



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107924085 B

(45) 授权公告日 2022.09.02

(21) 申请号 201680047945.6

(72) 发明人 M·A·克鲁格 B·T·朔文格特

(22) 申请日 2016.06.14

M·N·米勒 V·辛格 C·卑路斯
P·圣西莱尔 孙洁

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107924085 A

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

(43) 申请公布日 2018.04.17

专利代理人 杨晓光 于静

(30) 优先权数据

62/175,994 2015.06.15 US

(51) Int.CI.

62/180,551 2015.06.16 US

G02F 1/1335 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

C09K 19/52 (2006.01)

2018.02.13

G02B 5/18 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/037443 2016.06.14

(56) 对比文件

(87) PCT国际申请的公布数据

W02016/205249 EN 2016.12.22

CN 103328176 A, 2013.09.25

(73) 专利权人 奇跃公司

US 2014140653 A1, 2014.05.22

地址 美国佛罗里达州

CN 103384841 A, 2013.11.06

WO 2014172252 A1, 2014.10.23

EP 0132077 A1, 1985.01.23

审查员 张中青

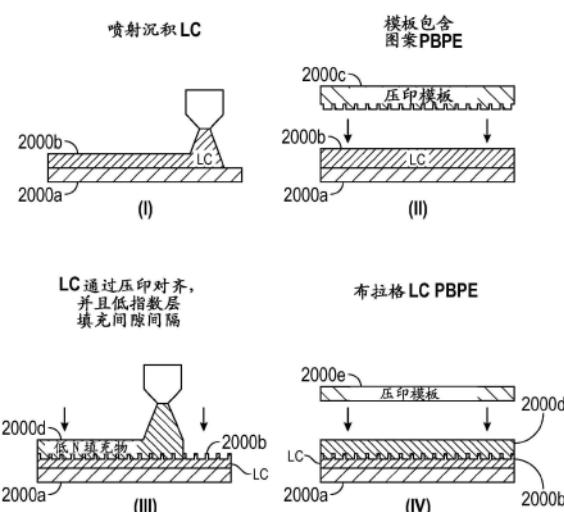
权利要求书1页 说明书20页 附图20页

(54) 发明名称

虚拟和增强现实系统以及方法

(57) 摘要

公开了一种制造液晶装置的方法，该方法包括在基板上沉积液晶材料层，并使用压印模板在液晶材料层上压印图案。液晶材料可以被喷射沉积。压印模板可以包括表面浮雕特征、Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构或衍射结构。通过在此描述的方法制造的液晶装置可以用于操纵光，诸如用于光束转向、波前成形、分离波长和/或偏振，以及组合不同的波长和/或偏振。



1. 一种制造偏振器的方法,所述方法包括:
在基板上沉积包含聚合物的光学透射材料层;
使用压印模板在所述聚合物层上压印图案;
在图案化的聚合物层上喷射沉积偏振器材料的溶液,其中喷射沉积将具有不同组成和/或不同厚度的偏振器材料沉积在基板之上的不同位置处;以及
通过使所述偏振器材料经受固定工艺,使所述偏振器材料的分子固定。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,使所述偏振器材料的分子固定包括固化所述偏振器材料。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述偏振器材料包含在溶剂中的碘和二色性染料的溶液。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述偏振器具有至少47%的透射率。

虚拟和增强现实系统以及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据35USC§119 (e) 要求2015年6月15日提交的美国临时申请No.62/175994 和2015年6月16日提交的美国临时申请No.62/180551的优先权权益。以上确定的申请中的每一个通过引用全部并入在此。

[0003] 本申请通过引用全部并入以下美国专利和专利申请中的每一个：2002年1月1日发布的题为“步进和闪光压印技术 (Step and Flash Imprint Technology)”的美国专利 No.6,334,960;2005年3月29日发布的题为“用于压印光刻工艺的高精度定位、对准和间隙控制阶段 (High-Precision Orientation, Alignment and Gap control Stages for Imprint Lithography Processes)”的美国专利No.6,873,087;2005年5月31日发布的题为“步进和重复压印光刻 (Step and Repeat Imprint Lithography)”的美国专利No.6,900,881;2006年7月4日发布的题为“用于压印光刻的定位系统 (Alignment Systems for Imprint Lithography)”的美国专利No.7,070,405;2006年10月17日发布的题为“用于使用压印光刻制造图案特征的方法 (Methods for Fabricating Patterned Features Utilizing Imprint Lithography)”的美国专利No.7,122,482;2006年11月28日发布的题为“用于UV压印的顺从硬模板 (Compliant Hard Template for UV Imprinting)”的美国专利No.7,140,861;2011年12月13日发布的题为“用于压印光刻的材料 (Materials for Imprint Lithography)”的美国专利No.8,076,386;2006年8月29日发布的题为“控制与表面间隔开的体的位移的装置 (Apparatus to Control Displacement of a Body Spaced Apart from a Surface)”的美国专利No.7,098,572;2015年3月7日提交的美国申请No.14/641,376;2014年11月27日提交的美国申请No.14/555,585;2015年4月18日提交的美国申请No.14/690,401;2014年3月14日提交的美国申请No.14/212,961;以及2014年7月14日提交的美国申请No.14/331,218。

技术领域

[0004] 本公开涉及虚拟现实和增强现实成像和可视化系统。

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”体验的系统的发展，其中，数字再现的图像或其部分以它们看起来是或可能被感知是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，而不透明于其它实际的现实世界的视觉输入；增强现实或“AR”场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现，作为对用户周围的现实世界的可视化的增强。例如，参考图1，描绘了增强现实场景(1)，其中，AR技术的用户看到以背景中的人、树、建筑为特征的真实世界公园状的设置(6)以及实体平台(1120)。除了这些项目以外，AR技术的用户也可以感知他“看到”了站在真实世界的平台(1120)上的机器人雕像(1110)，以及看起来像飞行的蜜蜂的化身的卡通式的头像角色(2)，尽管这些元素(2,1110)不存在于真实的世界中。由于人类的视觉感知系统是复杂的，所以

开发促进虚拟图像元素在其它虚拟或现实世界图像元素中的舒适的、感觉自然的、丰富的呈现的VR或AR技术是有挑战性的。

[0006] 在此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

[0007] 本公开的系统、方法和装置每一个具有若干创新性方面，其中没有单独一个负责在此公开的所需属性。

[0008] 在一些实施例中，提供了一种显示系统。显示系统包括波导；以及被配置为将复用光流定向到波导中的图像注入装置。复用光流包括具有不同光特性的多个光流。波导包括内耦合光学元件，该内耦合光学元件被配置为选择性地内耦合光流中的第一光流，而透射一个或多个其它光流。在一些实施例中，波导是波导堆叠的一部分，该波导堆叠可以包括第二波导，该第二波导包括内耦合光学元件，该内耦合光学元件被配置为选择性地转向光流中的第二光流，而透射一个或多个其它光流。在一些实施例中，波导的内耦合光学元件被配置为将光流中的至少一个光流透射到第二波导的内耦合光学元件。

[0009] 在此描述了制造液晶装置的各种方法，包括将液晶材料喷射沉积在基板上并使用压印图案来对齐液晶的分子。使用在此所述的方法，可以制造包括一层或几层液晶材料的装置。使用在此所述的方法制造的液晶装置可以包括液晶光栅，该液晶光栅包括具有小于约几微米的大小的特征和/或图案。使用在此所述的方法制造的液晶装置同样可以包括液晶特征和/或图案，该液晶特征和/或图案具有小于可见光的波长的大小并且可以包括所谓的Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构、超颖表面(meta-surface)或超材料。在一些情况下，这些结构中的小图案化特征可以是约10nm至约100nm宽，并且约100nm至约1微米高。在一些情况下，这些结构中的小图案化特征可以是约10nm至约1微米宽，并且约10nm至约1微米高。用于操纵光(诸如用于光束转向、波前成形、分离波长和/或偏振)以及组合不同的波长和/或偏振的结构可以包括具有超颖表面的液晶光栅，在此另外称为超材料液晶光栅或具有Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构的液晶光栅。具有PBPE结构的液晶光栅可以将高衍射效率和对液晶光栅的入射角低灵敏度与PBPE结构的高波长灵敏度组合。使用在此所述的各种制造方法，具有PBPE结构的液晶光栅可以大量生产，这是使用在液晶材料上设置PBPE结构的现有方法所不可能的。在此讨论的方法同样可用于制造比现有偏振器更透明的偏振器。

[0010] 在此描述的主题材料的创新方面包括在制造液晶装置的方法中。该方法包括在基板上沉积液晶材料层；并使用压印模板在液晶材料层上压印图案，以使得液晶材料的分子与图案自对准。

[0011] 该方法的各种实施例可以包括沉积折射率低于液晶材料折射率的材料层。低折射率材料层可以使用平坦化模板被配置为平坦化层。在各种实施例中，压印模板可以包括以下中的至少一个：表面浮雕特征、尺寸在约20nm与约1微米之间的特征、尺寸在约10nm与约200nm之间的特征、PBPE结构、超颖表面、光栅阵列、曲线凹槽或曲线弧。该方法的各种实施例可以通过喷射沉积液晶材料层来沉积液晶材料层。该方法的各种实施例可以包括在液晶材料层上方沉积液晶材料附加层。液晶材料附加层可以与液晶材料层的图案自对准。在该方法的各种实施例中，图案可以压印在液晶材料附加层上。压印在液晶材料附加层上的图

案可以与压印在液晶材料层上的图案不同。压印在液晶材料层上的图案可以被配置为作用于第一波长，并且压印在液晶材料附加层上的图案可以被配置为作用于第二波长。

[0012] 在此描述的主题材料的另一个创新性方面包括在制造液晶装置的方法中，该方法包括：在基板上沉积抗蚀剂层；使用压印模板在抗蚀剂层上压印图案；以及在图案化的抗蚀剂层上沉积液晶材料层，以使得液晶材料的分子与图案自对准。

