态的调制以产生干涉图案。

[0153] 参考图14A,在所示方法中,导致光定向层120暴露于UV光的过程类似于上面关于图11A至11B所述的方法。具体地说,光定向层120被形成在基板104上,并且灰度掩模130被部分地设置在光定向层120上方。此后,具有不同偏振的多个相干光束142a、142b被引导到多个不同地布置的衍射区154A-1和154A-2。在所示实施例中,光束142a和142b包括正交的圆偏振光束。然而,光束142a和142b例如可包括非正交的圆偏振光束。在所示实施例中,区154A-1被暴露,而区154A-2被灰度掩模130掩蔽。多个光束142a和142b被定位和偏振,使得所产生的干涉效应导致衍射光栅103A的液晶层144A-1和144A-2分别具有多个不同地布置的衍射区域144A-1a到144A-1g和144A-2a到144A-2g,如上面关于图13A所述。类似地,使用类似的概念,返回参考图13B,可以制造分别具有不同地布置的衍射区域144B-1a到144B-1g和144B-2a到144B-2g的衍射光栅103B的液晶层144B-1和144B-2。

[0154] 参考图15A至15C,其中示出了根据各种实施例的衍射光栅150A至150C的俯视图(沿x-y平面观察)。因为图15A至15C是俯视图,所以仅示出了液晶层(与定向层或基板相对),而未示出下伏的特征。然而,应当理解,衍射光栅150A至150C中的每一者的液晶层被形成在基板上方并包括多个衍射区,即,图15A中的衍射区148A-1、148A-2、……和148A-n;图15B中的衍射区148B-1、148B-2、……和148B-n,以及图15C中的衍射区148C-1、148C-2、...

和148C-n。

[0155] 衍射光栅150A至150C中的每一者的衍射区具有周期性重复的横向尺寸或光栅周期 Λ ,并且包括由液晶分子112形成的对应液晶层。横向尺寸或光栅周期 Λ 可以类似于上面关于图10A至10C所述的那些。

[0156] 类似于图10A至10C,衍射光栅150A的衍射区148A-1、148A-2、……148A-n分别具有相应的液晶层156A-1、156A-2、……156A-n;衍射光栅150B的衍射区148B-1、148B-2、……148B-n分别具有相应的液晶层156B-1、156B-2、……156B-n;衍射光栅150C的衍射区148C-1、148C-2、……148C-n分别具有相应的液晶层156C-1、156C-2和156C-n。每种类型的衍射区的数量可以类似于上面关于图10A至10C所述的那些。另外,所布置的衍射区可以周期性地重复任何合适的次数。

[0157] 衍射光栅150A的液晶层156A-1、156A-2和156A-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域156A-1L和156A-1R、156A-2L和156A-2R、……以及156A-nL和156A-nR。类似地,衍射光栅150B的液晶层156B-1、156B-2和156B-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域156B-1L和156B-1R、156B-2L和156B-2R、……以及156B-nL和156B-nR。类似地,衍射光栅150C的液晶层156C-1、156C-2和156C-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域156C-1L和156C-1R、156C-2L和156C-2R、……以及156C-nL和156C-nR。

[0158] 类似于上面关于图10A至10C所述的衍射光栅100A至100C,不同的衍射区中的每一者还包括插在基板和对应的液晶层之间的定向层(未示出)。也就是,虽然为了清楚起见未示出,但是图15A的衍射光栅150A的插在基板104和不同地布置的第一/第二衍射区域156A-1L/156A-1R、156A-2L/156A-2R、……和156A-nL/156A-nR之间的分别是第一和第二定向层160A-1L/160A-1R、160A-2L/160A-2R、……和160A-nL/160A-nR。类似地图15B的衍射光栅150B的插在基板104和不同地布置的第一/第二衍射区域156B-1L/156B-1R、156B-2L/156B-2R、……和156B-nL/156B-nR之间的分别是第一/第二定向层160B-1L/160B-1R、160B-2L/160B-2R、……和160B-nL/160B-nR。类似地,图15C的衍射光栅150C的插在基板104和不同地布置的第一/第二衍射区域156C-1L/156C-1R、156C-2L/156C-2R、……和156C-nL/156C-nR之间的分别是第一/第二定向层160C-1L/160C-1R、160C-2L/160C-2R、……和160C-nL和160C-nR。

[0159] 仍然参考图15A至15C,衍射光栅150A、150B和150C的每个区包括在x方向上交替的第一和第二区域。衍射光栅150A的第一区域156A-1L、156A-2L、……和156A-nL中的每一者,衍射光栅150B的第一区域156B-1L、156B-2L、……和156B-nL中的每一者,以及衍射光栅150C的第一区域156C-1L、156C-2L、……和156C-nL中的每一者具有基本上沿相同的第一定向方向定向并且具有基本相同的方位角 Φ 的液晶分子112。与此形成对比,衍射光栅150A的第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR中的每一者,衍射光栅150B的第二区域156B-1R、156B-2R、……和156B-nR中的每一者,衍射光栅150C的第二区域156C-1R、156C-2R、……和156A-nR中的每一者具有基本上沿与第一定向方向不同的第二定向方向定向并且具有第二方位角 Φ 的液晶分子112,第二方位角 Φ 不同于(例如,小于)相应第一区域的第一方位角 Φ 。

[0160] 根据实施例,在图15A至15C的衍射光栅150A至150C中的每一者中,至少一些衍射

区具有由液晶分子形成的液晶层,这些液晶分子在空间上不同地布置,例如,具有彼此不同的方位角(图15A和15C),或具有彼此不同的不同占空比(图15B和15C),使得衍射区具有不同的光学特性,例如不同的折射率和/或不同的衍射效率。

[0161] 具体地说,参考图15A的衍射光栅150A,除了具有与第一区域156A-1L、156A-2L、……和156A-nL的第一方位角 Φ 不同的方位角 Φ 和定向方向之外,第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR的液晶分子还沿着彼此不同的第二定向方向定向。例如,在所示实施例中,区148A-1、148A-2和148A-n被布置为使得第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域156A-1L、156A-2L、……和156A-nL中的每一者具有基本相同的方位角 Φ ,而第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR具有彼此不同的方位角 Φ 。举例来说,第一区域156A-1L、156A-2L、……和156A-nL具有在约0和约15度之间或在约0和10度之间(例如0度)的方位角 Φ 。第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR可以具有彼此不同的方位角 Φ ,其中每个方位角可以在约75度和约90度之间(例如约90度);在约60度和约90度之间或在约65度和约85度之间(例如约75度);在约30度和约60度之间或在约35度和约55度之间(例如约45度);在约10度和约40度之间或在约15度和约35度之间(例如约25度)。

[0162] 仍然参考图15A,在一些实施例中,如图所示,第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR可以具有在横向方向中的一个方向上变化(例如,增大或减小)的方位角 Φ ,从而产生衍射特性的梯度。在其它实施例中,第二区域156A-1R、156A-2R、……和156A-nR可以具有不在横向方向中的一个方向上变化的方位角 Φ 。

[0163] 仍然参考图15A,占空比可以在约10%和约30%之间,在约30%和约50%之间,在约50%和约70%之间或在约70%和约90%之间,在所示实施例中,占空比在x方向上基本恒定。

[0164] 现在参考图15B,如上所述,衍射光栅150B与图15A的衍射光栅150A共享一些共同特征。然而,与图15A的衍射光栅150B不同,不同的第二区域156B-1R、156B-2R、……和156B-nR的液晶分子具有与第一区域156B-1L、156B-2L、……和156B-nL的第一方位角 Φ 不同的方位角 Φ ,并且这些液晶分子彼此不同地定向。例如,在所示实施例中,区148B-1、148B-2和148B-n被布置成使得第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域156B-1L、156B-2L、……和156B-nL中的每一者具有基本相同的第一方位角 Φ ,并且第二区域156B-1R、156B-2R、……和156B-nR中的每一者具有基本相同的第二方位角 Φ 。第一和第二区域的第一和第二方位角可以具有上面关于图15A的衍射光栅150A所讨论的任何值。

[0165] 然而,与图15A的光栅150A不同,区148B-1、148B-2和148B-3具有基本相同的方位角,例如在约0至50度之间,同时分别具有基本不同的占空比,例如在约40%和约60%之间(例如约50%);在约30%和约50%之间(例如约40%),以及在约20%和约40%之间(例如约30%)的占空比,使得衍射光栅150B具有在空间上变化的光学特性。

[0166] 仍然参考图15B,在一些实施例中,如图所示,所述区可以具有在横向方向中的一个方向上变化(例如,增大或减小)的占空比,从而产生光学特性的梯度。在其它实施例中,占空比不在横向方向中的一个方向上变化。

[0167] 现在参考图15C,所示的衍射光栅150C组合了类似于上面关于图15A和15B的衍射光栅150A和150B所述的特征。具体地说,不同的第二区域156C-1R、156C-2R、……和156C-nR

的液晶分子可以具有与第一区域116C-1L、116C-2L、……和156C-nL的第一方位角 Φ 不同并且还彼此不同的方位角 Φ 。另外,占空比跨横向方向(例如x方向)在相邻区之间变化。第一和第二区域的第一和第二方位角可以具有上面关于图15A的衍射光栅150A所讨论的任何值。另外,占空比跨横向方向(例如x方向)在相邻区之间的变化也可以具有上面关于图15B的衍射光栅150B所讨论的值。

[0168] 现在参考图16A,其中示出了根据一些其它实施例的衍射光栅160的俯视图(x-y平面),其中液晶分子的方位角跨区的横向长度旋转。具有这种布置的衍射光栅有时被称为偏振光栅。虽然为清楚起见未示出,但衍射光栅160包括基板和在其上形成的定向层,以及多个不同地布置的衍射区164-1和164-2。衍射区164-1和164-2分别具有相应的液晶层168-1和168-2。衍射光栅160的液晶层168-1和168-2中的每一者进而分别具有多个不同地布置的衍射区域168-1a至168-1i和168-2a至168-2i。区164-1的多个区域168-1a至168-1i中的每一者以及区164-2的多个区域168-2a至168-2i中的每一者具有在相同区域内基本上沿相同定向方向定向的液晶分子112。因此,应该理解,每个区包括被堆叠在z方向上的液晶分子堆叠。

[0169] 区164-1的衍射区域168-1a至168-1i中的每一者以及区164-2的区域168-2a至168-2i中的每一者的液晶分子112在相同区域内具有基本相同的方位角 Φ 。然而,不同的衍射区域的液晶分子112具有基本不同的方位角。另外,不同的衍射区域的液晶分子112可以具有基本相同或不同的预倾角 Φ ,类似于上面关于图13A和13B所述的。

[0170] 在所实施例中,区164-1的衍射区域168-1a至168-1i以及区164-2的对应区域168-2a至168-2i中的每一者的液晶分子112在相同区域内具有基本相同的方位角 Φ 。然而,相邻区域之间的距离在区164-1和区164-2之间基本不同,从而产生在空间上变化的衍射特性,如参考图16B所示。参考图16B,其中示出了曲线图162,该曲线图示意性地示出了作为图16A中的衍射光栅160的横向位置x的函数的方位角 Φ 。x轴表示x方向上的横向距离,y轴表示方位角 Φ 。曲线162-1和162-2分别表示作为区164-1和区164-2的横向位置x的函数的方位角 Φ 。

[0171] 返回参考图16A,衍射区域164-1的液晶分子112被布置为使得每横向长度单位的方位角 Φ 的变化率(即,x方向上的 $\Delta\Phi/\Delta x$)相对恒定,如图16B的曲线162-1所示。与此形成对比,衍射区域164-2的液晶分子112被布置为使得x方向上的 $\Delta\Phi/\Delta x$ 基本跨x变化,如图16B的曲线162-2所示。因此,曲线162-2由区164-2的中心区域(其中 $\Delta\Phi/\Delta x$ 相对缓慢地变化)和区164-2的末端区域(其中 $\Delta\Phi/\Delta x$ 相对快速地变化)来表征。因此,衍射特性(包括效率和折射率)不同于具有均匀的液晶方位角变化的光栅的衍射特性。

[0172] 图17A至17E示出了根据实施例的使用光定向技术制造具有非均匀方位角的衍射光栅(例如,上述图15A至15C的衍射光栅150A至150C)的方法。具体地说,在所实施例中,该方法在沉积液晶之前使用定向层的多次曝光。在图17A至17E所示的方法中,类似于关于图11A至11B所示的方法,提供了基板104,基板104上形成有光定向层120。

[0173] 参考图17A所示的中间结构150A,在基板104上形成光定向层120之后,使用第一光掩模174A使下面的光定向层120的不同区域暴露于不同剂量的光的和/或不同偏振的光。例

如,光定向层120的不同区域对应于上面关于图15A的衍射光栅150A所述的区148A-1和148A-2中的每一者的第一(例如,左)和第二(例如,右)区域。

[0174] 在一些实施例中,第一光掩模174A可以是灰度掩模,其具有多个掩模区域174A-1至174A-4,这些掩模区域至少部分透明并且可能具有一个或多个不透明区域。多个掩模区域174A-1至174A-4中的不同掩模区域可以被配置为透射不同剂量的第一入射光172A,使得透射通过多个掩模区域中的不同掩模区域的透射光172A具有与不同的掩模区域的相对透明度成比例的变化强度。在其它实施例中,光掩模174A可以是二值掩模,其具有多个掩模区域174A-1至174A-4,每个掩模区域完全或几乎完全透明或者完全或几乎完全不透明,使得透射光172A具有二值强度。在所示示例中,第一入射光172A可以是偏振的,例如,以第一角度(例如,0度)线性地偏振,如偏振矢量178A示意性地示出的,并且基本上透射通过与图15A所示的衍射光栅150A的区148A-1和148A-2中的每一者的第一(例如,左)区域对应的掩模区域174A-1和174A-3,同时在其它区域中基本被阻挡。

[0175] 参考图17B中所示的中间结构150B,在使光定向层120的不同区域暴露于第一入射光172A之后,使用第二光掩模174B使下面的光定向层120的不同区域暴露于不同剂量的光和/或不同偏振的光(使用第二入射光172B)。

[0176] 在一些实施例中,第二光掩模174B可以是与第一光掩模174A不同的灰度掩模,其具有多个掩模区域174B-1至174B-4,这些掩模区域至少部分透明并且可能具有一个或多个不透明的区域。多个掩模区域174B-1至174B-4中的不同掩模区域可以被配置为透射不同剂量的第二入射光172B。在其它实施例中,光掩模174B可以是二值掩模,其具有多个掩模区域174B-1至174B-4,每个掩模区域完全或几乎完全透明或者完全或几乎完全不透明,使得透射光172B具有二值强度。第二入射光172B可以是偏振的,例如,以与第一入射光178A的第一偏振角不同(例如,正交)的第二角度线性地偏振。例如,第二入射光172B可以相对于第一入射光172A正交地(例如,以90度)线性偏振,如偏振矢量178B示意性地示出的,并且基本上透射通过与图15A所示的衍射光栅150A的区148A-1的第二(例如,右)区域对应的掩模区域174B-2,同时在其它区域中基本被阻挡。

[0177] 参考图17C中的中间结构,在使光定向层120的不同区域暴露于第二入射光172B之后,使用第三光掩模174C使下面的光定向层120的不同区域暴露于不同的剂量的光和/或不同偏振的光(使用第三入射光172C)。

[0178] 在一些实施例中,第三光掩模174C可以是与第一和第二光掩模174A、174B不同的灰度掩模,其具有多个掩模区域174C-1至174C-4,这些掩模区域至少部分透明并且可能具有一个或多个不透明区域。多个掩模区域174C-1至174C-4中的不同掩模区域可以被配置为透射不同剂量的第三入射光172C。在其它实施例中,光掩模174C可以是二值掩模,其具有多个掩模区域174C-1至174C-4,每个掩模区域完全或几乎完全透明或者完全或几乎完全不透明,使得透射光172C具有二值强度。第三入射光178C可以是偏振的,例如,以与第一和第二入射光178A和178B的第一和第二偏振角不同的第三角度线性地偏振。在所示实施例中,第三入射光172C以45度线性地偏振,如偏振矢量178C示意性地示出的,并且基本上透射通过与图15A所示的衍射光栅150A的区148A-2的第二(例如,右)区域对应的掩模区域174A-4,同时在其它区域中基本被阻挡。

[0179] 参考图17D(横截面图)和17E(俯视图),在通过上面关于图17A至17C所述的多次曝

光工艺曝光光定向层120的不同区域之后,液晶层可被沉积在光定向层120上。由于光定向层120的不同区域所接收的光的剂量和/或偏振不同,分别在相应区148A-1和148A-2中形成不同地配置的液晶层156A-1和156A-2。液晶层156A-1和156A-2分别具有第一和第二衍射区域156A-1L和156A-1R以及156A-2L和156A-2R。如上面关于图15A所述,第一区域和第二区域在x方向上交替,其中第一区域156A-1L和156A-2L中的每一者具有基本相同的第一方位角 Φ ,而第二区域156A-1R和156A-2R具有彼此不同并且与第一区域的第一方位角不同的方位角 Φ 。不受任何理论的束缚,在一些情况下,下面的光定向层120向具有不同偏振角的光的暴露导致液晶分子具有不同的方位角。