[0013] 在该方法的各种实施例中，沉积抗蚀剂层可以包括喷射沉积抗蚀剂层。在各种实施例中，压印模板可以包括以下中的至少一个：表面浮雕特征、尺寸在约20nm与约1微米之间的特征、PBPE结构、尺寸在约10nm与约200nm之间的特征、超颖表面、光栅阵列、曲线凹槽或曲线弧。该方法的各种实施例可以通过喷射沉积液晶材料层来沉积液晶材料层。在该方法的各种实施例中，沉积液晶材料层可以包括喷射沉积液晶材料层。该方法的各种实施例可以进一步包括在该液晶材料层上方沉积液晶材料附加层。液晶材料附加层可以与液晶材料层的图案自对准。图案可以压印在液晶材料附加层上。压印在液晶材料附加层上的图案可以不同于压印在液晶材料层上的图案。压印在液晶材料层上的图案可以被配置为作用于第一波长，并且压印在液晶材料附加层上的图案被配置为作用于第二波长。

[0014] 在此公开的主题的又一个创新性方面包括制造偏振器的方法，该方法包括：在基板上沉积包括聚合物的光学透射材料层；使用压印模板在该聚合物层上压印图案；以及在图案化的聚合物层上沉积偏振器材料的溶液。

[0015] 在各种实施例中，在图案化的聚合物层上沉积偏振器材料的溶液可以包括在图案化的聚合物层上喷射沉积偏振器材料溶液。在各种实施例中，在图案化的聚合物层上沉积偏振器材料的溶液可以包括在图案化的聚合物层上旋涂偏振器材料溶液。在各种实施例中，偏振器材料可包括溶剂中的碘和二色性染料的溶液。偏振器可以具有至少47%的透射率。

[0016] 在此公开的主题的又一个创新方面包括液晶装置，其包括包含PBPE结构的液晶偏振光栅层。液晶装置还可以包括包含PBPE结构的另一层液晶偏振光栅。液晶装置可以被配置为选择性地内耦合来自复用光流中的至少一个光流到波导中，并且透射来自复用光流的一个或多个其它光流。液晶装置可以包括在显示系统的波导中。液晶装置和/或波导可以包括在头戴式显示器的目镜中。

[0017] 在此公开的主题的另一创新方面包括制造包括PBPE结构的光学装置的方法。该方法包括在基板上设置能够透射和/或反射入射光的材料层，并且在该材料上压印包括PBPE结构的图案。该材料可以包含液晶。在该方法的各种实施例中，设置材料可以包括将材料喷射沉积在基板上。在该方法的各种实施例中，压印图案可以包括使用包括PBPE结构的压印模板将图案压印在材料上。压印在材料上的图案可以被配置为选择性地作用于一个或多个波长的光。

[0018] 在此公开的主题的又一个创新方面包括制造包括超颖表面的光学装置的方法，该方法包括：在基板上设置能够透射和/或反射入射光的材料层，并且在该材料上压印包括超颖表面的图案。该材料可以包含液晶。材料可以喷射沉积在基板上。在各种实施例中，压印图案可以包括使用包括超颖表面的压印模板将图案压印在材料上。在各种实施例中，压印在材料上的图案可以被配置为选择性地作用于一个或多个波长的光。

[0019] 在此公开的主题的另一创新方面包括制造液晶装置的方法。该方法包括在基板上

沉积层；使用压印模板在该层上压印图案；以及在该图案化层上沉积液晶材料层，以使得液晶材料的分子与该图案自对准。该层可以包括抗蚀剂层。在各种实施例中，沉积层可以包括喷射沉积该层。在一些实施例中，压印模板可以包括以下中的至少一个：表面浮雕特征、尺寸在约10nm与约200nm之间的特征、尺寸在约20nm与约1微米之间的特征、PBPE结构、超颖表面、光栅阵列、曲线凹槽或弧。

[0020] 在各种实施例中，沉积液晶材料层可以包括喷射沉积液晶材料层。在各种实施例中，该方法可以进一步包括在液晶材料层上方沉积液晶材料附加层。液晶材料附加层可以与液晶材料层的图案自对准。图案可以压印在液晶材料附加层上。压印在液晶材料附加层上的图案可以不同于压印在液晶材料层上的图案。压印在液晶材料层上的图案可以被配置为作用于第一波长，并且压印在液晶材料附加层上的图案被配置为作用于第二波长。

[0021] 在此公开的主题的另一创新方面包括制造偏振器的方法，该方法包括：在基板上沉积光学透射材料层；使用压印模板在材料上压印图案；以及在图案化的聚合物层上沉积偏振器材料的溶液。

[0022] 在此公开的主题的又一创新方面包括液晶装置。液晶装置包括基板；液晶材料层，该液晶材料层具有与基板相邻的第一表面和与第一表面相对的第二表面；以及在第二表面上的多个特征，该多个特征具有在约10nm与约200nm之间的尺寸。在各种实施例中，多个特征可以包括以下中的至少一个：PBPE结构、超颖表面或超材料。在各种实施例中，多个特征可以被配置为偏振光栅。液晶装置的实施例可以包括在显示系统的波导中。液晶装置可以被配置为选择性地内耦合来自复用光流的至少一个光流到波导中，并且透射来自复用光流的一个或多个其它光流。液晶装置可以包括在头戴式显示器的目镜中。

[0023] 在此公开的主题的另一创新方面包括一种液晶装置，其包括基板；材料，其具有与基板相邻的第一表面和与第一表面相对的第二表面，该材料在第二表面上包括尺寸在约10nm与约200nm之间的多个特征；以及在材料的第二表面上的液晶材料。在各种实施例中，材料可以包括抗蚀剂。在各种实施例中，多个特征可以包括超颖表面和/或超材料。液晶装置的实施例可以包括在显示系统的波导中。液晶装置可以被配置为选择性地内耦合来自复用光流的至少一个光流到波导中，并且透射来自复用光流的一个或多个其它光流。液晶装置可以包括在头戴式显示器的目镜中。

[0024] 在本说明书中描述的主题的一个或多个实施例的细节在附图和下面的描述中阐述。从描述、附图和权利要求中，其它特征、方面和优点将变得显而易见。请注意，下图中的相对尺寸可能不是按比例绘制的。

附图说明

- [0025] 图1示出了通过AR装置的用户对增强现实(AR)的视图。
- [0026] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。
- [0027] 图3示出了用于模拟用户的三维图像的传统显示系统。
- [0028] 图4示出了使用多个深度平面来模拟三维图像的方法的方面。
- [0029] 图5A-5C示出了曲率半径和焦距半径之间的关系。
- [0030] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。
- [0031] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

- [0032] 图8A示意性地示出了将复用图像信息传送到一个或多个波导中的示例的透视图。
- [0033] 图8B示意性地示出了将复用图像信息传送到多个波导中的另一个示例的透视图。
- [0034] 图8C示意性地示出了图8B的显示系统的俯视图。
- [0035] 图8D示出了图8C的显示系统,其中光重定向元件将来自每一个波导的光外耦合。
- [0036] 图8E示出了包括包含用于提供x-y像素信息的光调制装置的图像注入装置的图8B的显示系统。
- [0037] 图9A示出了制造液晶装置的方法的实施例。
- [0038] 图9B和图9C示出了可用于根据以上图9A或以下图9D中描述的方法制造液晶装置的压印模板的实施例。
- [0039] 图9D示出了制造液晶装置的方法的另一个实施例。
- [0040] 图9E、图9F、图9G和图9H示出了可使用图9A或9D中描述的方法制造的液晶装置的各种实施例。
- [0041] 图9I示出了采用如图9D中描述的方法中所描述的图案压印的抗蚀剂层的实施例。
- [0042] 图9J示出了具有沿着第一方向取向的离散液滴或部分的第一压印结构和具有沿着第二方向取向的离散液滴或部分的第二压印结构,该第一压印结构和第二压印结构可以被组合以产生具有复杂光栅图案的光学装置。
- [0043] 图9K和图9L示出了可以使用在此描述的喷射沉积和压印方法制造的不同偏振器配置。
- [0044] 图9M示出了具有可改变入射光的偏振状态的光入射表面和光出射表面的波导板的实施例。
- [0045] 在各个附图中的相同的参考数字和标记指示相同的元件。

具体实施方式

[0046] 在此公开的实施例通常包括光学系统,其包括显示系统。在一些实施例中,显示系统是可穿戴的,这可以有利地提供更沉浸的VR或AR体验。例如,包含波导堆叠的显示器可以被配置为佩戴定位在用户或观看者的眼睛前方。在一些实施例中,两个波导堆叠可用于向每只眼睛提供不同的图像,一个波导堆叠用于观看者的每只眼睛。

[0047] 图2示出可穿戴显示系统(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)可以耦合到框架(64),框架(64)可由显示系统用户或观看者(60)佩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,扬声器(66)耦合到框架(64)并且定位成邻近用户的耳道(在一些实施例中,未示出的另一个扬声器定位成邻近用户的另一个耳道以提供立体声/可塑造声音控制)。显示器(62)诸如通过有线引线或无线连接可操作地耦合(68)到本地数据处理模块(70),该本地数据处理模块(70)可以以各种配置安装,诸如固定地附接到框架(64),固定地附接到用户佩戴的头盔或帽子,嵌入到耳机中,或以其它方式可移除地附接到用户(60)(例如,以背包方式的配置,以带式耦合方式的配置)。

[0048] 本地处理和数据模块(70)可以包括处理器以及诸如非易失性存储器(例如,闪速存储器)的数字存储器,二者都可用于辅助处理、高速缓存、以及存储数据。数据包括如下数据,a)从传感器(其可以例如操作性地耦合到框架(64)或以其它方式附接到用户(60))捕获