[0180] 仍然参考图17D和17E,液晶分子的方位角 Φ 可以通过曝光用光的线偏振角和光定向层120的类型来确定。在所示实施例中,光定向层120被配置为使得液晶分子的旋转度(通过最高为 ± 90 度的方位角 Φ 的绝对值测量)由下面的定向层所接收的透射光的线性偏振取向角(最高为 ± 90 度)确定。在一些实施例中,例如所示的实施例,光定向层120可以被配置为使得液晶分子与曝光用光的偏振方向基本平行地取向(例如,方位角 Φ 和曝光用光的线偏振角基本相同)。然而,实施例不限于此,并且在其它实施例中,光定向层120可以被配置为使得液晶分子与曝光用光的偏振方向基本正交地取向(例如,方位角 Φ 和曝光用光的线偏振角基本上偏移约 ± 90 度)。例如,在所示的实施例中,光定向层160A-1L和160A-2L接收具有相同线性偏振取向的光,并且光定向层160A-1R接收相对于光定向层160A-1L和160A-2L(接着是光定向层160A-2R)的线性偏振取向具有较大线性偏振取向角差的光。因此,对于第一区域156A-1L和156A-2L,所产生的方位角是相同的,并且对于第二区域156A-1R,所产生的方位角相对于第一区域156A-1L和156A-2L的差异大于对于第二区域156A-2R情况的差异。

[0181] 在本文所述的各种实施例中,光掩模可包括线性偏振器,例如线栅偏振器,其具有规则的平行金属线阵列,这些金属线被置于与入射光的传播方向垂直的平面中。在本文描述的一些实施例中,光掩模可以被配置为提供跨光定向层具有均匀偏振角的照射。当包括线栅偏振器时,这些实施例可以通过将金属线阵列配置为跨光掩模均匀(例如,金属线的厚度和/或密度均匀)来实现。在其它实施例中,光掩模可以被配置为提供跨光定向层的不同区域具有非均匀或具有多个偏振角的照射。当包括线栅偏振器时,这些实施例可以通过将金属线阵列配置为不均匀并且跨光掩模变化(例如,金属线的厚度和/或密度不均匀并且是变化的)来实现。因此,根据各种实施例,在使金属线的厚度和密度变化的情况下,可以既控制光的偏振角也控制光的透射率。

[0182] 图18A至18D示出了根据一些其它实施例的制造衍射光栅160的另一方法,其中液晶分子的方位角跨区的横向长度旋转,例如,偏振光栅。具体地说,在所示实施例中,根据实施例,该方法使用利用灰度掩模的偏振干涉全息曝光。

[0183] 参考图18A,其示出了中间结构160A,在所示方法中,导致形成光定向层120暴露于UV光的过程类似于上面关于图17A至17E所述的方法。此后,具有不同偏振的多个相干光束182A、182B被引导到多个不同地布置的衍射区164A-1和164A-2。在所示实施例中,光束182A和182B包括正交的圆偏振光束。然而,光束182A和182B例如可包括椭圆偏振光束。在所示实施例中,区164-1和164-2都是未被掩蔽的。

[0184] 此后,参考图18B,其示出了中间结构160B,使用光学掩模184使下面的光定向层

120的不同区域暴露于不同剂量的光和/或不同偏振的光(使用具有上面关于图17A至17E所讨论的任何偏振角的线性偏振入射光188)。例如,光定向层120的不同区可以对应于上面关于图16B中的衍射光栅160所述的区164-1和164-2。由于二次暴露于线性偏振光188,光定向层120的一部分可被重新定向。不受任何理论的束缚,当光定向层120以不同的线性偏振取向曝光两次时,液晶分子的取向可以通过相对线性偏振取向和两次曝光的曝光剂量来确定。

[0185] 现在参考图18C和18D,其中示出了对应于图16B的衍射光栅160的横截面图(x-z平面)和俯视图(x-y平面)。至少部分地由于上面关于图18A和18B所述的第一和第二次曝光,分别产生液晶层168-1和168-2,这些液晶层具有多个不同地布置的衍射区域168-1a至168-1i以及168-2a至168-2i。区164-1的多个区域168-1a至168-1i中的每一者以及区164-2的多个区域168-2a至168-2i中的每一者具有在相同区域内基本上沿相同定向方向定向的液晶分子112。因此,应该理解,每个区包括沿z方向堆叠的液晶分子堆叠。

[0186] 基于在空间上变化的液晶材料的空间可变液晶衍射光栅

[0187] 在上文讨论的各种实施例中,使用光定向技术制造液晶分子。然而,可以利用或不利用光定向来进行制造的其它实施例也是可能的。

[0188] 参考图19A和19B,其中示出了根据一些实施例的可以利用或不利用光定向来制造的衍射光栅190的俯视图(沿x-y平面观察)和侧视图(沿x-z平面观察)。衍射光栅190包括多个衍射区,即衍射区198-1、198-2、……和198-n,这些衍射区具有周期性重复的横向尺寸或光栅周期 Λ ,并包括由液晶分子112形成的相应的液晶层。横向尺寸或光栅周期 Λ 可以类似于上面关于图10A至10C所述的横向尺寸或光栅周期 Λ 。

[0189] 衍射光栅190的衍射区198-1、198-2、……198-n分别具有相应的液晶层186-1、186-2、……186-n。每种类型的衍射区的数量可以类似于上面关于图10A至10C所述的那些。另外,所布置的衍射区可以周期性地重复任何合适的次数。衍射光栅190的液晶层186-1、186-2和186-n中的每一者进而分别具有不同地布置的第一和第二衍射区域186-1L和186-1R、186-2L和186-2R、……以及186-nL和186-nR。

[0190] 不同的液晶层186-1、186-2和186-n具有被布置为具有不同手性程度的液晶分子112。如上所述,手性可以通过手性间距p来描述,手性间距p可以指液晶分子经历完全的360°扭转的距离。手性也可以通过扭转变形角来表征,扭转变形角是液晶分子在液晶层的厚度内经历的扭转的角度。例如,在所示实施例中,第一液晶层186-1具有第一和第二衍射区域186-1L和186-1R,这些衍射区域包含的液晶分子112具有不同的方位角(极小或没有手性,即,手性间距p非常大或无限大)。第二和第三液晶层186-2和186-n分别具有相应的第一/第二衍射区186-2L/186-2R和186-nL/186-nR,这些衍射区包含的液晶分子112具有实质上和基本不同的手性程度。类似地,在各种实施例中,第二和第n液晶层186-2和186-n的第一和第二衍射区域186-2L/186-2R以及186-nL/186-nR中的最上面的液晶分子的方位角或这些液晶分子之间的方位角差分别可以是上面关于图15A至15C中的衍射光栅150A至150C所述的任何值。

[0191] 在一些实施例中,区内的每对第一/第二衍射区域(例如,区198-2的区域对186-2L/186-2R(参见图19A)和区198-n的区域对186-nL/186-nR)的最上面的液晶分子,这些最上面的液晶分子具有不同的方位角 Φ 但具有相同的手性间距p。在一些其它实施例中,区内

的区域对具有最上面的液晶分子,这些最上面的液晶分子具有相同的方位角 Φ 但具有不同的手性间距 p 。在各种实施例中,区198-2的区域对186-2L/186-2R和区198-n的区域对186-nL/186-nR的给定区域中的液晶分子的手性扭转(例如,扭转角或扭转变形角)可以是例如约 $\pm 45^\circ$,约 $\pm 90^\circ$,约 $\pm 135^\circ$ 或约 $\pm 180^\circ$ 。相应的手性周期 p 可以是8D、4D或3D,其中2D是液晶层的厚度。

[0192] 例如,在所示实施例中,第一和第二区域186-2L和186-2R的最上面的液晶分子分别具有第一和第二方位角 Φ ,例如分别为 135° 和 45° ,同时具有第一手性间距,例如约8D,其中D是液晶层的厚度。因此,在第一和第二区域186-2L和186-2R中的每一者中,最上面的液晶分子和最下面的液晶分子相对于彼此扭转大约 45° 。另外,在所示实施例中,第一和第二区域186-nL、186-nR的最上面的液晶分子分别具有第三和第四方位角 Φ ,例如分别为 90° 和 0° ,同时具有约4D的第二手性间距,其中D是液晶层的厚度。因此,在第一和第二区域186-nL和186-nR中的每一者中,最上面的液晶分子和最下面的液晶分子相对于彼此扭转约 90° 。然而,第一/第二衍射区域186-2L/186-2R和186-nL/186-nR的最上面的液晶分子的方位角 Φ 可以具有例如上面关于图15A至15C所述的任何值。

[0193] 仍然参考图19A和19B,在一些实施例中,每个区域中的液晶分子112具有相同的预倾角 Φ ,其可以是零或更大值。

[0194] 仍然参考图19A和19B,不同液晶层186-1、186-2和186-n的占空比可以是不同的,并且分别可以在约10%和约30%之间,在约30%和约50%之间,在约50%和约70%之间或在约70%至约90%之间。

[0195] 现在参考图20,其中示出了根据一些其它实施例的衍射光栅200的横截面侧视图(x-z平面)。虽然为清楚起见未示出,但衍射光栅200包括基板和多个不同地布置的衍射区208-1和208-2,这些衍射区分别具有相应的液晶层196-1和196-2。衍射光栅200的液晶层196-1和196-2中的每一者进而分别具有多个不同地布置的衍射区域196-1a至196-1g和196-2a至196-2g。

[0196] 类似于图19A/19B的液晶层186-1的液晶分子112,图20所示的液晶层196-1的衍射区域196-1a至196-1g的液晶分子112具有不同的方位角,但是层与层的手性极小或没有手性(手性间距 p 非常大或无限大)。相邻的衍射区域196-1a至196-1g的方位角和其它布置类似于关于图19A/19B针对第一和第二衍射区域186-1L和186-1R所述的。

[0197] 类似于图19A/19B的液晶层186-2和186-n的液晶分子112,图20所示的液晶层196-2的衍射区域196-2a至196-2g的液晶分子112具有沿区长度(沿x方向)实质上以及基本上不同的手性程度,并且包含具有不同方位角的最上面的液晶分子。相邻衍射区域196-2a至196-2g的方位角、手性和其它布置类似于针对第二和第n液晶层186-2和186-n的第一和第二衍射区域186-2L/186-2R和186-nL/186-nR所述的。

[0198] 应当理解,当如上面参考图19A/19B和图20所示引起液晶分子的扭转时,所得到的衍射光栅呈现出在空间上变化的衍射特性,其中包括折射率和衍射效率。通过用四种不同的配体(ligand)不对称地取代一个或多个碳原子,可以使一些液晶分子具有手性。通过以不同浓度将介晶(mesogenic)或非介晶手性掺杂物添加到上述液晶相之一中,可以使其它液晶分子具有手性。根据实施例,通过添加小浓度(包括例如但不限于低于5重量%-10重

量%),手性相关效应可以随着掺杂物的浓度增加而增加。手性液晶分子的一些示例包括苯甲酸胆甾醇酯、铁电性液晶N(对-正癸氧基亚苄基)对氨基2-甲基丁基肉桂酸酯(DOBAMBC)和非手性MBBA(4-丁基-N-[4-甲氧基-亚苄基]]-苯胺),非手性MBBA是室温向列型的,掺杂有手性R1011。可以使用其它手性液晶分子。

[0199] 参考图21,其中示出了根据一些实施例的可以通过或不通过光定向制造的衍射光栅210的侧视图(沿x-z平面观察)。衍射光栅210包括多个衍射区,即衍射区218-1、218-2、……和218-n,这些衍射区具有周期性重复的横向尺寸或光栅周期 Λ ,其方式类似于上面关于图10A至10C所述的。衍射光栅210的衍射区218-1、218-2、……和218-n分别具有相应的液晶层206-1、206-2、……和206-n。每种类型的衍射区的数量可以类似于上面关于图10A至10C所述的。另外,所布置的衍射区可以周期性地重复任何合适的次数。

[0200] 在衍射光栅210中,不同的液晶层206-1、206-2和206-n包括不同的液晶材料。具体地说,第一和第二衍射区域206-1L和206-1R、206-2L和206-2R、……以及206-nL和206-nR分别具有液晶分子212-1L和212-1R、212-2L和212-2R、……以及212-nL和212-nR,它们可以是相同或不同的液晶分子。例如,在一些实施方式中,第一区内的区域可以具有第一液晶材料,第二区内的区域可以具有第一液晶材料,第三区内的区域可以具有第三液晶材料。在其它实施方式中,任何给定区可以具有第一区域和第二区域,第一区域具有第一液晶材料,第二区域具有第二液晶材料。因此,可以通过改变材料的成分(例如,使用具有不同水平的相同掺杂物(或具有相同或不同水平的不同掺杂物)的相同主体材料),并且不必改变液晶分子的取向,来沿衍射光栅的长度改变光学特性。

[0201] 在一些实施例中,不同的区具有不同的液晶分子,而上述液晶取向的其它方面(例如,倾角、方位角和手性)在不同区之间相似或相同。在一些其它实施例中,不同的区具有不同的液晶分子,而液晶取向的其它方面(例如,倾角、方位角和手性)也是不同的,如上面在各种实施例的上下文中所讨论的。

[0202] 通过在沉积期间沉积不同的液晶材料或通过沉积之后使液晶材料改性,可以控制局部双折射以使其跨不同的区不同。在各种实施例中,各个区的双折射可在约0.05和约0.15之间(例如约0.10),在约0.15和约0.25之间(例如约0.2),以及在约0.25和约0.35之间(例如约0.3)。

[0203] 其它示例

[0204] 在第1示例中,一种衍射光栅包括多个不同的衍射区,所述不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。所述衍射光栅另外包括多个不同的液晶层,所述不同的液晶层对应于所述不同的衍射区。所述不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0205] 在第2示例中,在第1示例所述的衍射光栅中,所述光学特性包括折射率、吸收系数、衍射效率和双折射中的一者或多者。

[0206] 在第3示例中,在第1至第2示例中任一项所述的衍射光栅中,所述不同的液晶层中的每一者具有多个不同地布置的区域,其中所述不同地布置的区域具有相对于彼此不同地定向的液晶分子。

[0207] 在第4示例中,在第1至第3示例中任一项所述的衍射光栅中,所述不同的衍射区中的每一者进一步包括插在基板和对应的液晶层之间的定向层,其中所述不同的衍射区和所

述基板之间的不同的定向层由相同的材料成分形成,所述不同的定向层使所述液晶分子在所述不同的衍射区中不同地定向。

[0208] 在第5示例中,在第1至第4示例中任一项所述的衍射光栅中,所述液晶分子包括沿伸长方向伸长和定向的棒状液晶分子。

[0209] 在第6示例中,在第1至第5示例中任一项所述的衍射光栅中,所述不同的液晶层包括第一区域和第二区域,其中所述第一区域的液晶分子沿着第一定向方向定向,所述第一定向方向相对于参考方向形成第一定向角,并且其中所述第二区域的液晶分子沿着第二定向方向定向,所述第二定向方向相对于所述参考方向形成第二定向角,所述第二定向角不同于所述第一定向角。

[0210] 在第7示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,第一液晶层的第一区域的液晶分子和第二液晶层的相应第一区域的液晶分子具有基本相同的定向角。

[0211] 在第8示例中,在第7示例所述的衍射光栅中,所述第一液晶层的第二区域的液晶分子和所述第二液晶层的相应第二区域的液晶分子具有不同的定向角。

[0212] 在第9示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,第一液晶层的第一区域的液晶分子和第二液晶层的相应第一区域的液晶分子具有基本不同的定向角,并且其中所述第一液晶层的第二区域的液晶分子和所述第二液晶层的相应第二区域的液晶分子具有不同的定向角。

[0213] 在第10示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,第一区域和第二区域之间的横向宽度的比率在不同的区之间基本相同。

[0214] 在第11示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,第一液晶层的第二区域的液晶分子和第二液晶层的第二区域的液晶分子具有基本相同的定向角,并且其中所述第一区域和所述第二区域之间的横向宽度的比率在不同的区之间基本不同。

[0215] 在第12示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,第一液晶层的第二区域的液晶分子和第二液晶层的第二区域的液晶分子具有不同的定向角,并且其中所述第一区域和所述第二区域之间的横向宽度的比率在不同的区之间基本不同。

[0216] 在第13示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,所述第一定向角和所述第二定向角是在与基板的主表面垂直的平面中以及在各个定向方向和所述主表面之间测量的预倾角。

[0217] 在第14示例中,在第6示例所述的衍射光栅中,所述第一定向角和所述第二定向角是在与所述基板的主表面平行的平面中以及在各个定向方向和平行于所述主表面的参考方向之间测量的方位角。

[0218] 在第15示例中,在第3示例所述的衍射光栅中,所述不同的液晶层包括第一区域和第二区域,其中所述第一区域的液晶分子沿着多个第一定向方向定向,所述多个第一定向方向相对于参考方向形成多个第一定向角,并且其中所述第二区域的液晶分子沿着多个第二定向方向定向,所述多个第二定向方向相对于所述参考方向形成多个第二定向角。

[0219] 在第16示例中,在第1至第15示例中任一项所述的衍射光栅中,所述衍射光栅是具有透明基板的透射式衍射光栅。

[0220] 在第17示例中,在第1至第16示例中任一项所述的衍射光栅中,不同的衍射区包括不同的材料成分,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0221] 在第18示例中,一种制造衍射光栅的方法包括提供基板。所述方法还包括设置多

个不同的衍射区,所述不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。所述方法进一步包括在所述基板上方形成包括液晶分子的多个不同的液晶层,所述不同的液晶层与所述不同的衍射区对应,其中形成所述不同的液晶层包括使所述液晶分子不同地定向,从而向所述不同的衍射区提供与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0222] 在第19示例中,在第18示例所述的方法中,所述方法进一步包括在形成所述液晶层之前在所述基板上形成光定向层并照射所述光定向层,从而使得在所述定向层上形成的液晶分子在所述不同的衍射区中被不同地定向。

[0223] 在第20示例中,在第19示例所述的方法中,形成所述光定向层包括沉积选自聚酰亚胺、线偏振可光聚合聚合物、含偶氮的聚合物、含香豆素的聚合物、含肉桂酸酯的聚合物及其组合的材料。

[0224] 在第21示例中,在第19至第20示例中任一项所述的方法中,所述方法进一步包括:在形成所述光定向层之后并且在形成所述液晶层之前,使用灰度掩模使所述不同的衍射区暴露于不同剂量的光。

[0225] 在第22示例中,在第19至第21示例中任一项所述的方法中,形成所述不同的液晶层包括在所述不同的液晶层中形成多个不同地布置的区域,其中所述不同地布置的区域具有相对于彼此不同地定向的液晶分子。

[0226] 在第23示例中,在第22示例所述的方法中,形成所述不同的液晶层包括形成第一区域和第二区域,其中形成所述第一区域包括沿着第一定向方向定向所述第一区域的液晶分子,所述第一定向方向相对于参考方向形成第一定向角,并且其中形成所述第二区域包括沿着第二定向方向定向所述第二区域的液晶分子,所述第二定向方向相对于所述参考方向形成第二定向角,其中所述第二定向角不同于所述第一定向角。

[0227] 在第24示例中,在第23示例所述的方法中,定向所述第一区域和所述第二区域的液晶分子包括形成与所述不同剂量的光成反比的相应的所述第一定向角和所述第二定向角。

[0228] 在第25示例中,在第18至第24示例中任一项所述的方法中,形成所述多个不同的液晶层包括通过向所述液晶层添加手性掺杂物而在至少一些所述液晶分子中引发手性。

[0229] 在第26示例中,在第18示例所述的方法中,形成所述不同的液晶层包括在所述液晶层中形成第一区域和第二区域,其中所述第一区域的液晶分子沿着多个第一定向方向定向,所述多个第一定向方向相对于参考方向形成多个第一定向角,并且其中所述第二区域的液晶分子沿着多个第二定向方向定向,所述多个第二定向方向相对于所述参考方向形成多个第二定向角。

[0230] 在第27示例中,一种衍射光栅包括多个连续的液晶层,所述多个连续的液晶层在横向方向上延伸并且被布置为具有周期性重复的横向尺寸、厚度和折射率,使得所述液晶层被配置为衍射光。所述液晶层的液晶分子沿着所述横向方向在不同的液晶层中被不同地布置,使得所述连续的液晶层被配置为在衍射效率上有梯度地衍射光。

[0231] 在第28示例中,在第27示例所述的衍射光栅中,所述液晶层具有第一区域和第二区域,并且其中所述连续的液晶层被布置为使得多个第一区域和多个第二区域在所述横向方向上交替。

[0232] 在第29示例中,在第28示例所述的衍射光栅中,所述第一区域中的液晶分子具有

基本相同的定向取向,而所述第二区域中的液晶分子具有基本不同的定向方向。

[0233] 在第30示例中,一种头戴式显示设备被配置为将光投射到用户的眼睛以显示增强现实图像内容。所述头戴式显示设备包括框架,所述框架被配置为支撑在所述用户的头部上。所述头戴式显示设备另外包括显示器,所述显示器被设置在所述框架上,所述显示器的至少一部分包括一个或多个波导,所述一个或多个波导是透明的并且在所述用户穿戴着所述头戴式显示设备时设置在用户眼睛前方的位置处,使得所述透明部分将来自所述用户前方的环境的一部分的光透射到所述用户眼睛,以提供所述用户前方的环境的所述一部分的视图,所述显示器进一步包括一个或多个光源和至少一个衍射光栅,所述衍射光栅被配置为将来自所述光源的光耦合到所述一个或多个波导中或者将光耦出所述一个或多个波导。所述衍射光栅包括多个不同的衍射区,所述不同的衍射区具有与适于光衍射的光栅周期对应的周期性重复的横向尺寸。所述衍射光栅另外包括多个不同的液晶层,所述不同的液晶层对应于所述不同的衍射区,其中所述不同的液晶层具有不同地定向的液晶分子,使得所述不同的衍射区具有与光衍射相关联的不同的光学特性。

[0234] 在第31示例中,在第30示例所述的设备中,所述一个或多个光源包括光纤扫描投影仪。

[0235] 在第32示例中,在第30至第31示例中任一项所述的设备中,所述显示器被配置为将光投射到所述用户眼睛中,以便在多个深度平面上向所述用户呈现图像内容。

[0236] 在第33示例中,在第30至第32示例中任一项所述的衍射光栅中,所述光学特性包括折射率、吸收系数、衍射效率和双折射中的一者或多者。

[0237] 在上述实施例中,结合特定实施例描述了增强现实显示系统,更具体地,在空间上变化的衍射光栅。然而,应该理解,实施例的原理和优点可以被用于需要在空间上变化的衍射光栅的任何其它系统、装置或方法。在前文中,应当理解,任一实施例的任何特征可以与任何其它实施例的任何其它特征组合和/或被任何其它实施例的任何其它特征替代。

[0238] 除非上下文另外明确要求,否则在整个说明书和权利要求书中,词语“包括”、“包含”、“含有”、“内含”等应以包含性的含义,而不是排他性或独占的含义来解释,也就是说,以“包括但不限于”的含义解释。如本文通常使用的,词语“耦接”是指可以直接连接或通过一个或多个中间元件连接的两个或更多个元件。同样地,如本文通常使用的,词语“连接”是指可以直接连接或通过一个或多个中间元件连接的两个或更多个元件。另外,当在本申请中使用,词语“本文”、“上面”、“下面”、“下文”、“上文”和类似含义的词语应当指该申请整体而不是本申请的任何特定部分。在上下文允许的情况下,上述具体实施方式中使用单数或复数的词语也可以分别包括复数或单数。关于两个或更多个项的列表的词语“或”表示该单词涵盖了该单词的以下所有解释:列表中的任一项、列表中的所有项,以及列表中各项的任意组合。

[0239] 此外,除非另有明确说明或者在所使用的上下文内另有理解,否则本文使用的条件语,例如,“可”、“可以”、“可能”、“也许”、“例如”、“比如”、“诸如”等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、元件和/或状态。因此,这种条件语通常不旨在暗示一个或多个实施例以任何方式需要这些特征、元件和/或状态,或者暗示这些特征、元件和/或状态被包括在任何特定实施例中或者在任何特定实施例中执行。

[0240] 虽然已经描述了某些实施例,但是这些实施例仅作为示例给出,并且不旨在限制

本公开的范围。实际上,这里描述的新颖装置、方法和系统可以以各种其它形式体现;此外,在不脱离本公开的精神的情况下,可以对这里描述的方法和系统的形式进行各种省略、替换和改变。例如,虽然以给定布置呈现了各个框,但是备选实施例可以通过不同的部件和/或电路拓扑执行类似功能,并且可以删除、移动、添加、细分、组合和/或修改某些框。这些框中的每一者可以以各种不同的方式实现。可以组合上述各种实施例的元件和动作的任何合适组合以提供进一步的实施例。上述各种特征和过程可以彼此独立地实现,或者可以以各种方式组合。本公开的特征的所有合适的组合和子组合旨在落入本公开的范围。