的数据,传感器诸如图像捕获装置(诸如照相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电装置和/或陀螺仪;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/或处理照,可能在这种处理或检索之后传送给显示器(62)。本地处理和数据模块(70)可以通过诸如经由有线或无线通信链路的通信链路(76,78)操作性地耦合到远程处理模块(72)和远程数据储存库(74),使得这些远程模块(72,74)可操作性地彼此耦合并作为资源可用于本地处理和数据模块(70)。

[0049] 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,其可以通过互联网或其它网络配置以“云”资源配置而可用。在一些实施例中,在本地处理和数据模块中存储全部数据,并且执行全部计算,允许从远程模块完全自主使用。

[0050] 将图像感知为“三维”或“3D”可以通过向观看者的每只眼睛提供稍微不同的图像呈现来实现。图3示出用于模拟用户的三维图像的传统显示系统。两个不同的图像74和76被输出给用户,一个图像用于每只眼睛4和6。图像74和76与眼睛4和6沿着平行于观看者视线的光轴线或z轴线间隔开距离10。图像74和76是平坦的,并且眼睛4和6可以通过呈现(assume)单个适应(accommodate)状态来聚焦在图像上。这种系统依赖于人类视觉系统以组合图像74和76来提供组合图像的深度感知。

[0051] 然而,应当理解,人类视觉系统更加复杂,并且提供对深度的现实感知是更具挑战性的。例如,传统的“3D”显示系统的许多观看者发现这种系统不舒服,或者根本不能感知到深度感。不受理论的限制,相信对象的观看者可能由于聚散度和适应性的组合而将该对象感知为“三维”。两只眼睛彼此相对的聚散运动(即,光瞳孔彼此相向或远离的滚动运动,以会聚眼睛的视线来注视对象)与眼睛晶状体的聚焦(或“适应性”)密切相关。在正常情况下,改变眼睛晶状体的焦点或适应眼睛,以将焦点从在不同距离处的一个对象改变到另一个对象,将会在称为“适应性聚散度反射(accommodation-vergence reflex)”的关系下自动地导致在聚散度上的匹配改变达到相同距离。同样,在正常情况下,聚散度的改变将引发适应性的匹配改变。如在此所指出的,许多立体或“3D”显示系统使用稍微不同的呈现(并且因此稍微不同的图像)来向每只眼睛显示场景,以使得人类视觉系统感知到三维视角。然而,这种系统对于许多观看者来说是不舒服的,因为除了其它之外,这些系统仅提供场景的不同呈现,但是眼睛以单一适应状态观看所有图像信息,并且针对“适应性聚散度反射”进行工作。提供适应性和聚散度之间的更好匹配的显示系统可以形成更逼真且舒适的三维图像模拟。

[0052] 图4示出使用多个深度平面来模拟三维图像的方法的方面。参考图4A,在z轴线上距眼睛4和眼睛6的不同距离处的对象由眼睛(4,6)适应,使得那些对象在焦点中。眼睛4和眼睛6呈现特定的适应状态,在沿着z轴线的不同距离处聚焦到对象中。因此,可以说特定的适应状态与深度平面(14)中的特定一个深度平面相关联,以使得当眼睛处于该深度平面的适应状态时,特定深度平面中的对象或对象的部分被聚焦。在一些实施例中,可以通过为眼睛(4,6)中的每一只眼睛提供不同的图像呈现来模拟三维图像,并且还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。

[0053] 对象与眼睛(4或6)之间的距离可以改变来自该对象的光的发散量,如该眼睛所观察的。图5A-5C示出了距离与光线的发散之间的关系。对象与眼睛(4)之间的距离以距离减

小的顺序表示为R1、R2和R3。如在图5A-5C中所示,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(对象或对象的部分)产生的光场具有球面波前曲率,这是该点距用户眼睛有多远的函数。曲率随着对象和眼睛(4)之间的距离减小而增加。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的眼睛4之间的距离减小而增加。尽管在图5A-5C和在此的其它附图中为了清楚说明仅示出单只眼睛(4),将会理解,关于眼睛(4)的讨论可以应用于观看者的双眼(4和6)。

[0054] 不受理论的限制,据信人类眼睛通常可以解释有限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。

[0055] 图6示出用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。显示系统1000包括可以用于采用多个波导(182,184,186,188,190)向眼睛/大脑提供三维感知的波导堆叠或堆叠波导组件(178)。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(178)可以被集成到图2的显示器(62)中。

[0056] 继续参考图6,波导组件(178)还可以包括在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级别的波前曲率或光线发散向眼睛发送图像信息。每个波导级别可以与特定的深度平面相关联,并且可以被配置为输出与该深度平面对应的图像信息。图像注入装置(200,202,204,206,208)可用于将图像信息注入到波导(182,184,186,188,190)中,如在此所述,其中的每一个可以被配置为分配入射光穿过每一个相应的波导,用于向眼睛4输出。光从图像注入装置(200,202,204,206,208)的输出表面(300,302,304,306,308)出射并被注入到波导(182,184,186,188,190)的相应输入边缘(382,384,386,388,390)。在一些实施例中,可以将单个光束(例如,准直光束)注入到每一个波导中,以便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场。

[0057] 在一些实施例中,图像注入装置(200,202,204,206,208)是分立显示器,其每一个产生用于分别注入到相应波导(182,184,186,188,190)中的图像信息。在一些其它实施例中,图像注入装置(200,202,204,206,208)是单个复用显示器的输出端,其可以例如经由一个或多个光导管(诸如光缆)向图像注入装置(200,202,204,206,208)中的每一个图像注入装置输送图像信息。

[0058] 控制器210控制堆叠波导组件(178)和图像注入装置(200,202,204,206,208)的操作。在一些实施例中,控制器210包括根据例如在此公开的各种方案中的任一个来调节到波导(182,184,186,188,190)的图像信息的定时和提供的编程(例如,在非暂时性介质中的指令)。在一些实施例中,控制器可以是单个整体装置,或通过有线或无线通信通道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器210可以是处理模块(70或72)(图2)的部分。

[0059] 波导(182,184,186,188,190)可以被配置为通过全内反射(TIR)在每一个相应的波导内传播光。波导(182,184,186,188,190)可以每一个是平面的,具有主要的顶表面和底表面以及在这些主要的顶表面和底表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导(182,184,186,188,190)每一个可以包括光重定向元件(282,284,286,288,290),其被配置为将在每

一个相应波导内传播的光重定向到波导外以向眼睛4输出图像信息。光束在波导中传播的光照射光重定向元件的位置处被波导输出。光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以是反射和/或衍射光学特征。虽然为了便于描述和清晰起见而将其图示设置在波导(182, 184, 186, 188, 190)的底部主表面处,但是在一些实施例中,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以设置在顶部和/或底部主表面处,和/或可以直接设置在波导(182, 184, 186, 188, 190)的体积中。在一些实施例中,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以形成在附接到透明基板的材料层中以形成波导(182, 184, 186, 188, 190)。在一些其它实施例中,波导(182, 184, 186, 188, 190)可以是单片材料,并且光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以形成在那片材料的表面上和/或那片材料的内部中。

[0060] 继续参考图6,如在此所讨论的,每一个波导(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,最接近眼睛的波导(182)可以被配置为将如注入到这种波导(182)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(184)可以被配置为在准直光可以到达眼睛(4)之前发出穿过第一透镜(192; 例如,负透镜)的准直光;这种第一透镜(192)可以被配置为产生轻微的凸面的波前曲率,以使得眼睛/大脑将来自下一个上行波导(184)的光解释为来自第一焦平面,该第一焦平面从光学无穷远更靠近向内朝向眼睛(4)。类似地,第三上行波导(186)在到达眼睛(4)之前使其输出光通过第一(192)和第二(194)透镜两者;第一(192)和第二(194)透镜的组合光强度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(186)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(184)的光更靠近向内朝向人。

[0061] 其它波导层(188, 190)和透镜(196, 198)被类似地配置,其中堆叠中的最高波导(190)通过它与眼睛之间的全部透镜发送其输出,用于代表最靠近人的焦平面的聚合(aggregate)焦度。当在堆叠波导组件(178)的另一侧上观看/解释来自世界(144)的光时,为了补偿透镜(198, 196, 194, 192)的堆叠,补偿透镜层(180)可以设置在堆叠的顶部处以补偿下面的透镜堆叠(198, 196, 194, 192)的聚合焦度。这种配置提供了与可用波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的光重定向元件和透镜的聚焦方面可以是静态的(即,不是动态的或电激活的)。在一些替代实施例中,它们可以是使用电激活特征而动态的。

[0062] 继续参考图6,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以被配置为将光重定向到它们相应的波导之外并且对于与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配置的光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290),其取决于相关联的深度平面输出具有不同发散量的光。在一些实施例中,如在此所讨论的,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以是体积或表面特征,其可以被配置为以特定角度输出光。例如,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)可以是体积全息图、表面全息图和/或衍射光栅。在2015年3月7日提交的美国专利申请No. 14/641,376中描述了诸如衍射光栅的光重定向元件,其通过引用全部并入在此。在一些实施例中,特征(198, 196, 194, 192)可以不是透镜;相反,它们可以简单地是间隔物(例如,用于形成气隙的包层和/或结构)。

[0063] 在一些实施例中,光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290)是形成衍射图案或“衍射光学元件”(在此也称为“DOE”)的衍射特征。优选地,DOE具有相对较低的衍射效率,以使得

仅光束的一部分通过DOE的每一个交点偏转向眼睛(4),而其余部分经由全内反射继续移动通过波导。携带图像信息的光因此被分成多个相关的出射光束,该出射光束在多个位置处离开波导,并且该结果对于在波导内弹跳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。