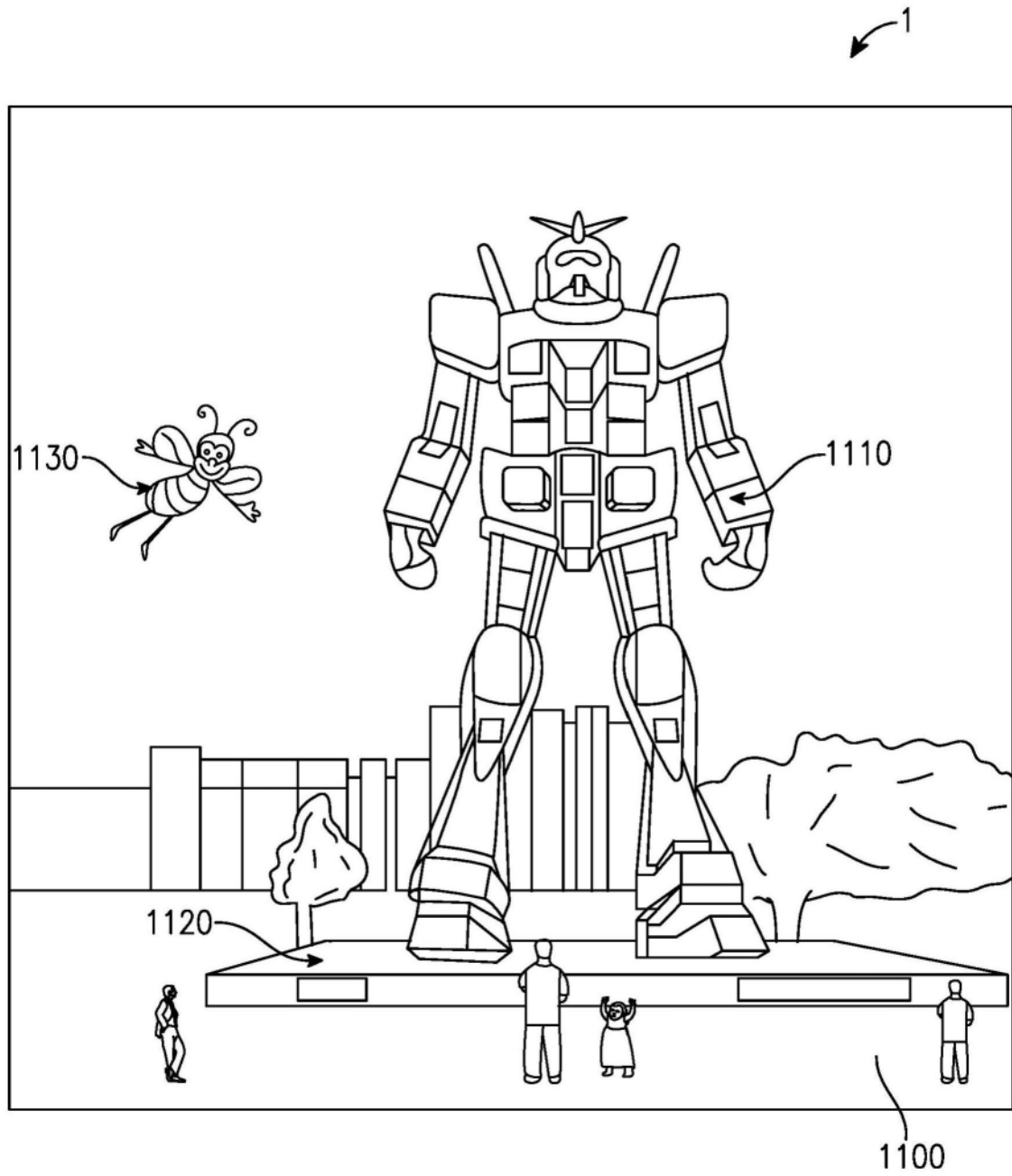


图1

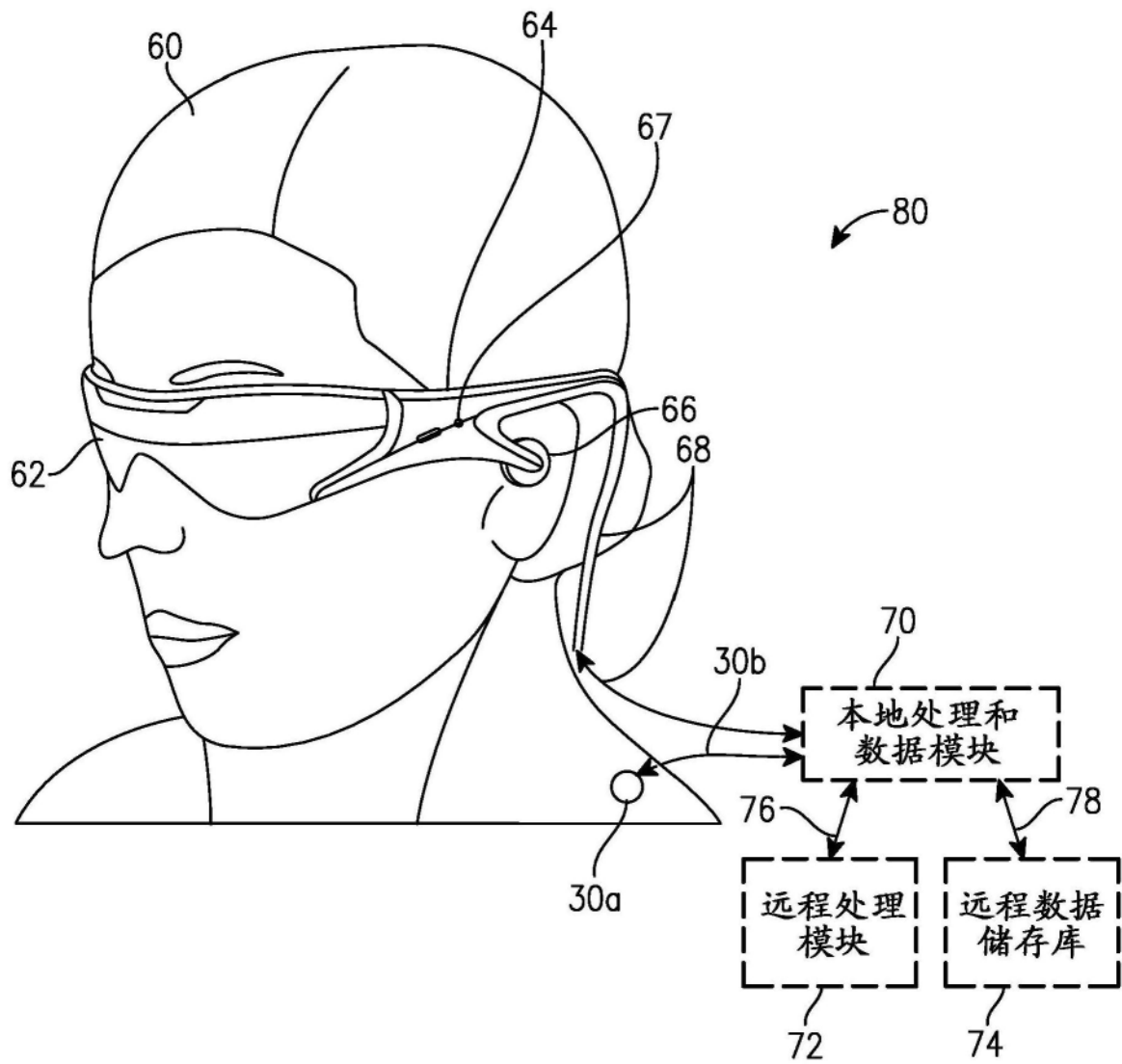


图2

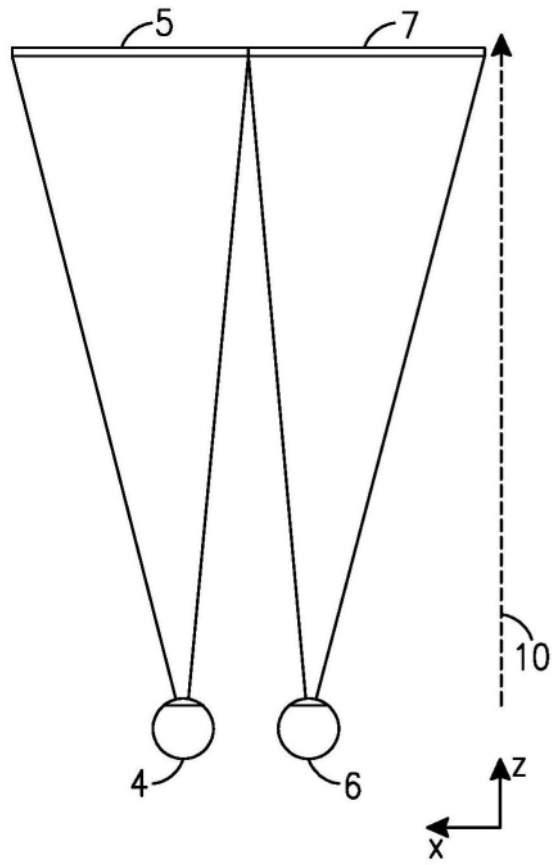


图3

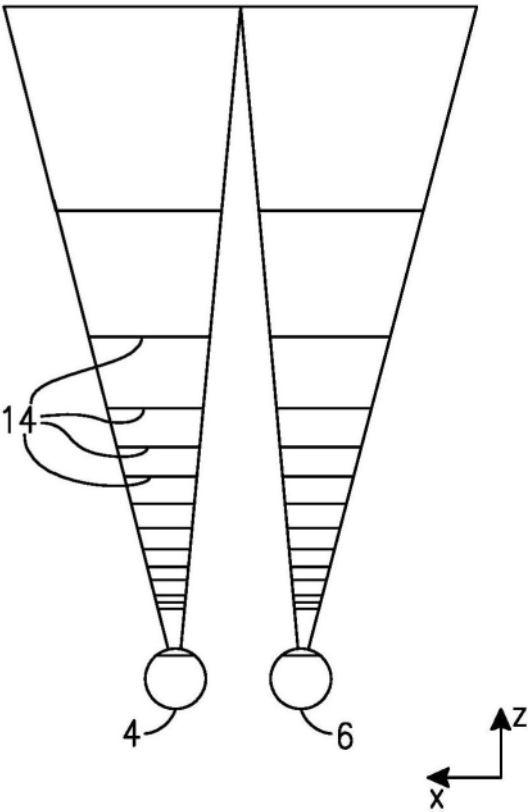


图4

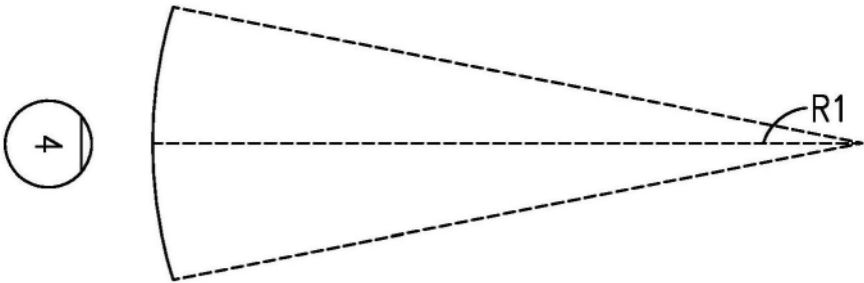


图5A

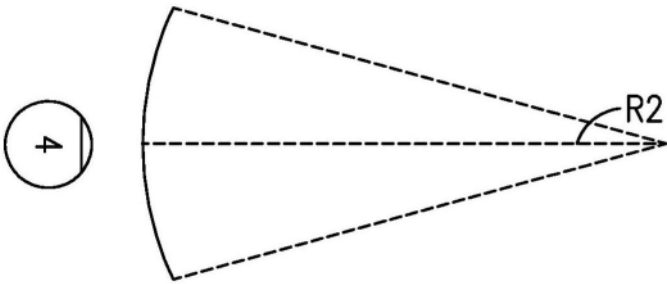


图5B

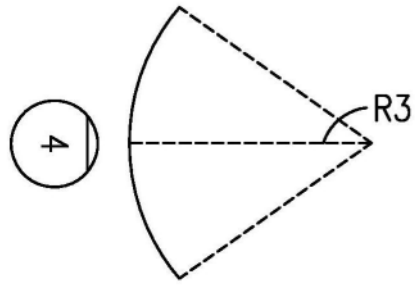


图5C

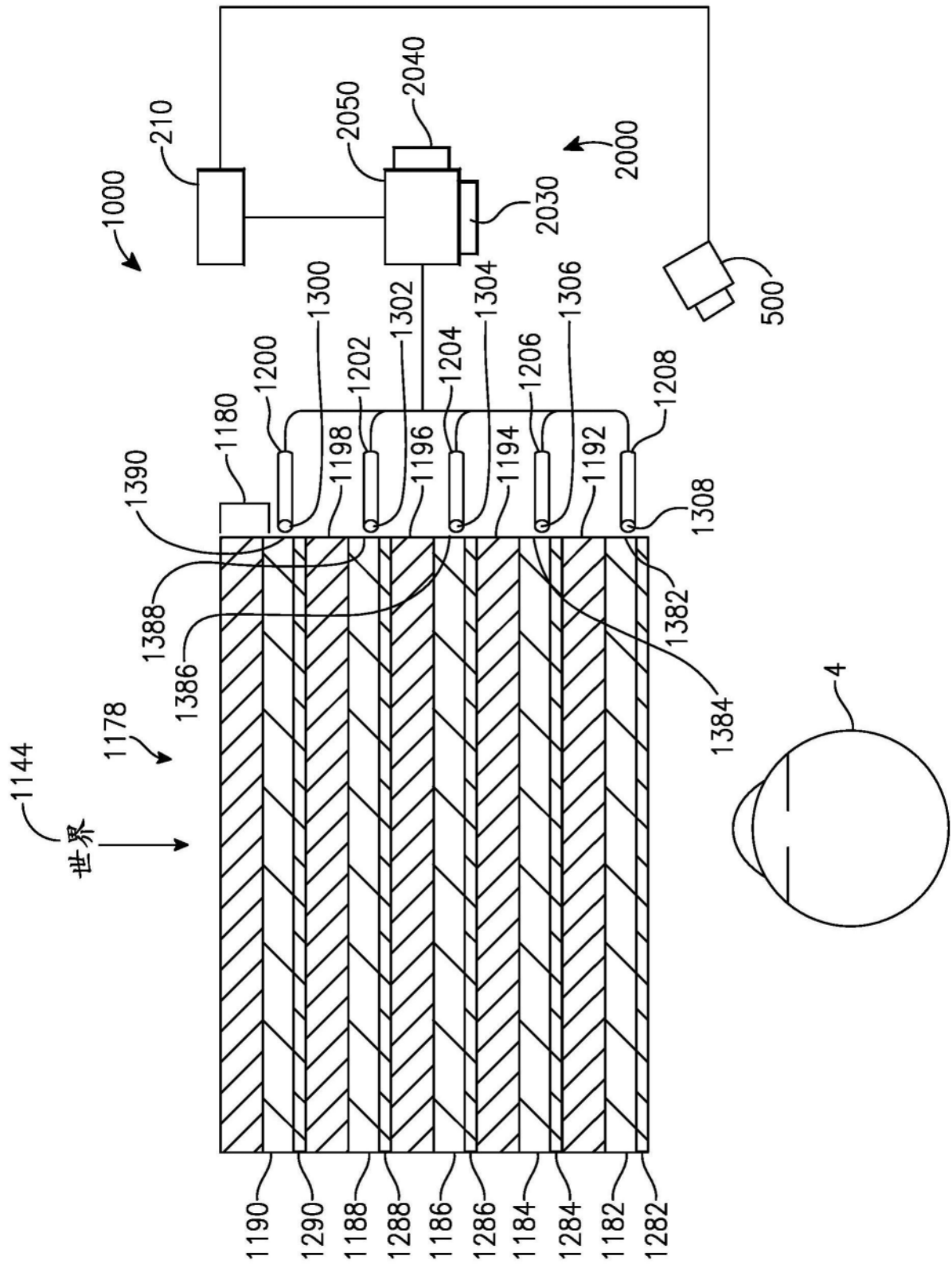


图6

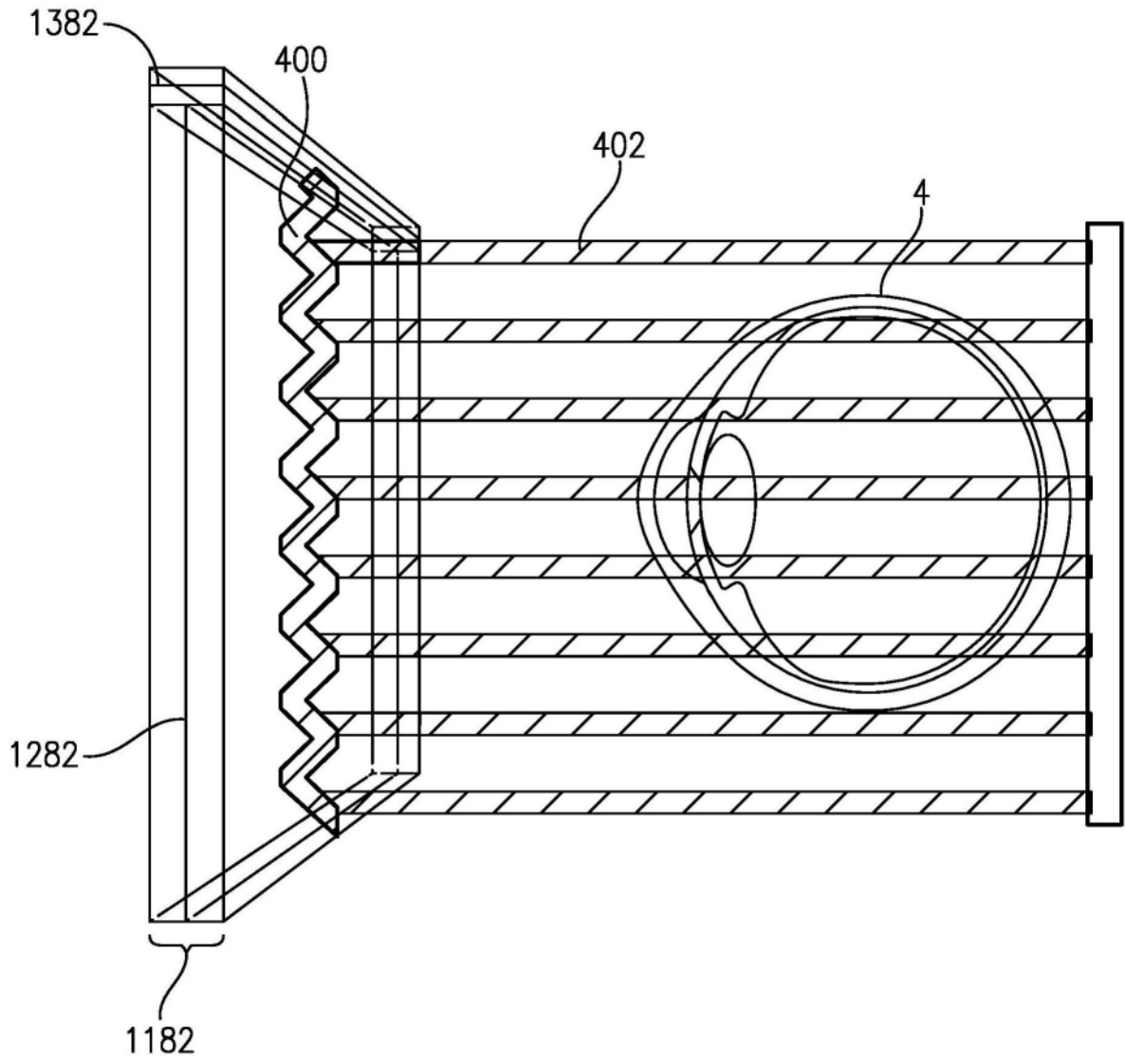