[0064] 在一些实施例中,一个或多个DOE可以在它们主动地衍射的“开”状态和它们不显著衍射的“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,图案不明显地衍射入射光),或者微滴可以切换为与主体介质的指数不匹配的指数(在这种情况下,该图案主动地衍射入射光)。

[0065] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是可以理解,波导(178)堆叠中的其它波导可以类似地起作用。光(400)在波导(182)的输入边缘(382)处被注入到波导(182)中,并且通过TIR在波导(182)内传播。在光(400)撞击在DOE(282)上的点处,一部分光如出射光束(402)离开波导。出射光束(402)被示出为基本上平行,但是如在此所讨论的,取决于与波导(182)相关联的深度平面,该出射光束(402)同样可以以一定角度(例如,形成发散的出射光束(bean))被重定向以传播到眼睛(4)。应该理解的是,基本上平行的出射光束可以指示与距眼睛(4)较大距离(例如,光学无穷远)处的深度平面对应的波导。其它波导可以输出更加发散的出射光束图案,这将需要眼睛(4)适应更近的距离以将其聚焦在视网膜上并且将被大脑解释为光来自比光学无穷远更接近眼睛(4)的距离的。

[0066] 部分I复用图像信息

[0067] 再次参考图6,对于每一个波导(182,184,186,188或190)利用专用的图像注入装置(200,202,204,206或208)可能是机械复杂的,并且可能需要大体积以适应所有的图像注入装置及其相关连接。对于诸如可穿戴显示器的一些应用来说,更小的形状因子可能是期望的。

[0068] 在一些实施例中,可以通过使用单个图像注入装置将信息注入到多个波导中来实现更小的形状因子。图像注入装置将多个图像信息流(在此也称为信息流)传送到波导,并且这些信息流可以被认为是复用的。每一个波导包括内耦合光学元件,其与信息流相互作用以选择性地将来自特定信息流的图像信息内耦合到该波导中。在一些实施例中,内耦合光学元件选择性地将来自特定信息流的光重定向到其相关联的波导中,同时允许用于其它信息流的光继续传播到其它波导。重定向的光以一定的角度重定向,以使得其通过TIR传播通过其相关联的波导。因此,在一些实施例中,单个图像注入装置向多个波导提供复用信息流,并且该多个波导中的每一个波导具有其使用内耦合光学元件选择性地内耦合的相关联信息流。

[0069] 内耦合光学元件与信息流之间的选择性相互作用可以通过利用具有不同光特性的信息流来促进。例如,每一个信息流可以由不同颜色(不同波长)和/或不同偏振(优选不同圆偏振)的光形成。反过来,内耦合光学元件被配置为选择性地重定向特定偏振和/或一个或多个特定波长的光,由此允许信息流与波导之间的特定对应(例如,一一对应)。在一些实施例中,内耦合光学元件是衍射光学元件,其被配置为基于该光的特性(例如,该光的波长和/或偏振)来选择性地重定向光。

[0070] 在一些实施例中,每一个图像注入装置通过分别向该多个波导提供两个、三个、四

个或多个信息流来向多个两个、三个、四个或多个波导提供图像信息。在一些实施例中，多个这种图像注入装置可用于向多个多个波导中的每一个波导提供信息。

[0071] 现在参考图8A，以透视图示意性地示出将复用图像信息传送到一个或多个波导中的示例。堆叠3000包括波导3002和3004，该波导3002和3004分别包括内耦合光学元件3012和3014。在一些实施例中，波导3002和3004可以是基本上平坦的板，每一个板都具有前主表面和后主表面以及在这些前主表面和后主表面之间延伸的边缘。例如，波导3002具有前主表面3002a和后主表面3002b。波导的主表面可以包括包层(未示出)以促进每一个波导内的光的TIR。在一些实施例中，波导的堆叠3000对应于图6的堆叠178，并且可以用于代替在此公开的显示系统中的堆叠178。

[0072] 继续参考图8A，光流A和B具有不同的光特性，例如不同的波长和/或不同的偏振(优选不同的圆偏振)。光流A和B包括不同的图像信息流。光A和B及其信息流通过光学导管3024(例如，光纤)作为复用信息流传播到图像注入装置3021。图像注入装置将光3040(包含复用信息流作为组合光流A和B)注入波导堆叠3000中。

[0073] 在一些实施例中，图像注入装置3021包括耦合到光纤352的驱动器3020(例如压电驱动器)，其可以用于扫描横跨堆叠3000的区域的光纤352的光纤尖端。在2015年3月7日提交的美国专利申请No. 14/641,376中公开了这种扫描光纤图像注入装置的示例，该申请的全部内容通过引用并入在此。在一些其它实施例中，图像注入装置3021可以是静止的，并且在一些实施例中，可以从多个角度将光定向朝向堆叠3000。

[0074] 在一些实施例中，每一个波导包括内耦合光学元件。例如，波导3002包括内耦合光学元件3012，并且波导3004包括内耦合光学元件3014。内耦合光学元件3012和3014被配置为选择性地重定向光流A和B中的一个光流。例如，内耦合光学元件3012可以选择性地重定向光流A的至少一部分，以将该光流内耦合到光导3002中。光流A的内耦合部分作为光3042传播通过波导3002。在一些实施例中，光3042通过TIR从波导的主表面3002a和3002b离开传播通过波导3002。类似地，内耦合光学元件3014可以选择性地重定向光流B的至少一部分以将该光流内耦合到光导3004中。光流B的内耦合部分作为光3044传播通过波导3004。在一些实施例中，光3044通过TIR从波导的主表面3004a和3004b离开传播通过波导3004。

[0075] 如图所示，在一些实施例中，复用光流3040同时包括光流A和B两者，并且光流A可以内耦合到波导3002，而光流B内耦合到波导3004，如以上讨论的。在一些其它实施例中，光流A和B可以在不同的时间提供给波导堆叠3000。在这种实施例中，如在此所讨论的，可以仅利用单个波导来接收这些信息流。在任一情况下，光流A和B可以由光耦合器3050耦合到光学导管3024。在一些实施例中，光耦合器3050可以组合光流A和B以传播通过光导管3024。

[0076] 继续参考图8A，在一些实施例中，光学器件3030可以设置在图像注入装置3021和内耦合光学元件3012和3014之间。光学器件3030可以包括例如透镜，该透镜便于例如通过将光聚焦到内耦合光学元件3012和3014上将光线定向到各种内耦合光学元件3012和3014上。在一些实施例中，光学器件是图像注入装置3021的一部分，并且可以是例如在图像注入装置3021的末端处的透镜。在一些实施例中，光学器件3030可以完全省略。

[0077] 应该理解，内耦合光学元件3012和3014被配置为基于在这些光流之间不同的一个或多个光特性来选择性地重定向光流A和B。例如，光流A可以具有与光流B不同的波长，并且内耦合光学元件3012和3014可以被配置为基于波长选择性地重定向光。优选地，不同的波

长对应于不同的颜色,这可以相对于使用相同颜色的不同波长来改善内耦合光学元件的选择性。

[0078] 在一些实施例中,光流A可以具有与光流B不同的偏振,并且内耦合光学元件3012和3014可以被配置为基于偏振来选择性地重定向光。例如,内耦合光学元件3012和3014可以被配置为基于偏振选择性地重定向光。在一些实施例中,光流A和B具有不同的圆偏振。在一些实施例中,光流A和B可以具有光特性(包括例如不同的波长和不同的偏振二者)的多个差异。

[0079] 在一些实施例中,内耦合光学元件3012和3014是衍射光学元件,包括衍射光栅(例如,包括液晶的光栅,诸如液晶偏振光栅)。在一些实施例中,光学元件可以包括超颖表面(例如,包括PBPE),诸如具有特征大小为纳米级或十纳米级的图案的表面。合适的内耦合光学元件3012和3014的示例包括光学元件2000b、2000d(图9A)和图9E-9H的光学元件。有利地,这种光学元件在选择性地重定向不同偏振和/或不同波长的光是高效的。

[0080] 现在参考图8B,以透视图示意性地示出将复用图像信息传送到多个波导中的另一个示例。可以理解的是,堆叠3000可以包括多于两个的波导,例如,4、6、8、10、12或其它数量的波导,只要图像信息可以通过堆叠3000被适当地提供给各个波导和用户的眼睛。除了波导3002和3004之外,图示的堆叠3000还包括波导3006和3008。波导3006和3008分别包括内耦合光学元件3012和3014。在一些实施例中,除了内耦合光学元件之外,波导3002、3004、3006和3008可以是相似的,其中每一个可以被配置为重定向并内耦合具有不同光特性的光。在一些其它实施例中,用于多个波导的内耦合光学元件可以是相似的。应该理解的是,除了图8B中的波导的数量大于图8A中的波导的数量之外,在此与图8A相关的所有公开适用于图8B。

[0081] 继续参考图8B,光流A、B、C和D具有不同的光特性,例如不同的波长和/或不同的偏振(优选不同的圆偏振)。例如,光流A、B、C和D可以每一个包括不同波长的光。在一些其它实施例中,不同波长和偏振的各种组合是可能的。例如,A和B可以具有相似的波长和不同的偏振,并且C和D可以具有相似的波长和不同的偏振,其中A和B不同于C和D。光流A、B、C和D通过光学导管3024作为复用信息流传播到图像注入装置3021,该图像注入装置3021将复用信息流的光3040注入到波导堆叠3000中。如在此所讨论的,复用信息流可以同时包括所有的光流,或者一个或多个光流可以在不同的时间被定向到堆叠3000。

[0082] 在一些实施例中,每一个波导包括将光选择性地内耦合到该波导中的内耦合光学元件。例如,波导3002包括内耦合光学元件3012,其可以被配置为将光流A内耦合到该波导中,以使得其作为光3042通过TIR在该波导中传播;波导3004包括内耦合光学元件3014,其可以被配置为将光流B内耦合到该波导中,以使得其作为光3044通过TIR在该波导中传播;波导3006包括内耦合光学元件3016,其可以被配置为将光流C内耦合到该波导中,以使得其作为光3046通过TIR在该波导中传播;并且波导3008包括内耦合光学元件3018,其可以被配置为将光流D内耦合到该波导中,以使得其作为光3048通过TIR在该波导中传播。