图7

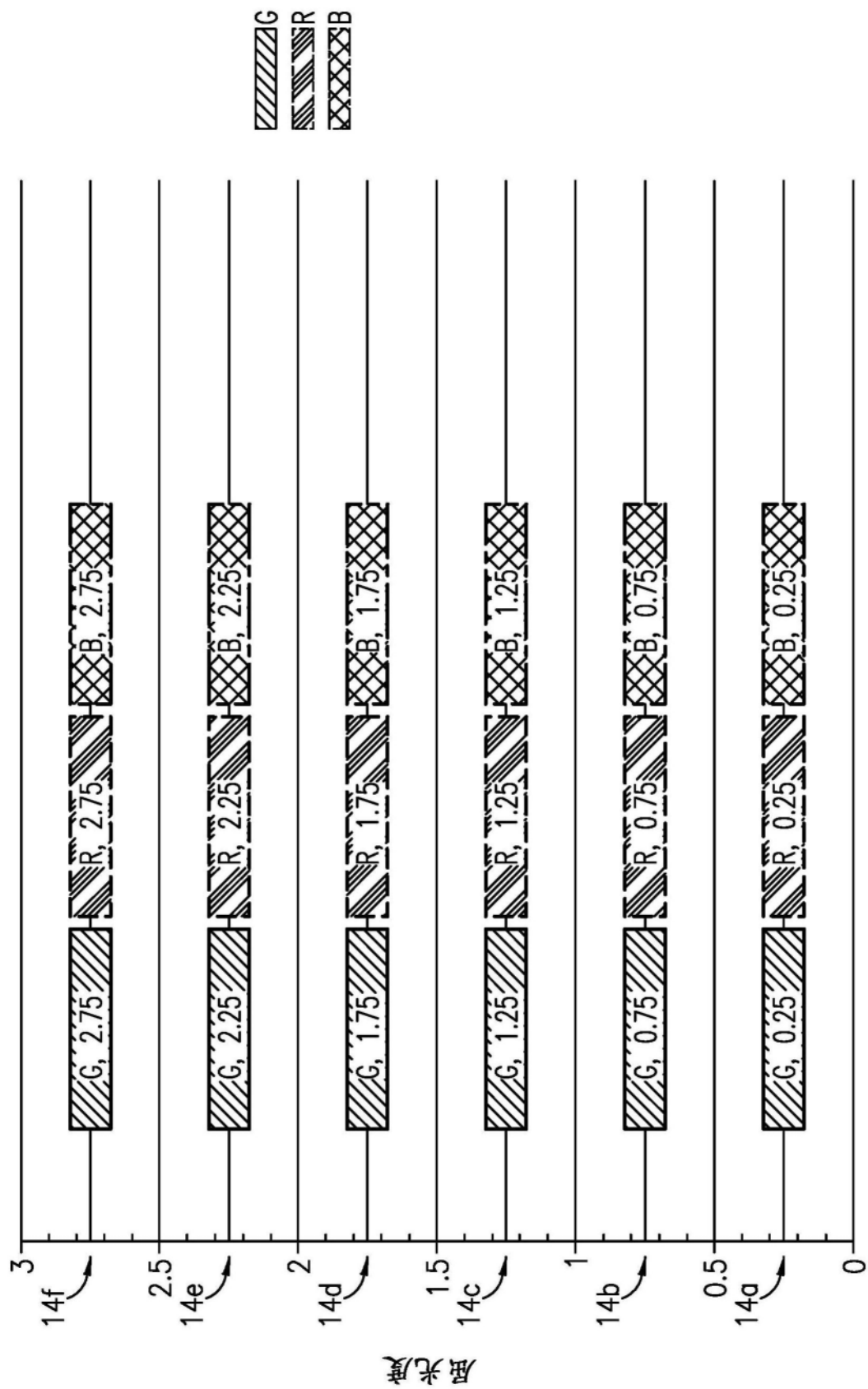


图8

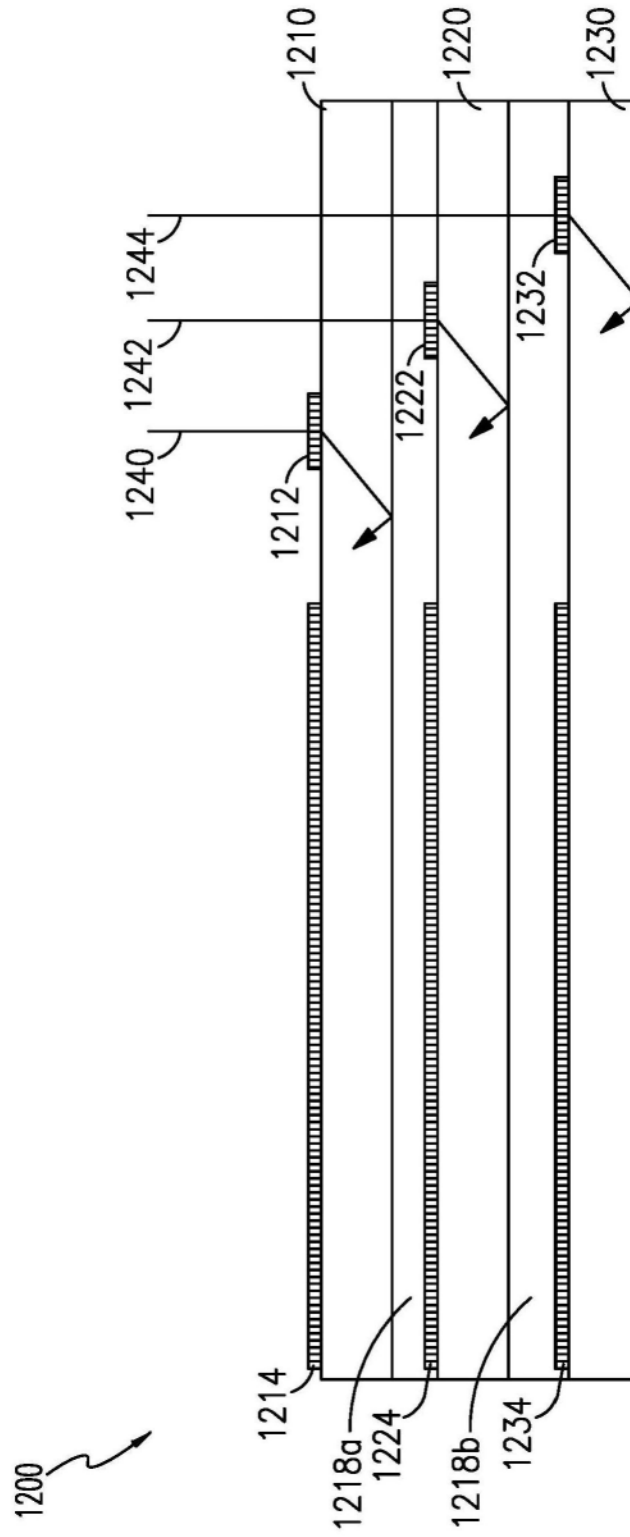


图9A

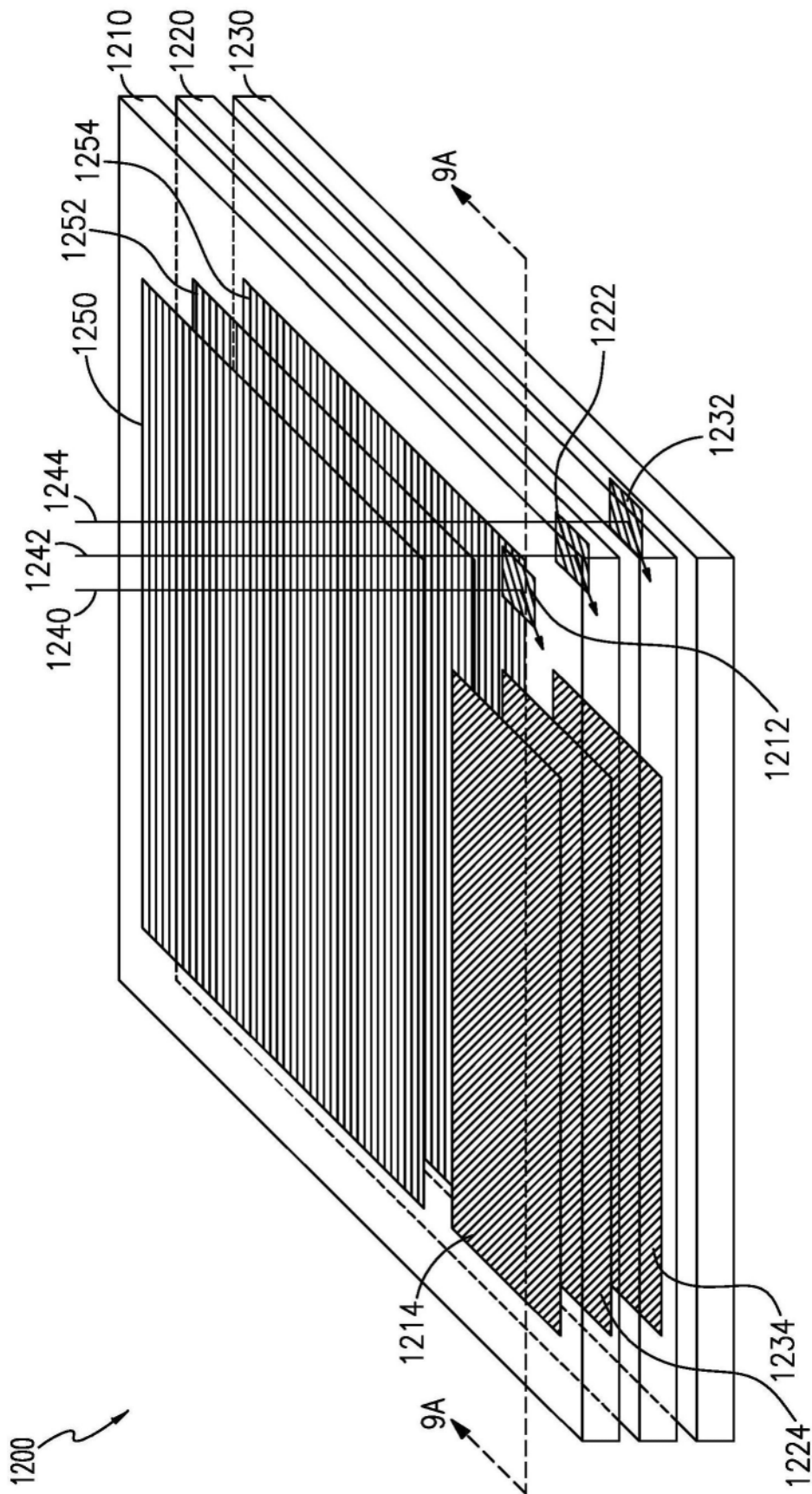


图9B

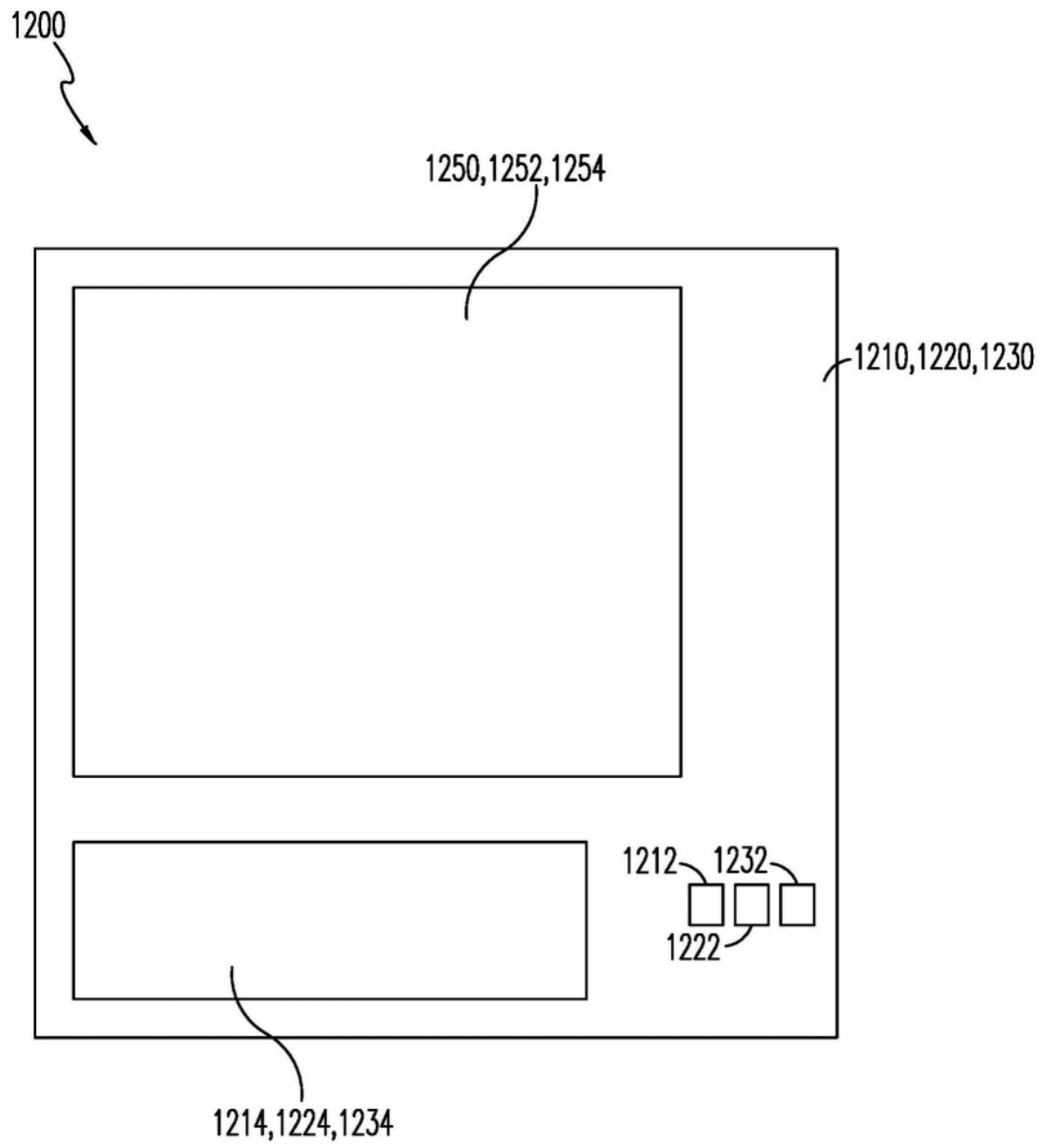


图9C

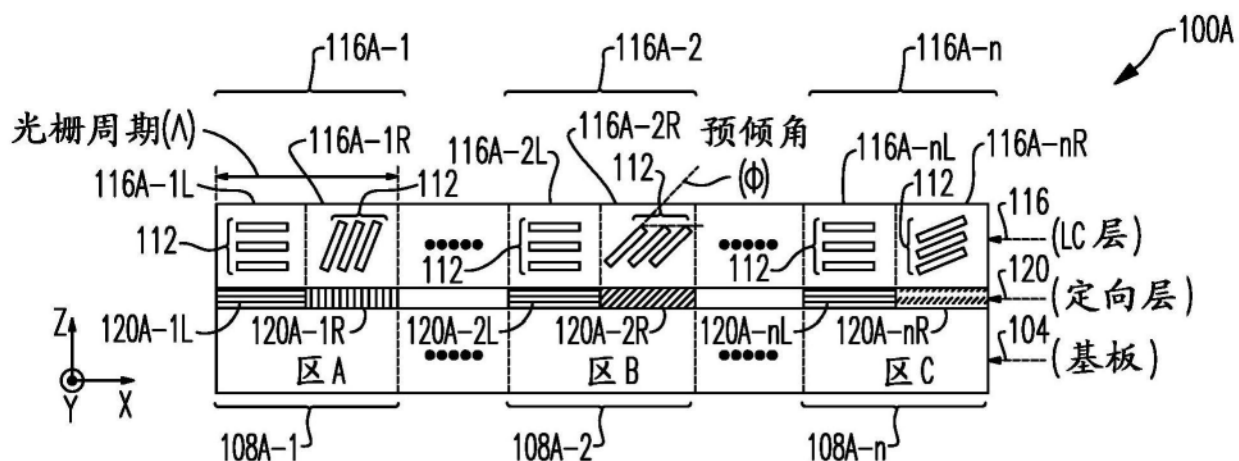


图10A

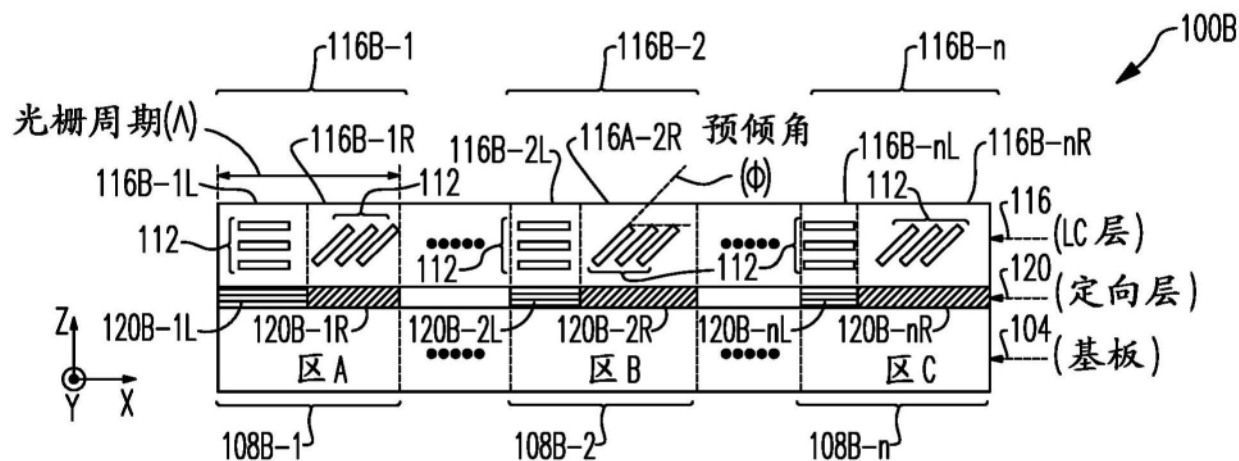


图10B

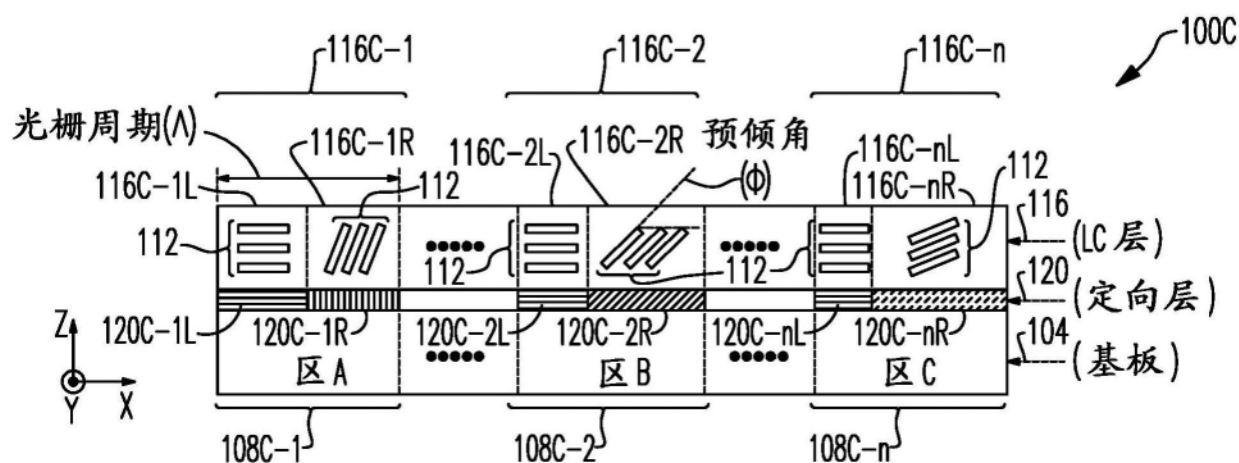


图10C

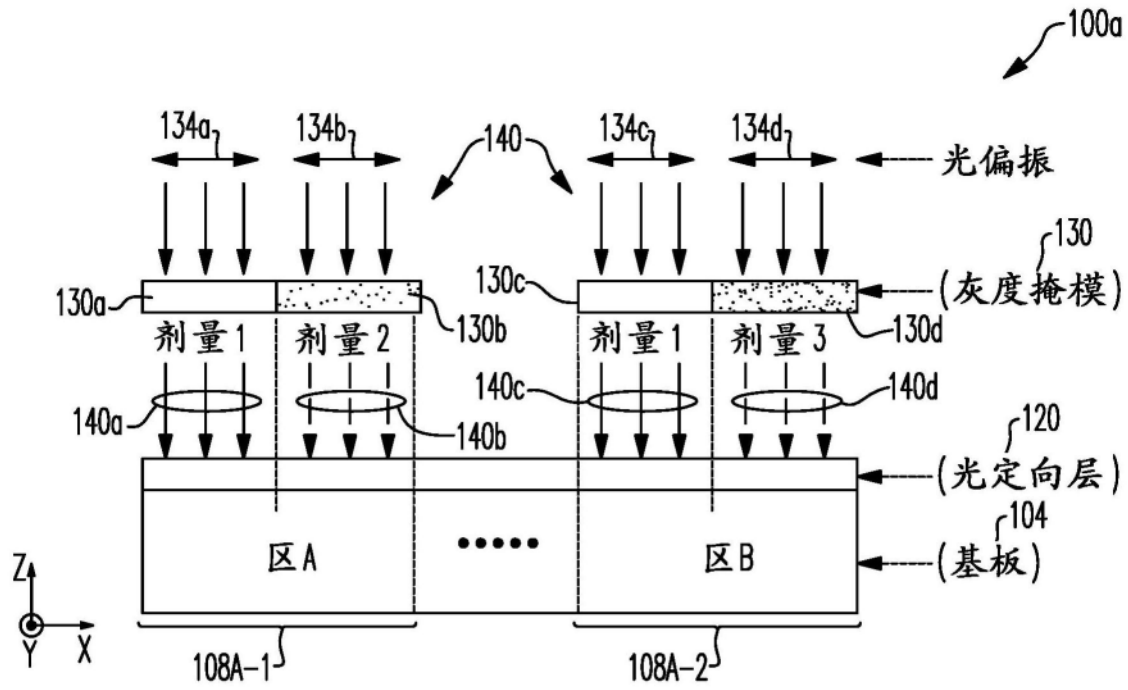


图11A

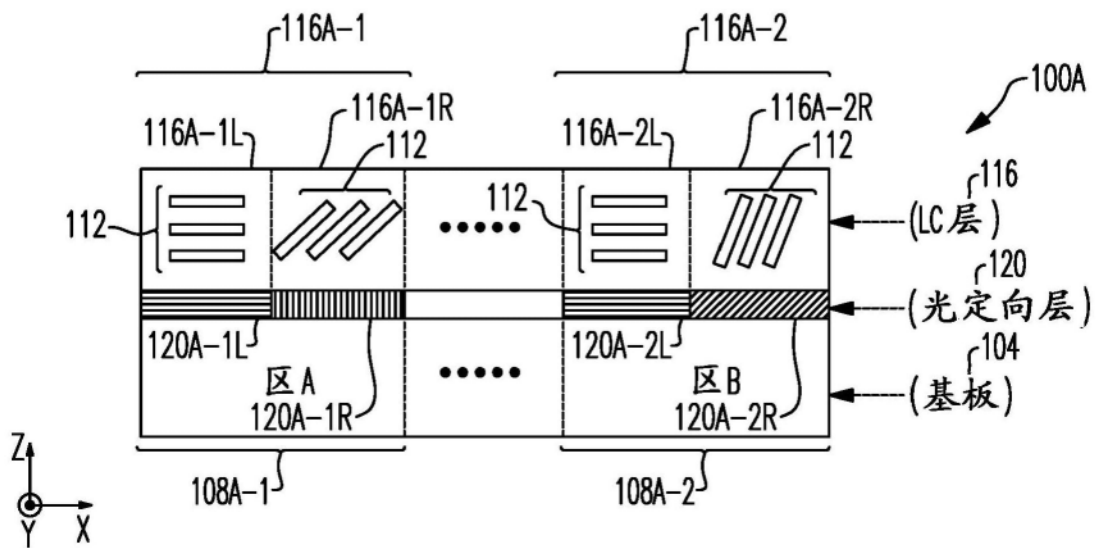


图11B

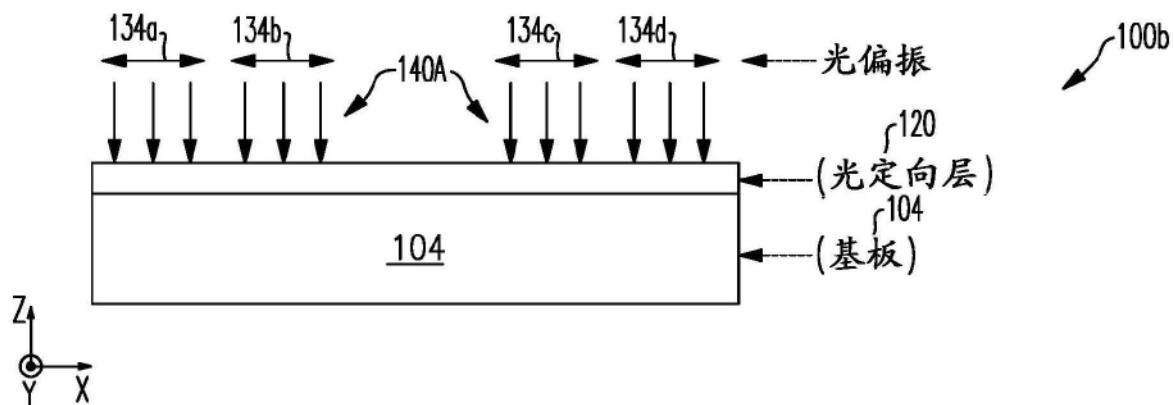


图12A

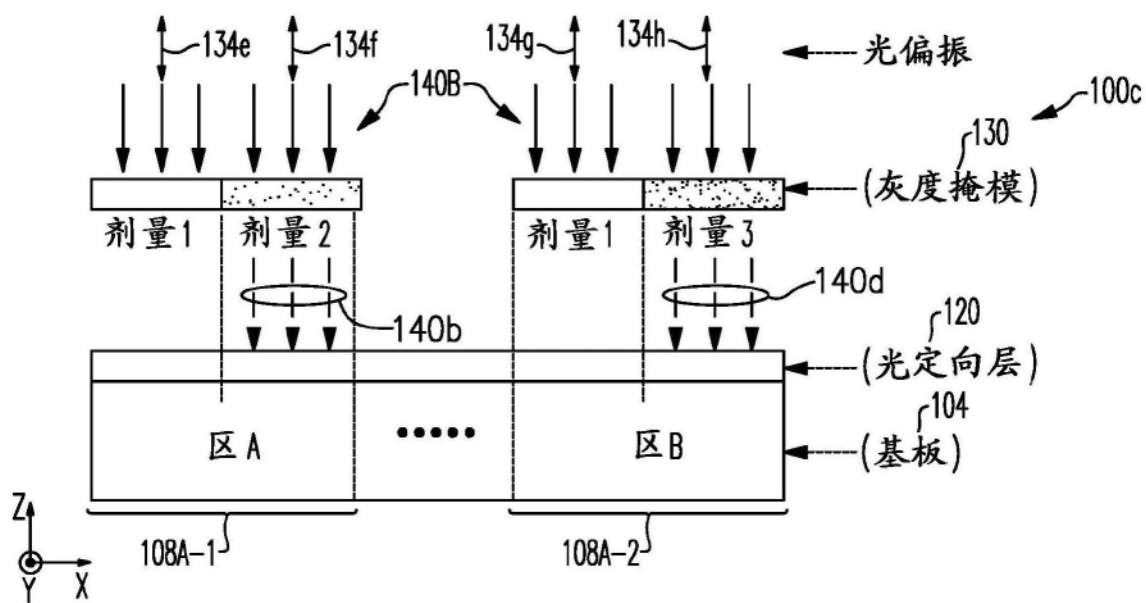


图12B

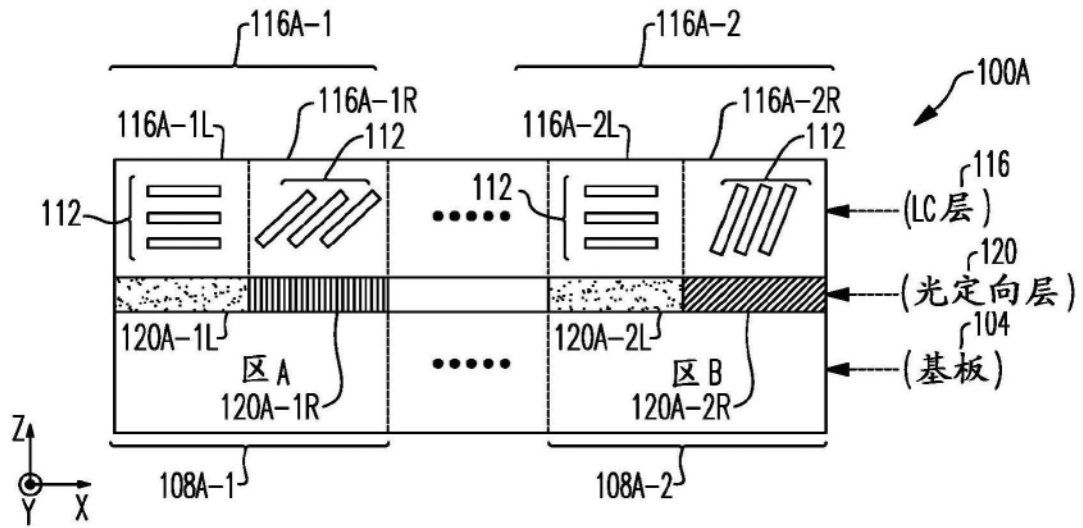


图12C

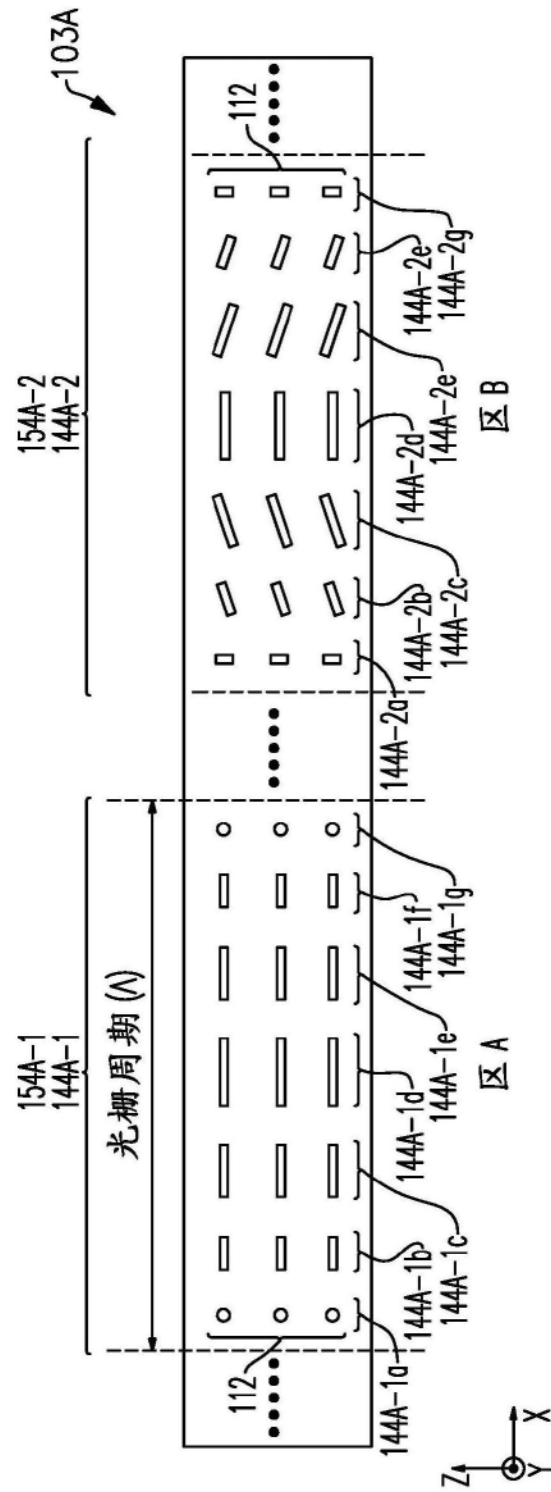


图13A

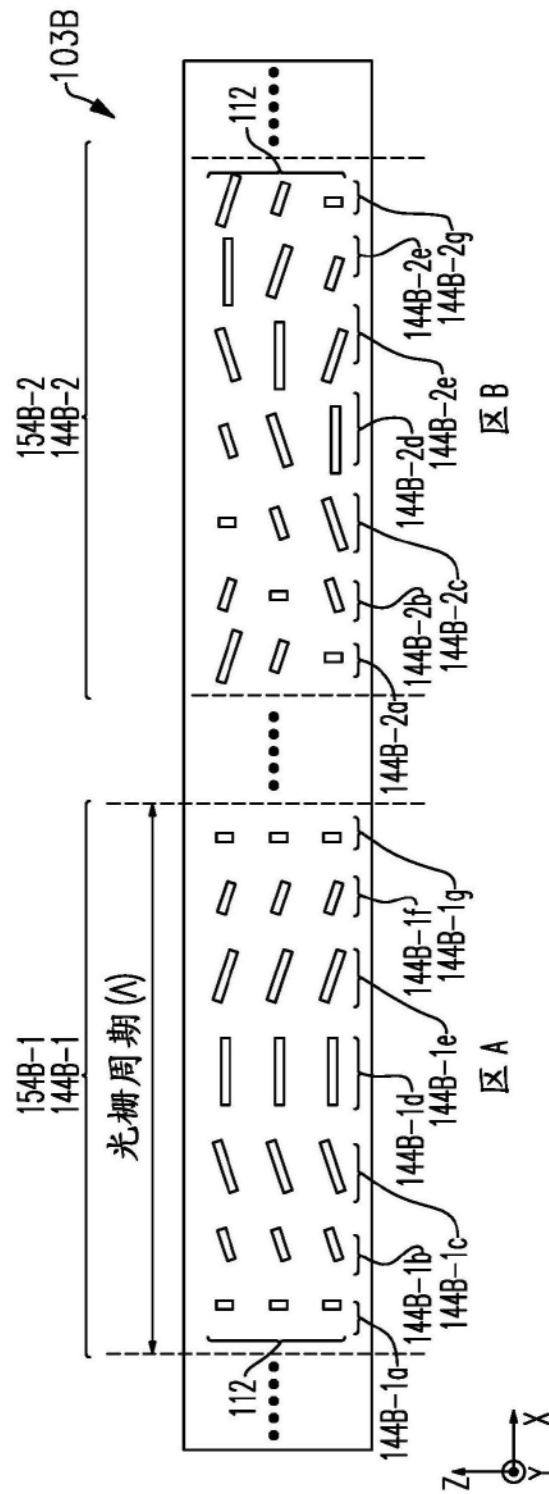


图13B

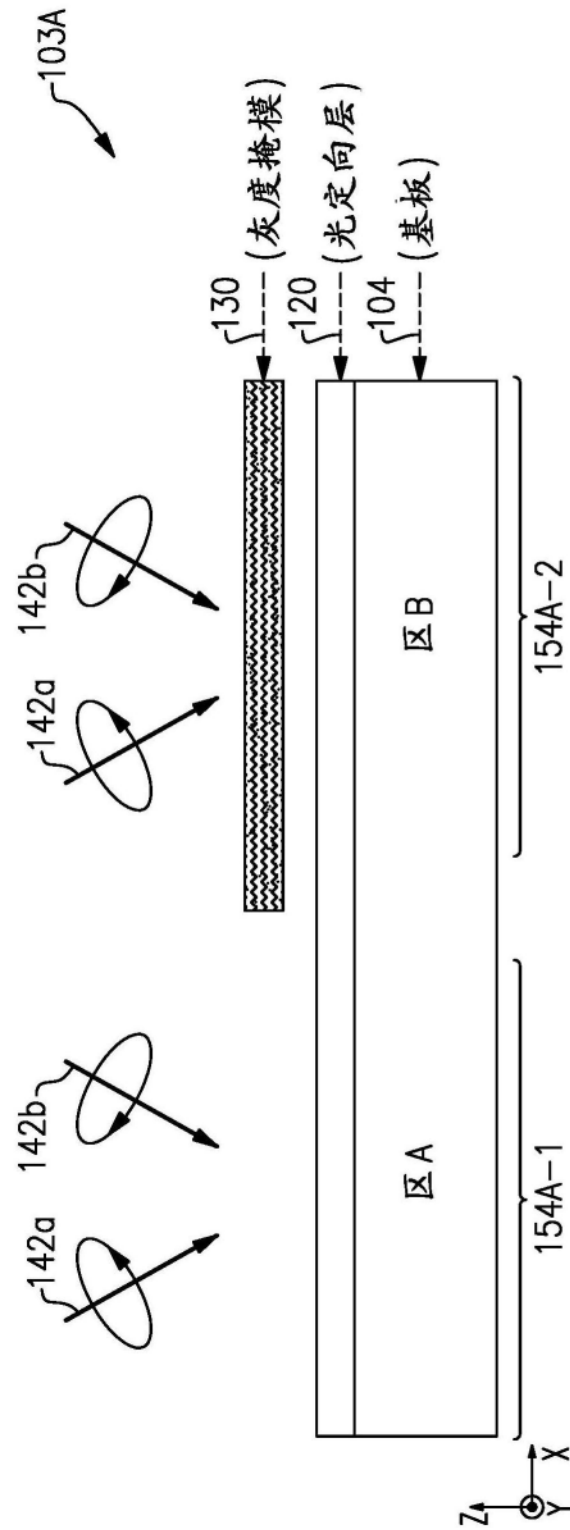


图14A

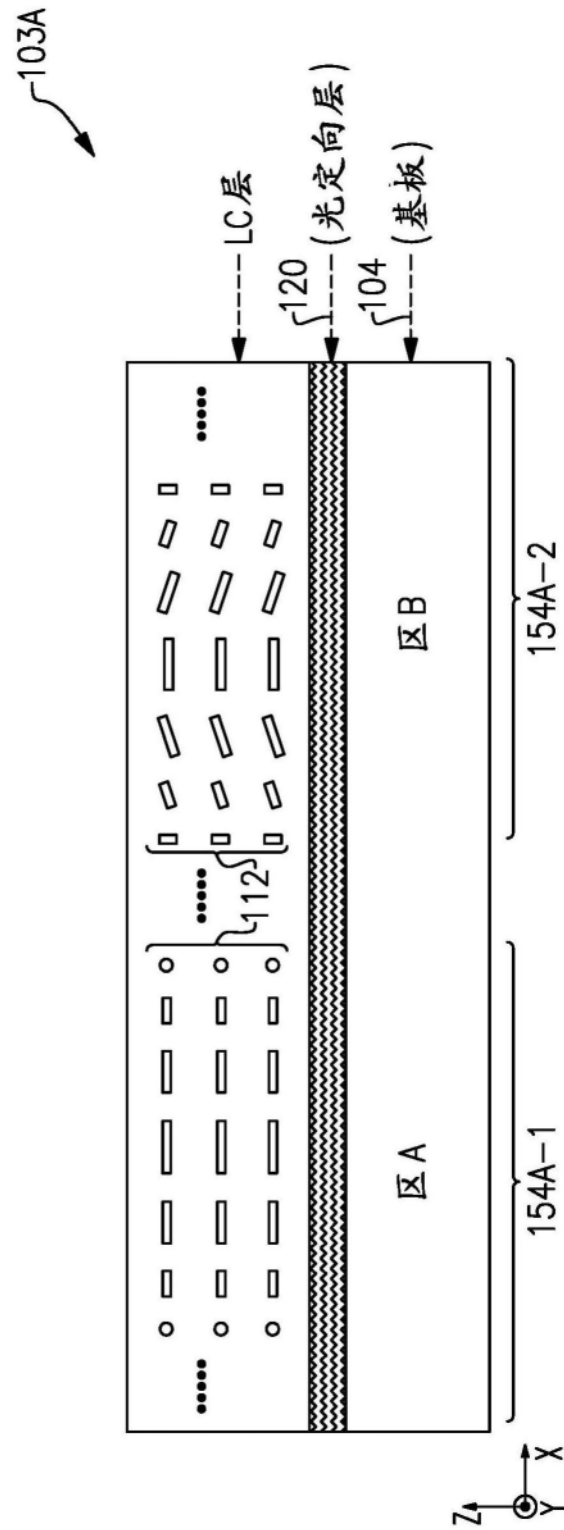


图14B

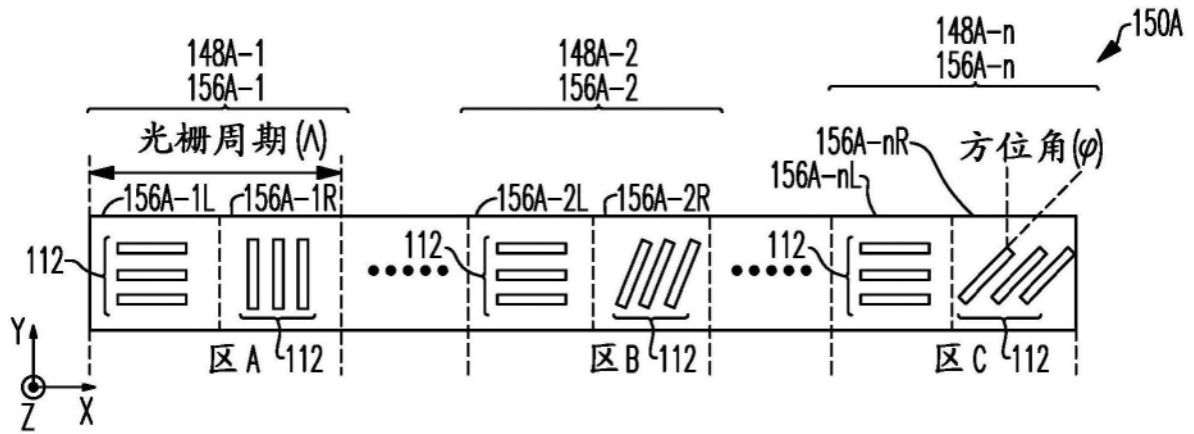