[0083] 应该理解的是,在一些实施例中,单个光流(例如,光流A、B、C或D)可以内耦合到单个波导。在一些其它实施例中,多个光流可以内耦合到相同的波导。优选地,在这种设置中,光流在不同的时间内耦合。在一些实施例中,可以使用基于多个不同的光特性(例如,多个不同的波长或多个不同的偏振)来选择性地使光转向的内耦合光学元件来实现这种时间上

分开的内耦合，而图像注入装置在不同时间对于特定波导提供信息流。例如，光流A和B二者都可以内耦合到波导3002，其中内耦合光学元件3012选择性地内耦合光流A和B，同时允许光流C和D穿过，并且采用光流A和B在不同的时间向内耦合光学元件3012提供光，而同时向内耦合光学元件3012提供光流C和/或D。应当理解，一个或多个其它波导可以被类似地配置为将多个光流内耦合到那些波导。

[0084] 在一些其它实施例中，多个光流(例如，光流A和B)可以同时提供给内耦合光学元件(例如，内耦合光学元件3012)，并且内耦合光学元件可以被配置为改变状态以在内耦合光流A或B之间选择。例如，在一些实施例中，内耦合光学元件可以是由设置在电极(例如，诸如ITO的透明电极)之间的液晶材料形成的光栅。液晶可以通过施加电压电势而改变状态(例如，取向)，其中一个状态被配置为选择性地内耦合一个光流(例如，光流A)，并且另一个状态被配置为对所有光流(例如，光流A和B二者)透明。在一些实施例中，形成不同光栅的另一层可切换液晶材料可以设置在电极之间，其中一个状态被配置为选择性地内耦合不同的光流(例如，光流B)，并且另一个状态被配置为对所有光流(例如，光流A和B二者)透明。在一些其它实施例中，两种类型的液晶材料可以设置在同一层级(level)上，但是在不同的区域中。液晶材料可以被配置为使得当一种类型的材料对光流透明时，另一种类型选择性地内耦合特定光流的光，反之亦然。

[0085] 现在参考图8C，示出了图8B的显示系统的俯视示意图。俯视图沿着图8B的堆叠3000的顶部边缘向下看。如图所示，在一些实施例中，复用光流3040的部分作为内耦合光3042、3044、3046和3048选择性地耦合到波导3002、3004、3006和3008中的每一个波导中。

[0086] 如在此所讨论的，波导可以包括输出或外耦合光的光重定向元件(例如，光重定向元件(282, 284, 286, 288, 290))，该光已经在波导内部传播，以使得外耦合的光朝向观看者的眼睛4传播(图6)。图8D示出了图8C的显示系统，其中光重定向元件将来自每一个波导的光外耦合。例如，波导3002包括外耦合光重定向元件3062，波导3004包括外耦合光重定向元件3064，波导3006包括外耦合光重定向元件3066，以及波导3008包括外耦合光重定向元件3068。在一些实施例中，外耦合光重定向元件可以包括不同组的光重定向元件，其中的每一个不同地起作用。例如，外耦合光重定向元件3062可以包括第一组光重定向元件3062a和第二组光重定向元件3062b。例如，光重定向元件3062b可以是出瞳扩展器(EPE；以增加至少一个轴线上的眼箱(eyebox)的尺寸)，并且光重定向元件3062a可以是正交光瞳扩展器(OPE；以增加例如与EPE的轴线正交的轴线交叉上的眼箱的尺寸)。EPE和OPE在2014年5月30日提交的美国临时专利申请No. 62/005,807中公开，其全部公开通过引用并入在此。

[0087] 可以理解的是，图像由使用编码有x-y像素信息的信息流的波导形成。例如，不同颜色的信息流可以每一个指示与图像的x-y像素信息对应的x-y网格上的特定位置的光的强度。不受理论的限制，同样将理解，信息流与波导的匹配是使用光特性来实现的，并且不一定取决于由该光提供的x-y像素信息。因此，在光撞击内耦合光学元件3012、3014、3016和3018上之前，x-y像素信息可以沿着光路使用任何合适的装置在任何合适的位置处编码。

[0088] 在一些实施例中，如果光源(例如，LED或OLED)是像素化的并且能够输出具有所需光特性(例如，所需波长和/或偏振)的光，则可以形成具有当从光源发射时的所需光特性和编码的x-y像素信息二者的信息流。在一些其它实施例中，具有所需光特性的光穿过其中编码x-y像素信息的光调制装置。图8E示出图8B的显示系统，并且示出用于向图像信息流提供

x-y像素信息的光调制装置3070。在一些实施例中，光调制装置3070可以是图像注入装置3021的一部分，并且可以被配置为使用扫描光纤或者用于向波导提供图像信息的一个或多个静止孔径显示装置提供图像信息。在一些实施例中，光调制装置3070在光穿过装置时修改光(例如，光的强度可以通过穿过具有可控的可变光透射的像素元件而被修改)。在一些其它实施例中，光调制装置可以通过选择性地重定向(例如，反射)光来改变光以传播到波导堆叠3000中。光调制装置的示例包括透射液晶显示器和微镜装置(诸如“数字光处理”或“DLP”系统，诸如从德州仪器公司获得的那些)。

[0089] 部分II具有PANCHARATNAM-BERRY相位效应(PBPE)结构的液晶偏振光栅

[0090] 本节涉及液晶、偏振光栅和Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构，其制造方法以及其它结构和方法。在一些实施例中，提供了用于制造具有高衍射效率、对入射角的低灵敏度和高波长灵敏度的液晶光栅结构的方法和设备。在此描述的各种方法包括使用喷墨技术并且使用压印模板以对齐(align)液晶材料来设置液晶材料层。

[0091] 在一些实施例中，本部分II中公开的液晶、偏振光栅和Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构可用于形成用于波导堆叠178(图6)或3000(图8A-8E)的各种波导的光重定向元件。例如，可以有利地应用这种液晶、偏振光栅和Pancharatnam-Berry相位效应(PBPE)结构来形成在此公开的各种内耦合光学元件，包括内耦合光学元件3012、3014、3016和/或3018(图8A-8E)。

[0092] 各种成像系统和光学信号处理系统可以包括液晶装置以控制/操纵光的波前、波长、偏振、相位、强度、角度和/或其它特性。液晶是部分有序的材料，其分子通常形状像棒或板，或可以沿某一方向对齐的一些其它形式。沿着液晶分子被取向的方向可以通过施加电磁力来操纵，该电磁力可以用于控制/操纵入射到液晶材料上的光特性。

[0093] 在此描述了制造液晶装置和某些所得结构的方法。

[0094] 为了描述创新方面的目的，以下详细描述涉及某些实施例。然而，在此的教导可以以多种不同的方式应用。从以下描述中将显而易见的是，可以在被配置为操纵入射光的一个或多个特性的任何光学部件或装置中实施创新方面。

[0095] 如下面更全面地讨论的，在此描述的创新方面包括使用喷射沉积技术来制造液晶装置。例如，在制造液晶装置的方法的实施例中，使用喷射沉积技术(例如，喷墨技术)将液晶材料层沉积在基板上。表面浮雕特征(例如，PBPE结构)可以使用模板压印在喷射沉积的液晶材料的层中。表面浮雕特征可以被配置(例如，具有特定的间隔和/或高度)以实现特定的光重定向特性。在一些其它实施例中，压印可以在不同的层级上重复，以产生连续的层状横截面，该连续的层状横截面组合起来可以表现为体积特征，诸如在“大块”体积相材料和装置中存在。在各种实施例中，这些表面浮雕特征(和连续的层状横截面)可以被建模为“布拉格(Bragg)”结构。通常，这种结构可以用于产生二元表面浮雕特征，其中存在产生衍射的材料-空气界面、抗蚀剂-空气界面、树脂-空气界面或液晶材料-空气界面，或者同样产生衍射的材料-较低指数抗蚀剂界面、抗蚀剂-较低指数抗蚀剂界面、树脂-较低指数抗蚀剂界面或液晶材料-较低指数抗蚀剂界面。在这些情况下，光栅可以被建模为“拉曼-纳特(raman-nath)”结构，而不是Bragg结构。液晶材料的分子由于纳米结构的物理形状和它们与液晶(LC)材料的静电相互作用而通过压印工艺对齐。以下将更详细地讨论使用压印图案的液晶层的对齐。

[0096] 在各种实施例中,可以使用喷射沉积技术(其中材料的喷射或流被引导到基板上)例如经由喷墨喷射到基板或预涂覆的基板上来沉积用作光对准层的材料层(例如聚合物)。通过使用包括所需LC取向图案的模板的纳米压印来图案化光对准层。在一些实施例中,该图案是PBPE图案,并且可以采用干涉和/或平版印刷技术来制作包括物理浮雕的模板。模板下降到柔软的聚合物树脂上,并且UV光用于固化树脂至固定状态。在一些实施例中,毛细管作用在聚合物材料固化之前用聚合物材料填充模板。将模板收回,将图案化的固化树脂留在基板上。使用沉积工艺(例如喷射或旋涂)的第二步骤在光对准层的顶部上施加LC层(例如,悬浮在树脂中的LC)。LC与其下面的光对准层图案对齐,并且当发生这种情况时,使用UV光、热或二者的组合将树脂固定在位置中。在一些其它实施例中,沉积(例如,使用喷射或旋涂来分配)悬浮在溶剂(例如树脂)中的LC,并且将包含纳米压印图案(例如,PBPE图案)的模板降低到与LC材料接触,LC占用模板的浮雕轮廓(例如,通过毛细作用进入到模板中的开口中),并且使用固化工艺(例如UV、热或两者的组合)将LC材料固定在位置中。所得的结构可以直接用作功能元件,或者在一些情况下,可以将低折射率材料沉积在压印的液晶材料上方以填充在液晶材料中压印的表面特征之间的间隙区域。