图15A

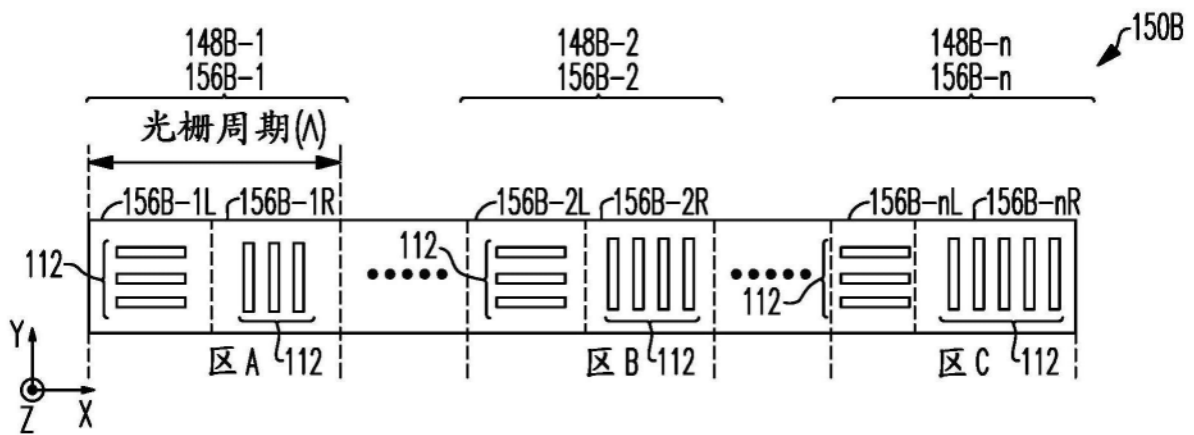


图15B

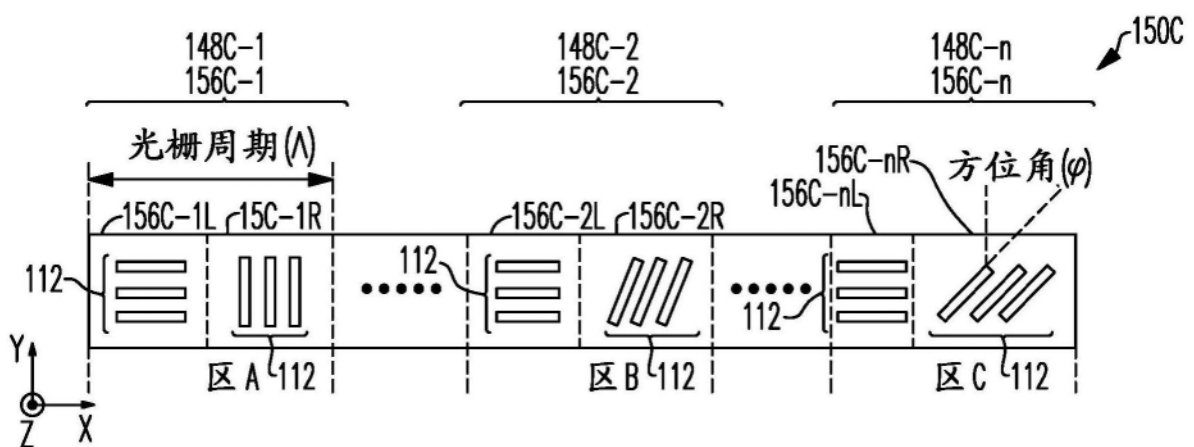


图15C

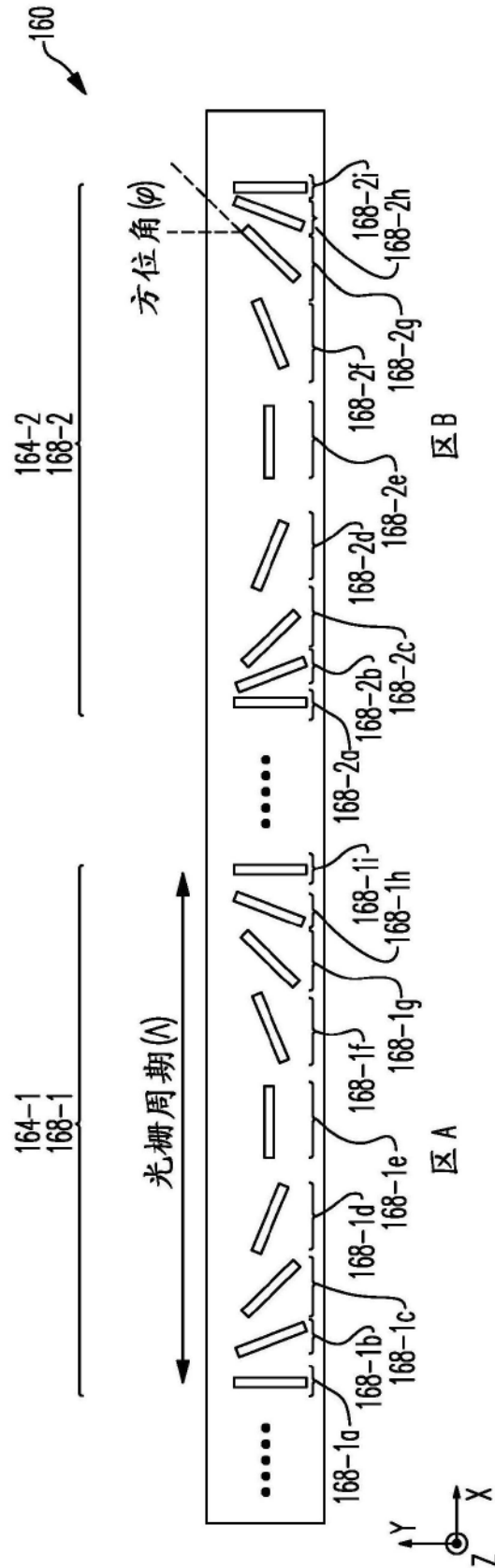


图16A

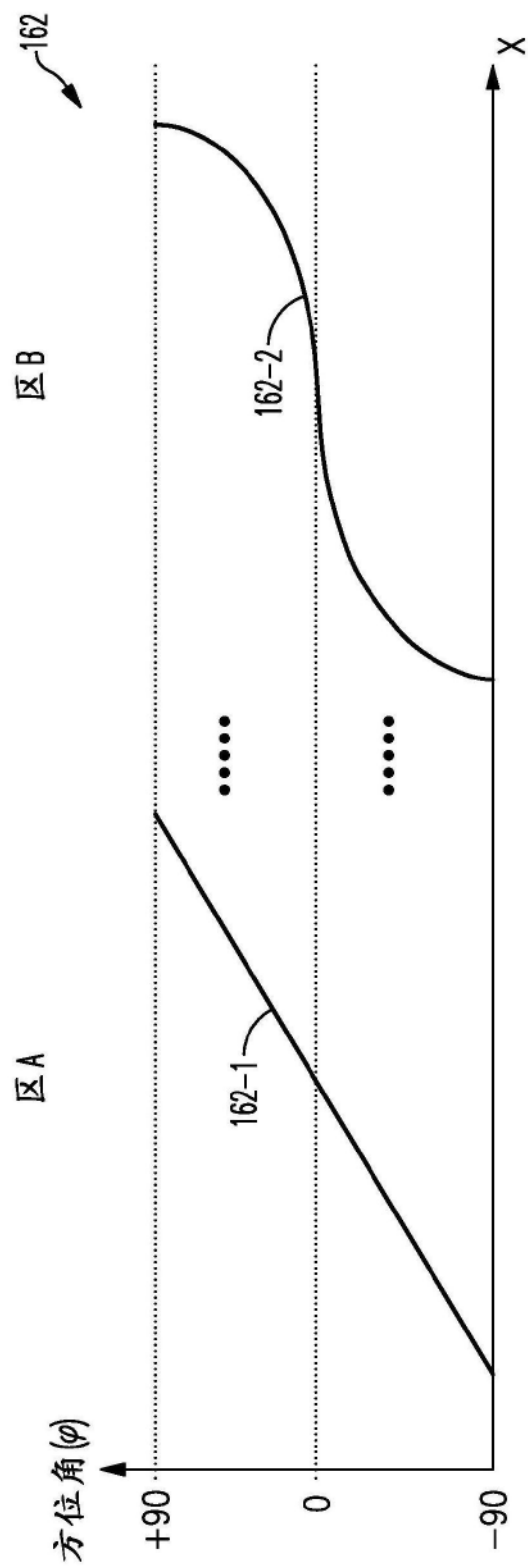


图16B

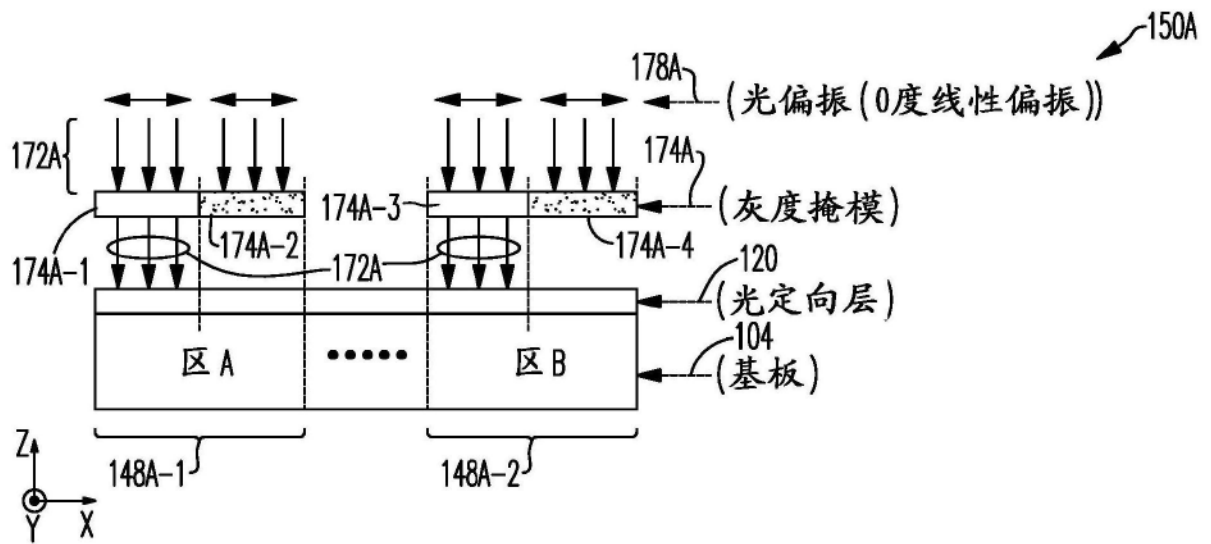


图17A

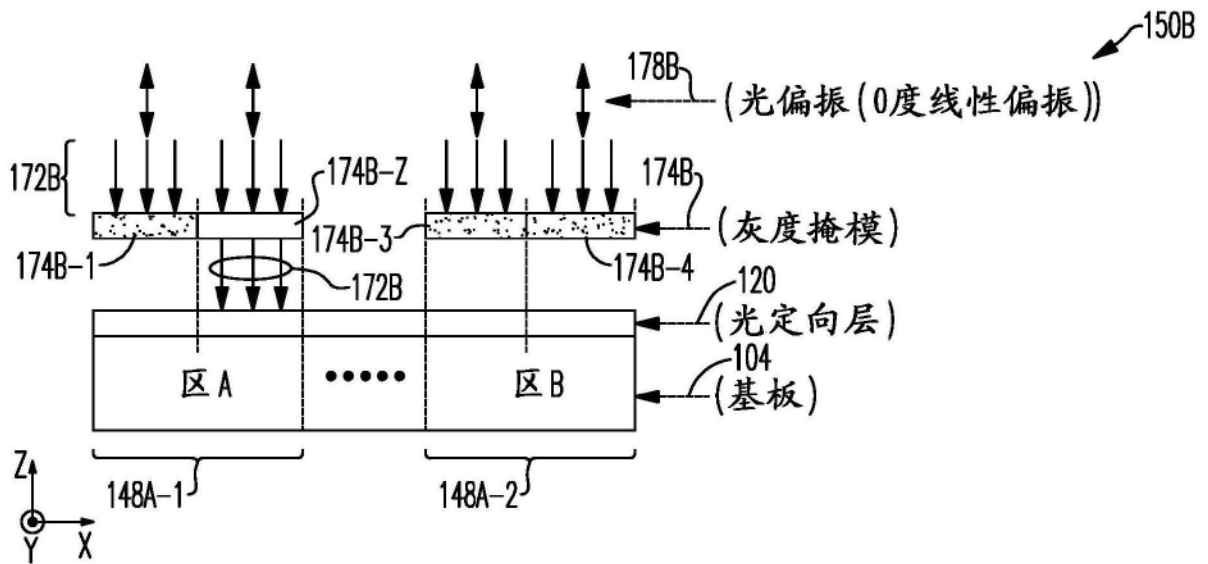


图17B

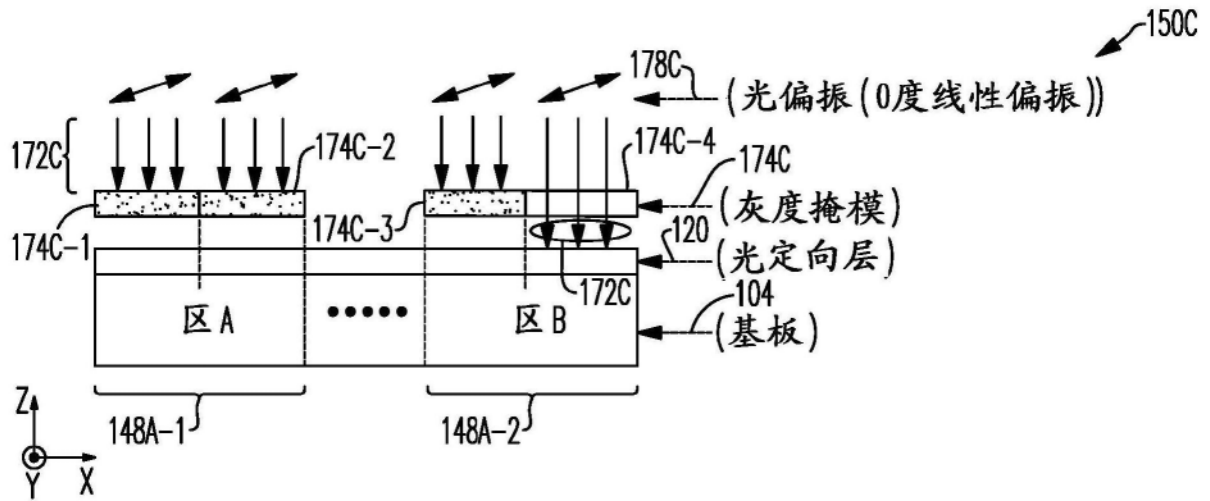


图17C

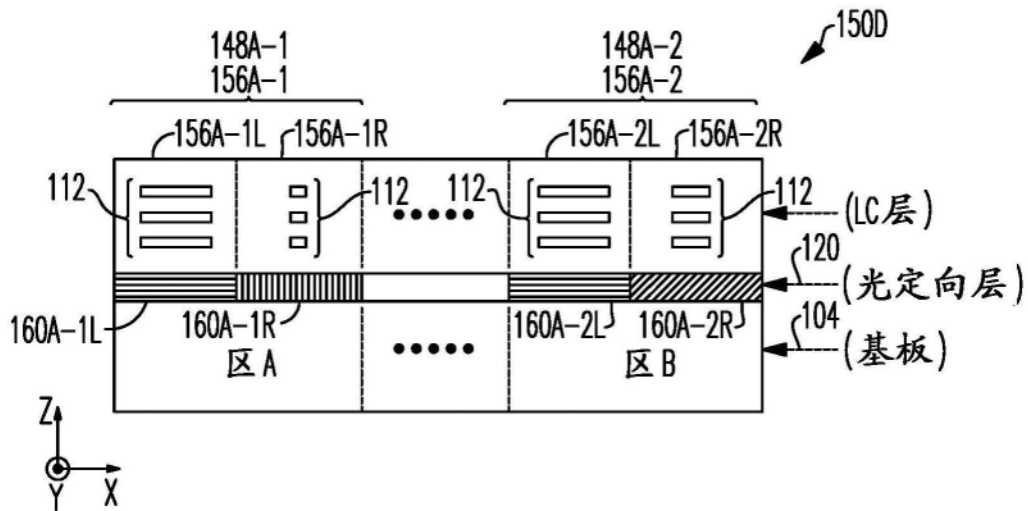


图17D