[0097] 低折射率材料可以被配置为平坦化层,通过调整基于液晶的抗蚀剂的粘弹性和化学属性,或通过将低折射率材料的表面与平坦化压印模板(例如,具有基本上平坦的表面的模板)接触。在一些其它实施例中,可以通过化学和/或机械平坦化工艺来平坦化低折射率材料。优先选择平坦化工艺以形成光滑的平坦化表面,以减少可能由粗糙表面引起的光学伪影。可以使用喷射技术在液晶层上沉积附加层,诸如附加液晶层。液晶的不同层中的PBPE结构可以被配置为衍射、转向和/或分散或组合不同波长的光。例如,红色、绿色和蓝色波长可以通过不同液晶层中的PBPE结构沿不同方向衍射、分散或重定向。

[0098] 不同的液晶层优选由提供足够的结构稳定性和粘附力的材料形成,以允许层在另一个上方堆叠。在一些实施例中,可使用有机或无机压印抗蚀剂材料,包括形成光学透射固化结构的可聚合材料。作为示例,液晶层可以包括丙烯酸液晶制剂。丙烯酸液晶层可以提供便于在彼此的顶上堆叠层的粘合特性。

[0099] 应该理解,如在此所讨论的,液晶材料和低折射率材料二者可以是可流动材料。在一些实施例中,这些材料可以在与压印模板接触之后且在移除接触模板之前经受使它们固定的工艺。如在此所讨论的,固定工艺可以包括固化工艺。

[0100] 作为另一示例,在制造液晶装置的方法的另一实施例中,在基板上沉积光致抗蚀剂材料(例如,树脂或聚合物)层。沉积可以通过各种沉积方法来完成,包括旋涂。更优选地,在一些实施例中,使用喷射技术(例如,喷墨技术)完成沉积。采用具有表面浮雕特征(例如,PBPE结构)的压印模板或模具压印光致抗蚀剂。可以使用喷射技术在光致抗蚀剂的压印层上沉积液晶材料层。压印的光致抗蚀剂层可以用作对准层,以在它沉积时对准液晶材料的分子。可以使用喷射技术在液晶层上方沉积附加层,诸如附加液晶层或不包括液晶的层。在各种实施例中,可以在沉积的液晶层上方沉积平坦化层。

[0101] 在此讨论的实施例中,可以使用喷墨技术来沉积不同类型的液晶材料,诸如例如掺杂的液晶、未掺杂的液晶以及其它非液晶材料。喷墨技术可以提供薄控制(例如,均匀)厚度的沉积的液晶层或平坦化层。喷墨技术同样可以提供不同厚度的层,诸如液晶层或在表面上的不同区域中具有不同厚度的其它层,并且可以适应不同的图案高度并且在压印图案

下面保持恒定的残留层厚度。喷墨技术有利地能够提供例如在约10nm与1微米之间或者在约10nm和约10微米之间的厚度的薄层，并且与诸如旋涂的其它技术相比可以减少浪费。喷墨技术可以促进不同液晶组合物在相同基板上的沉积。另外，喷墨纳米压印可以产生非常薄的残留层厚度。在所示的实施例中，压印图案下面的均匀区域可以对应于残留层。PBPE和其它衍射结构可以表现出可变的并且有时增强的性能，具有非常薄的或者零残留层厚度。喷墨纳米压印方法可用于同时在给定基板上沉积不同类型的材料，并且可用于同时在单个基板的不同区域中产生可变厚度的材料。这对于PBPE结构可能是有利的，特别是当它们在单个基板中与更传统衍射结构结合时，其可能需要其它材料和/或其它厚度抗蚀剂。

[0102] 通过喷射技术沉积的液晶层可以使用UV固化、热法、冷冻、退火和其它方法来固化。压印模板可以包括复杂的凹槽几何形状(例如，具有多个台阶的凹槽，具有不同取向的光栅等)。使用在此所述的方法制造的液晶装置可以包括包含具有不同取向和不同PBPE结构的光栅的液晶层。

[0103] 使用在此描述的喷墨技术的制造方法同样可以被配置为制造具有增加的透射率的偏振器和/或包括亚波长特征和/或超材料的波片。下面详细讨论这些和其它方面。

[0104] 图9A示出了优选使用喷墨技术来制造液晶装置的方法的实施例。在图9A中所示方法的实施例中，如面板(i)中所示，例如使用喷墨技术将液晶材料层2000b沉积在基板2000a上。液晶材料可以包括掺杂或未掺杂的液晶材料。在各种实施例中，液晶材料可以是聚合物稳定的向列型液晶材料。基板2000a可以包括玻璃、塑料、蓝宝石、聚合物或任何其它基板材料。液晶材料层2000b可以具有约20纳米和2微米之间的厚度。在一些实施例中，液晶材料层2000b可以具有约0.5微米和约10微米之间的厚度。

[0105] 如面板(ii)中所示，液晶材料层2000b可以压印有包括波长和亚波长尺度表面特征的压印图案2000c。表面特征可以包括可以直接操纵入射光的相位的PBPE结构。在不失一般性的情况下，PBPE结构可以被认为是一种偏振光栅结构。在各种实施例中，压印图案2000c可以包括包含PBPE结构的凹槽阵列。凹槽阵列可以形成液晶光栅结构，该液晶光栅结构可具有高衍射效率和对入射角的低灵敏度。凹槽可以具有约20nm至约1微米之间的深度和约20nm至约1微米之间的宽度。在一些实施例中，凹槽可具有约100nm至约500nm之间的深度以及约200nm至约5000nm之间的宽度。在一些实施例中，凹槽可以具有约20nm至约500nm之间的深度以及约10nm至约10微米之间的宽度。PBPE结构可以包括将相位分布直接编码到光轴线的局部取向上的亚波长图案。PBPE结构可以设置在液晶光栅结构的表面上。PBPE结构可以具有约20nm至约1微米之间的特征大小。在一些实施例中，PBPE结构可具有约10nm至约200nm之间的特征大小。在一些实施例中，PBPE结构可具有约10nm至约800nm之间的特征大小。在各种实施例中，下层PBPE结构可以用作用于LC的体积取向的对准层。在该情况下，体积部件自动发生，因为LC自然地与对准层对齐。在另一个实施例中，可能期望不同地对齐包含PBPE对准的多个层和LC层，以改变系统的衍射特性作为复合-例如复用多个波长操作，因为每一个子层仅作用于选择的波长子集。

[0106] 在各种实施例中，压印图案2000c可以包括简单的几何图案，诸如例如多个凹槽或更复杂的图案，例如包括图9B中所示的多个凹槽和凹部的多层几何结构。在各种实施例中，压印图案2000c可以包括多个压印层，每一个压印层包括如图9C中所示的不同的压印图案。在图9C中所示的压印图案中，压印层2000c-1、2000c-2和2000c-3包括多个凹槽，其中相邻

凹槽之间的间隔逐渐减小。在各种实施例中，压印图案可以包括诸如V形、螺旋形、弧形等的图案。压印图案可以使用诸如电子束光刻或其它光刻方法的方法在半导体材料或其它结构上制造。

[0107] 参考图9A，液晶材料层2000b与压印图案对齐。相邻凹槽之间的间隔可以用材料2000d填充。在一些实施例中，如面板(iii)中所示，填充材料可以包括具有比液晶材料的折射率小的较低折射率的透明材料。这种配置可以用于例如波导结构中。以该方式，可以在液晶光栅结构与其周围之间获得高折射率差异，以使得液晶光栅可以具有高衍射效率。如上所述，PBPE LC光栅可以由材料-空气界面、抗蚀剂-空气界面、树脂-空气界面或液晶材料-空气界面制成，其中空气是低指数“材料”。然而，在一些情况下，可能期望将另一层材料放置在现有图案化层的顶部上，可能紧密接触，并且在该情况下，可能期望分配并平坦化低指数可固化树脂，该低指数率可固化树脂保留PBPE结构之间的折射率差，但是同样在上面提供了可层压的层。在各种实施例中，液晶光栅可以被配置为布拉格液晶光栅。在各种实施例中，低折射率材料层2000d可以被配置为平坦化层。在这种实施例中，如面板(iv)中所示，低折射率材料层2000d可以被配置为由另一个压印图案2000e平坦化。

[0108] 图9D示出了优选使用喷墨技术制造液晶装置的方法的另一个实施例。在图9A中所示的方法的实施例中，如面板(i)中所示，使用喷墨技术将抗蚀剂层2000f沉积在基板2000a上。抗蚀剂可以包括诸如例如基于有机和无机的压印材料、树脂或聚合物的材料。例如，抗蚀剂可以包括在美国专利No.8,076,386中公开的材料，其通过引用全部并入在此。在一些实施例中，抗蚀剂层9F可以具有约20nm和约1微米之间的厚度。在一些实施例中，抗蚀剂层9F可以具有约10nm和约5微米之间的厚度。如面板(ii)中所示，抗蚀剂层2000f可以压印有包括体积和/或表面特征的压印图案2000c。如面板(iii)中所示，液晶材料层2000b可通过喷墨设置在压印的抗蚀剂层2000f上。压印的抗蚀剂层可用于在液晶材料被喷射沉积到压印的抗蚀剂层2000f上时对齐液晶材料。

[0109] 使用上述方法制造的液晶装置可以使用UV固化、热固化、冷冻或其它固化方法来固化。

[0110] 制造液晶装置的方法的另一个实施例包括使用Jet和FlashTM压印光刻(J-FIL)在UV可固化抗蚀剂中压印所需的对准结构；并且从喷墨分配液晶聚合物制剂。例如，液晶聚合物可以具有高溶剂含量以提供足够低的粘度以使得能够通过喷墨有效地流出。在各种实施例中，液晶聚合物在被分配时可以处于各向同性状态。在一些实施例中，液晶聚合物可以被配置为通过驱除溶剂沿着抗蚀剂中的对准结构对齐。通过遵循上述方法，可将附加液晶聚合物层设置在所设置的液晶聚合物层的顶部上。在溶剂中的液晶材料的制剂和粘度同样可被调节，以实现分配的液晶材料的快速干燥工艺。

[0111] 图9E-9H示出了使用上述方法制造的液晶光栅的实施例。图9E示出了包括具有高衍射效率、高波长灵敏度和对入射角低灵敏度的PBPE结构的单层液晶光栅。图9E中所示的液晶光栅可以使用图9A中所示的工艺来制造。例如，可以将液晶聚合物LCP1沉积在基板上，并且压印模板可用于在液晶聚合物LCP1上压印图案，以使得液晶聚合物LCP1的分子自对准压印的图案。该图案可以包括超颖表面(例如，PBPE结构)。图9F示出了包括具有高衍射效率、高波长灵敏度和对入射角低灵敏度的PBPE结构的液晶光栅。在图9F中所示的实施例中，液晶光栅可以使用图9D中所示的工艺来制造。例如，可以将包括聚合物(例如，抗蚀剂或树

脂)的对准层沉积在基板上,并且压印模板可用于在聚合物上压印图案。在对准层上沉积液晶材料层,以使得液晶层的分子与在对准层上压印的图案对齐。该图案可以是超颖表面(例如,PBPE结构)的一部分。在各种实施例中,第一液晶层(LCP1)的PBPE结构可以用作第二液体层(LCP2)的对准结构。

[0112] 图9G示出了包括具有高衍射效率、高波长灵敏度和对入射角低灵敏度的PBPE结构的三层液晶光栅。多层液晶光栅可以使用图9A或图9D中所示的工艺来制造。例如,使用图9D的工艺,图9G中所示的多层液晶光栅可以通过如下来制造:使用包括在基板上沉积的第一压印图案的第一对准层对齐第一液晶层(LCP1)的分子,使用包括在第一对准层上沉积的第二压印图案的第二对准层对齐第二液晶层(LCP2)的分子,并使用包括在第二对准层上沉积的第三压印图案的第三对准层对齐第三液晶层(LCP3)的分子。在一些实施例中,图9A的工艺可用于形成具有对齐的液晶分子的第一、第二和第三液晶层(分别为LCP1、LCP2和LCP3)中的一个或多个。在这种实施例中,LCP1、LCP2和LCP3中的每一个可以通过在沉积在基板上方的液晶层中压印图案而形成。压印可以使用具有使液晶分子对齐图案的图案的压印模板来实现。随后可以移除压印模板,并且可以将填充物沉积在由压印模板移除留下的空隙中。

[0113] 继续参考图9G,第一、第二和第三压印图案可以每一个是超颖表面(例如,PBPE结构)。第一、第二和第三压印图案可以是不同的,以使得每一个压印图案被配置为选择性地衍射/重定向入射光束中的不同波长的光以在一个或多个波导中耦合不同波长中的每一个波长。在一些实施例中,入射光束中的不同波长的光可以以相同的角度耦合到一个或多个波导中。然而,在一些其它实施例中,如下面所讨论的,入射光束中的不同波长的光可以以不同波长耦合到一个或多个波导中。在其它一些实施例中,第一液晶层(LCP1)的PBPE结构可以用作第二液体层(LCP2)的对准结构,其反过来可以用作第三液体层(LCP3)的对准结构。图9G中示出的实施例可以包括不同的PBPE结构,以使得入射光束中的不同波长的光以不同的输出角被衍射或重定向,以使得它们在空间上分离。在各种实施例中,入射光束可以是单色的或多色的。相反,如图9H中所示,多层液晶结构可以用于组合不同波长的光。

[0114] 图9I示出了采用图9B中所示的压印图案压印的抗蚀剂层的横截面。

[0115] 如上所讨论,液晶层可以用各种材料形成。例如,在一些实施例中,可以使用喷墨和压印技术将丙烯酸液晶制剂设置在聚合物对准压印结构上方。丙烯酸组合物可以促进在彼此顶部上堆叠不同的液晶层,该不同的液晶层可以彼此粘合而无需粘合剂层,由此使得工艺更简单。可以堆叠不同的液晶层以实现所需的效果,例如所需的偏振、衍射、转向或分散效果。

[0116] 上述方法可以用于使用具有喷射分配技术(例如,J-FIL)的线性子母体(submaster)来制造液晶偏振光栅和图案化的引导层。不同的液晶光栅结构可以通过组合具有不同形状、取向和/或间距的结构来制造。参考图9J更详细地描述该工艺,图9J示出了具有沿第一方向取向的离散液滴或部分的第一压印结构和具有沿第二方向取向的离散液滴或部分的第二压印结构。第一和第二压印结构的离散液滴或部分可以使用喷墨技术分散。在不同的实施例中,第一和第二压印结构的离散液滴或部分可合并或不合并。第一和第二压印结构中的离散液滴或部分可被组合以产生带有具有不同取向的离散液滴或部分的压印结构。可以在组合的压印图案上设置液晶材料以产生具有沿不同取向对齐的分子的液晶光栅。分离部分的不同取向一起可以产生更复杂的光栅图案,例如类似于聚集体中PBPE

的光栅图案。

[0117] 在此讨论的喷墨和压印方法可用于制造其它光学元件,诸如波导板、光学延迟器(retarder)、偏振器等。例如,可使用在此所述的方法制造比现有偏振器更透明的偏振器。该方法包括设置图案化(诸如聚合物压印)的透明或基本上透明的材料,并沉积偏振器材料,诸如例如含有二色性染料的碘溶液。该方法包括在透明聚合物上压印图案。图案可以是线性凹槽、V形、螺旋形、弧形或任何其它简单或复杂的图案。例如,该图案可以是周期性的线性光栅结构。然后可使用上述的喷射技术(例如,J-FIL)、压印平坦化或通过旋涂将偏振器材料沉积在图案化的透明聚合物上。图9K和图9L示出可以使用上述方法制造的不同的偏振器配置。使用在此所述的技术制造的偏振器可以比现有的偏振器更透明。这种部件对于利用低消光比偏振器的装置是有用的,诸如用于在此其它地方所述的用于增强和虚拟现实的头戴式显示器目镜的波导堆叠。

[0118] 亚波长尺度光栅结构可以在材料中引起双折射。例如,单个维度光栅可以作为人造负单轴线材料,其光轴平行于光栅向量。这种双折射可以被称为形式双折射。因此,包括亚波长尺度光栅结构的基板可以用作波片。由包括亚波长尺度光栅结构的基板提供的延迟量可取决于光栅图案的尺寸(例如高度、宽度、间距等)以及材料折射率。例如,具有包括亚波长尺度特征的图案的较高指数的材料可以提供比具有包括亚波长尺度特征的类似图案的较低指数的材料更高的延迟。喷墨和压印技术(例如,J-FIL)允许高生产量的超紫外纳米压印光刻(UV-NIL)图案化能力,在任何限定的区域内材料的浪费非常低。喷墨和压印技术(例如,J-FIL)同样可以促进压印层的重复堆叠。具有带有或不带有不同的几何形状/取向的这种亚波长尺度光栅结构的压印层(单层或多层)可以提供不同程度的相移。图案化双折射材料的实施例可以增强各种光学应用中的薄膜集成能力。

[0119] 从包括亚波长尺度光栅结构的基板输出的光的偏振可以取决于亚波长尺度光栅结构的取向、形状和/或间距。包括亚波长尺度光栅结构的波片的实施例同样可使用在此所述的喷墨和压印方法来制造。图9M示出了具有光入射表面2006和光出射表面2007的波导板2005的实施例。波导板2005可以包括具有变化的形状、取向和/或间距的多个亚波长尺度光栅特征,以使得入射的非偏振光输出为偏振光。在各种实施例中,波片2005可以包括采用具有不同形状、取向和/或间距的亚波长尺度光栅特征压印的薄透明膜2009a、2009b和2009c的多个堆叠。如图9C中所示,可以使用压印模板将光栅特征压印在透明膜上。在各种实施例中,透明膜2009a、2009b和2009c可以包括具有在约1.45和1.75之间折射率的可压印抗蚀剂。从多层结构输出的光的偏振可取决于光栅结构的形状、取向和/或间距以及不同层之间的折射率差。对于图9M中所示的实施例,入射的非偏振光由波导板2005转换成右旋圆偏振光。在其它实施例中,波导板可以被配置为提供线偏振光、左旋圆偏振光或具有任何其它偏振特性的光。

[0120] 可以设想,创新方面可以在诸如成像系统和装置、显示系统和装置、空间光调制器、基于液晶的装置、偏振器、波导板等各种应用中实现或与之相关联。在此描述的结构、装置和方法可以特别用于显示器,诸如可用于增强和/或虚拟现实的可穿戴显示器(例如,头戴式显示器)。更一般地,所述实施例可以在可以被配置为显示图像的任何装置、设备或系统中实现,无论是在运动中(诸如视频)还是静止的(诸如静止图像),以及是文本的、图形的还是图片式的。然而,可以设想,所述实施例可以被包括在各种电子装置中或与其相关