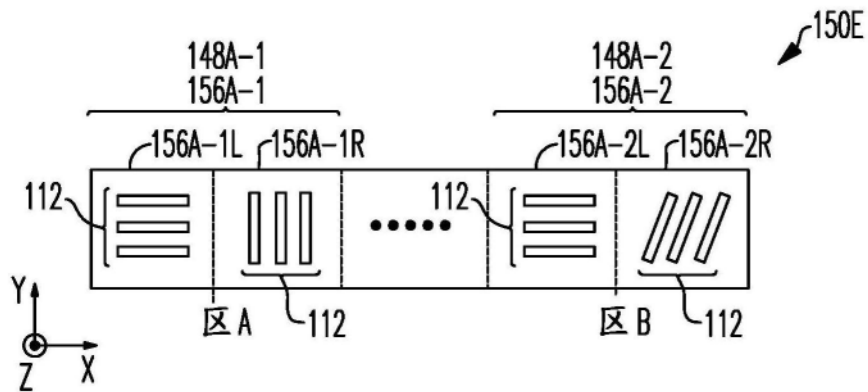


图17E

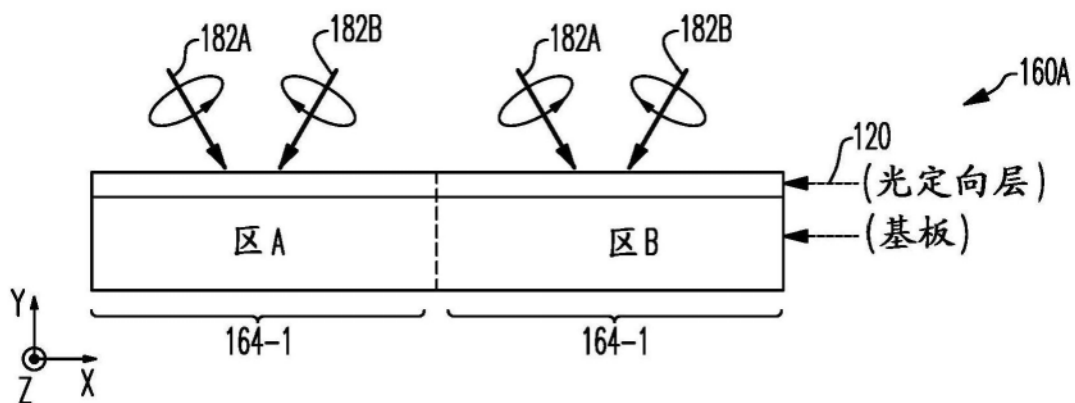


图18A

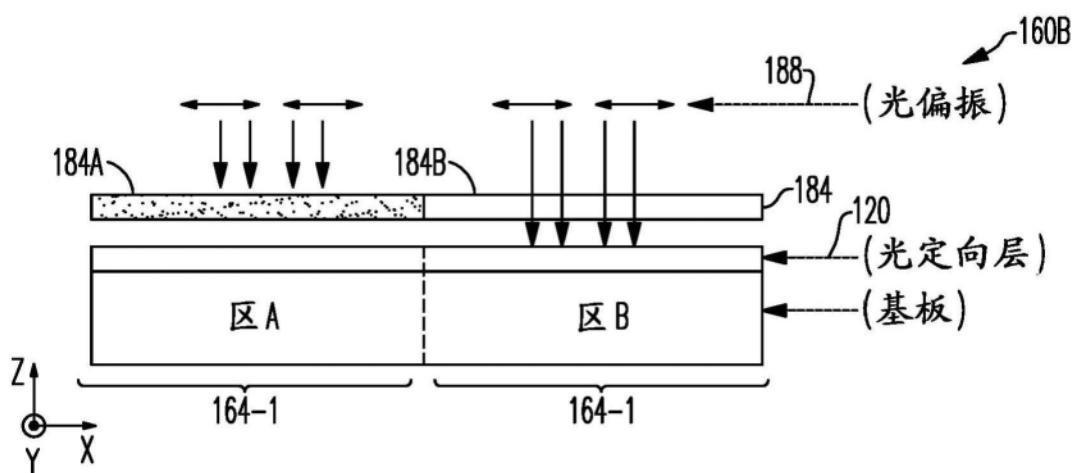


图18B

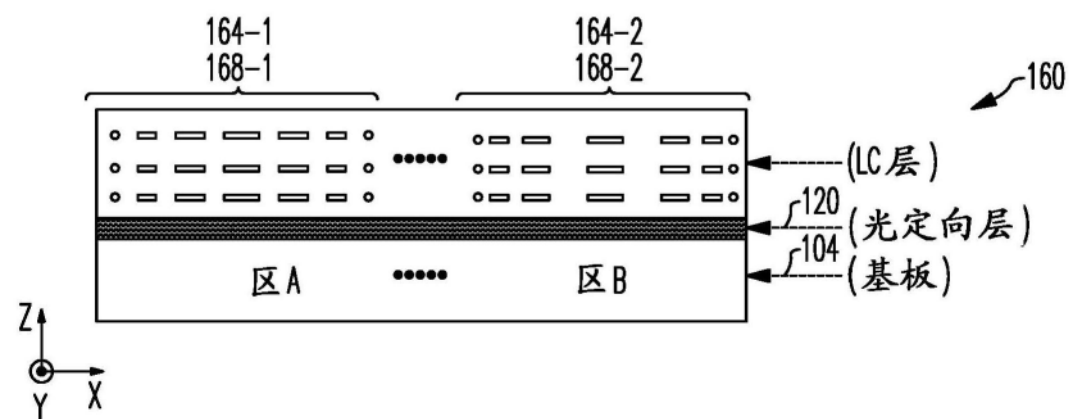


图18C

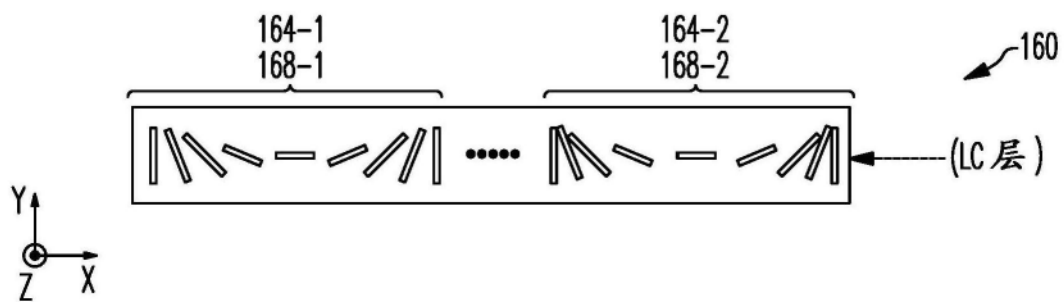


图18D

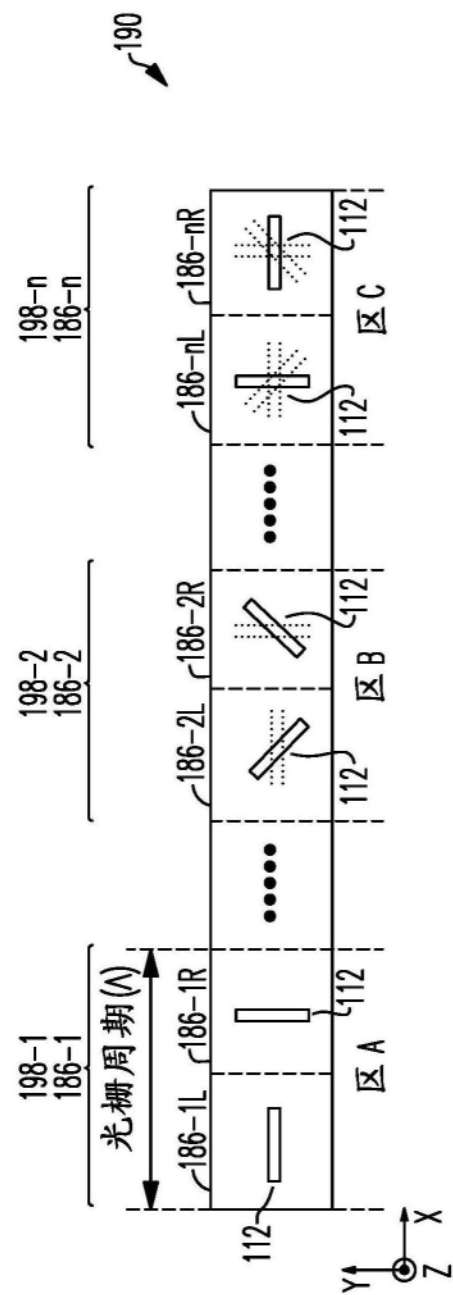


图19A

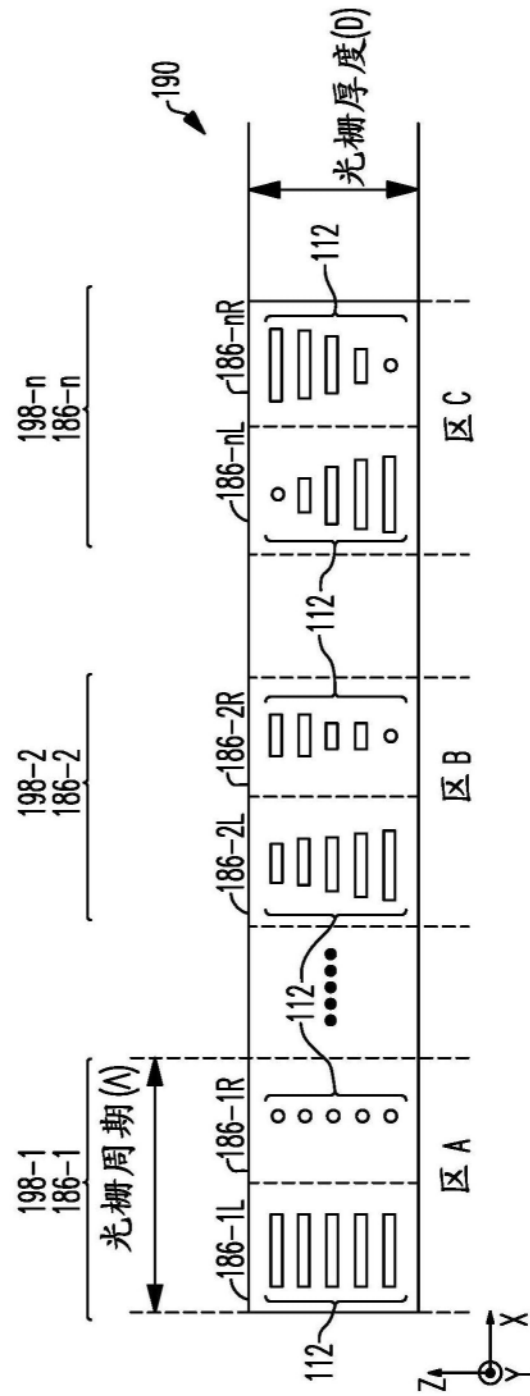


图19B

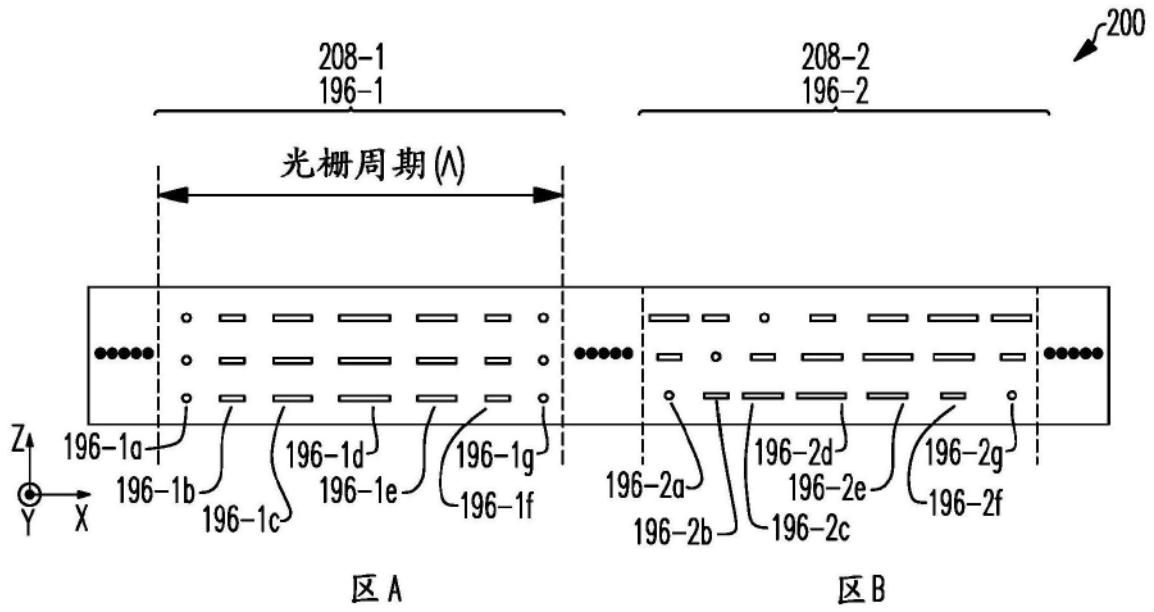


图20

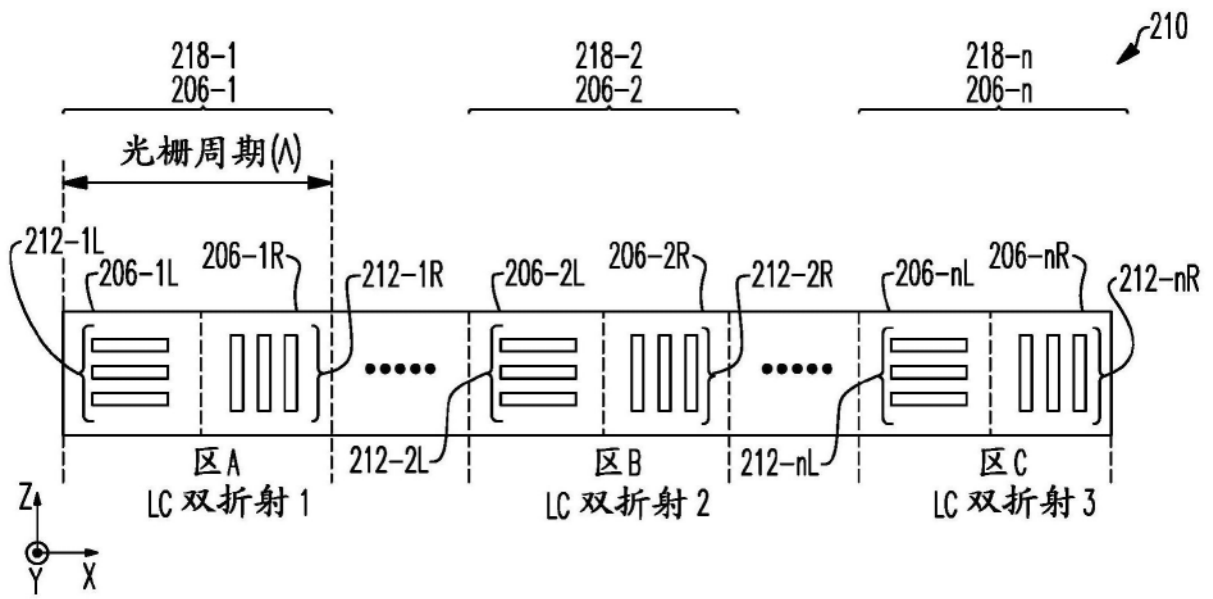


图21