联,诸如但不限于:移动电话、支持多媒体互联网的蜂窝电话、移动电视接收器、无线装置、智能电话、**Bluetooth®**装置、个人数字助理 (PDA)、无线电子邮件接收器、手持式或便携式计算机、上网本、笔记本、智能本、平板计算机、打印机、复印机、扫描仪、传真机、全球定位系统 (GPS) 接收器/导航器、照相机、数字媒体播放器 (诸如MP3播放器)、摄像机、游戏控制台、手表、时钟、计算器、电视监视器、平板显示器、电子阅读装置 (例如电子阅读器)、计算机显示器、汽车显示器 (包括里程表和速度计显示器等)、驾驶舱控制器和/或显示器、照相机视图显示器 (诸如车辆中的后视照相机的显示器)、电子照片、电子广告牌或标志、投影仪、建筑结构、微波炉、电冰箱、立体声系统、录音机或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、收音机、便携式存储芯片、洗衣机、烘干机、洗衣机/烘干机、停车收费表、头戴式显示器和各种成像系统。因此,本教导不限于仅在附图中描绘的实施例,而是具有广泛的适用性,这对于本领域普通技术人员而言将是显而易见的。

[0121] 对于本领域技术人员而言,对本公开中所描述的实施例的各种修改可以是显而易见的,并且在不脱离本公开的精神或范围的情况下,可将在此定义的一般原理应用于其它实施例。因此,权利要求不旨在限于在此所示的实施例,而是应被赋予与本公开一致的最宽范围、在此公开的原理和新颖特征。在此仅用词语“示例性”来表示“用作示例、实例或说明”。在此被描述为“示例性”的任何实施例不一定被解释为比其它实施例优选或有利。另外,本领域的普通技术人员将容易理解,术语“上”和“下”、“上面”和“下面”等有时被用于容易描述附图,并且指示与正确取向的页面上的附图取向对应的相对位置,并且可能不反映在此描述的结构的正确取向,如实现的那些结构一样。

[0122] 在本说明书中在单独实施例的上下文中描述的某些特征同样可以在单个实施例中组合实现。相反,在单个实施例的上下文中描述的各种特征同样可以在多个实施例中单独地或以任何合适的子组合来实现。此外,虽然特征可以在上面描述为以某些组合起作用并且甚至最初要求如此,但是来自要求保护的组合的一个或多个特征可以在一些情况下从组合中删除,并且所要求保护的组合可以针对子组合或子组合的变体。

[0123] 类似地,尽管在附图中以特定的顺序描述了操作,但是这不应该被理解为要求以所示出的特定顺序或以依次顺序执行这种操作,或者要执行所有示出的操作以实现所需的结果。此外,附图可以以流程图的形式示意性地描绘一个或多个示例过程。然而,未示出的其它操作可以并入示意性说明的示例过程中。例如,可以在任何所示操作之前、之后、同时或之间执行一个或多个附加操作。在某些情况下,多任务和并行处理可能是有利的。此外,上述实施例中的各种系统组件的分离不应当被理解为在所有实施例中都需要这种分离,并且应该理解,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,其它实施例在以下权利要求的范围内。在一些情况下,权利要求中列举的动作可以以不同的顺序执行并且仍然实现所需的结果。

[0124] 在此描述了本发明的各种示例实施例。在非限制性的意义上参考这些示例。提供这些示例是为了示出本发明的更广泛的应用方面。在不脱离本发明的实际精神和范围的情况下,可对所描述的本发明进行各种改变并可用等同物来替换。此外,可以进行很多修改以适应针对本发明的目的、精神或范围的特定情况、材料、物质的组合物、过程、的过程动作或步骤。进一步地,如本领域的技术人员所知道的,在不脱离本发明的范围和精神的情况下,在此描述和示出的每个单独的变形具有独立的组件和特征,其可容易地与其它若干实施例

的任意一个的特征分离或组合。所有这些修改意在处于与本公开相关的权利要求的范围之内。

[0125] 本发明包括可使用主体装置执行的方法。该方法可包括提供这种合适的装置的动作。这种提供可由终端用户执行。换言之，“提供”动作仅需要终端用户的获得、访问、处理、定位、设置、激活、通电或其它动作，以在该方法中提供必要的装置。在此所述的方法可按逻辑上可能的所述事件的任何顺序以及以所述的事件顺序来执行。

[0126] 以上已经描述了本发明的示例方面以及关于材料选择和制造的细节。对于本发明的其它细节，可结合以上参考的专利和出版物以及本领域的技术人员通常知道或理解的来理解。这在关于如通常或逻辑上采用的附加动作的方面，关于本发明的基于方法的方面同样成立。

[0127] 此外，虽然已经参考可选地包括各种特征的若干示例描述了本发明，但是本发明并不限于被描述或表示为针对本发明的每个变形所预期的。在不脱离本发明的实际精神和范围的情况下，可以对所描述的本发明进行各种变化，并且可用等同（无论是本文所陈述的还是为了简洁的目的而未被包括的）来代替。此外，如果提供值的范围，则应当理解，在该范围的上限和下限之间的每个中间值和或者在该说明的范围中的任何其它中间值被包括在本发明之内。

[0128] 此外，可预期的是，所描述的发明变形的任何可选特征可独立或结合在此描述的任何一个或多个特征来陈述和要求权利。引用单数项包括可能存在相同项的复数。更具体地，如在此和在相关的权利要求中所使用的，只要不具体说明，单数形式“一”、“所述”和“该”包括复数对象。换言之，在以上描述以及与本公开相关的权利要求中，冠词的使用允许“至少一个”目标项。还需要注意的是，可起草这种权利要求以排除任何可选元件。因此，该声明意在结合权利要求要素的表述而用作使用如“单独”、“仅”等这种排他性术语的先行基础，或者使用“否定”限制。

[0129] 在不使用这种排他性术语的情况下，在与本公开相关的权利要求中的术语“包括”应允许包括任何其它要素，而不考虑给定数量的要素是否列举在这种权利要求中，或者添加特征可被视为变换在权利要求中所述的要素的性质。除了在此特别定义之外，在此所使用的全部科技术语应在维持权利要求有效的同时被提供尽可能款的通常理解的含义。

[0130] 本发明并不限于所提供的示例和/或本说明书，而仅由与本公开相关的权利要求语言的范围限定。

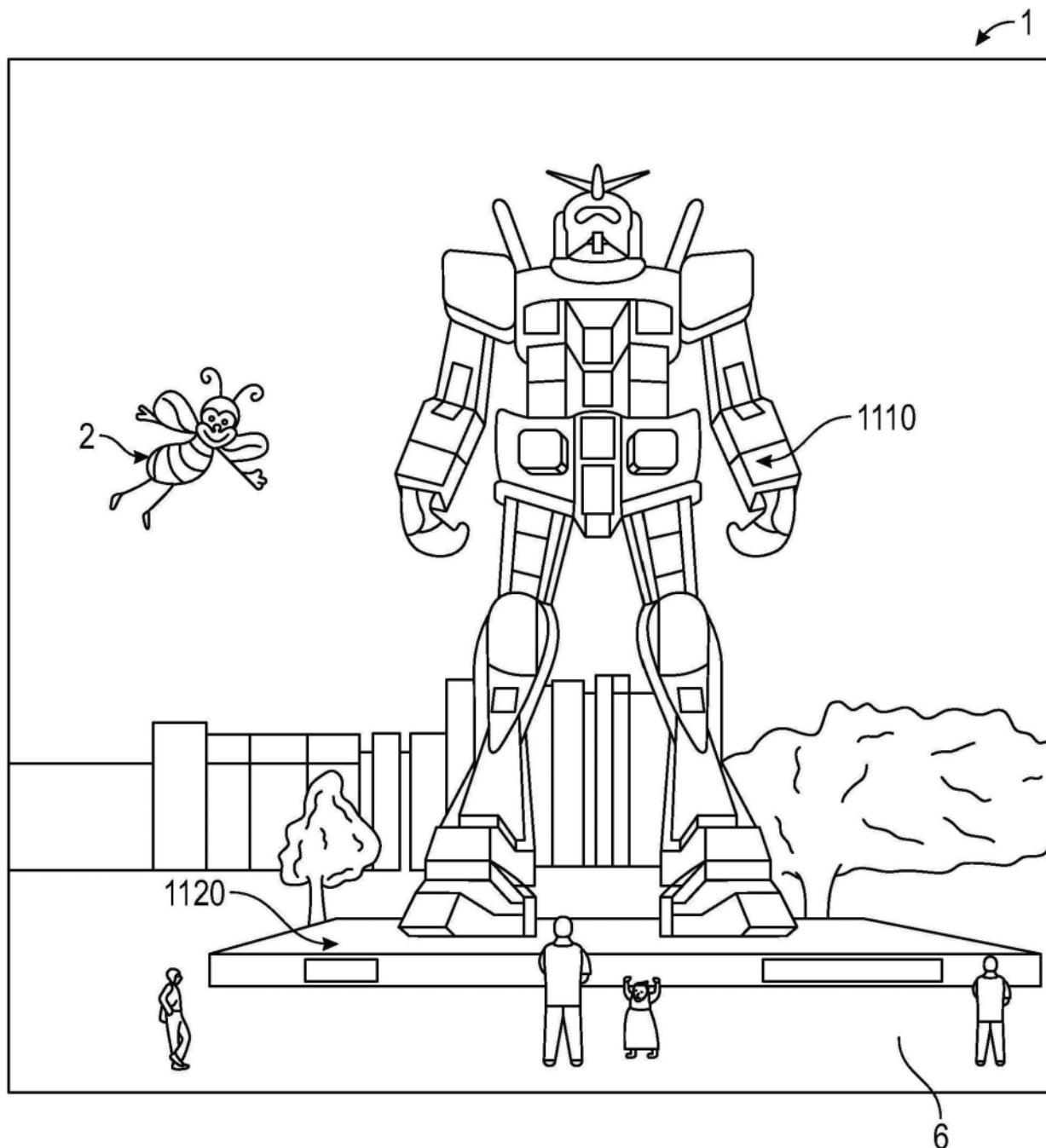


图1

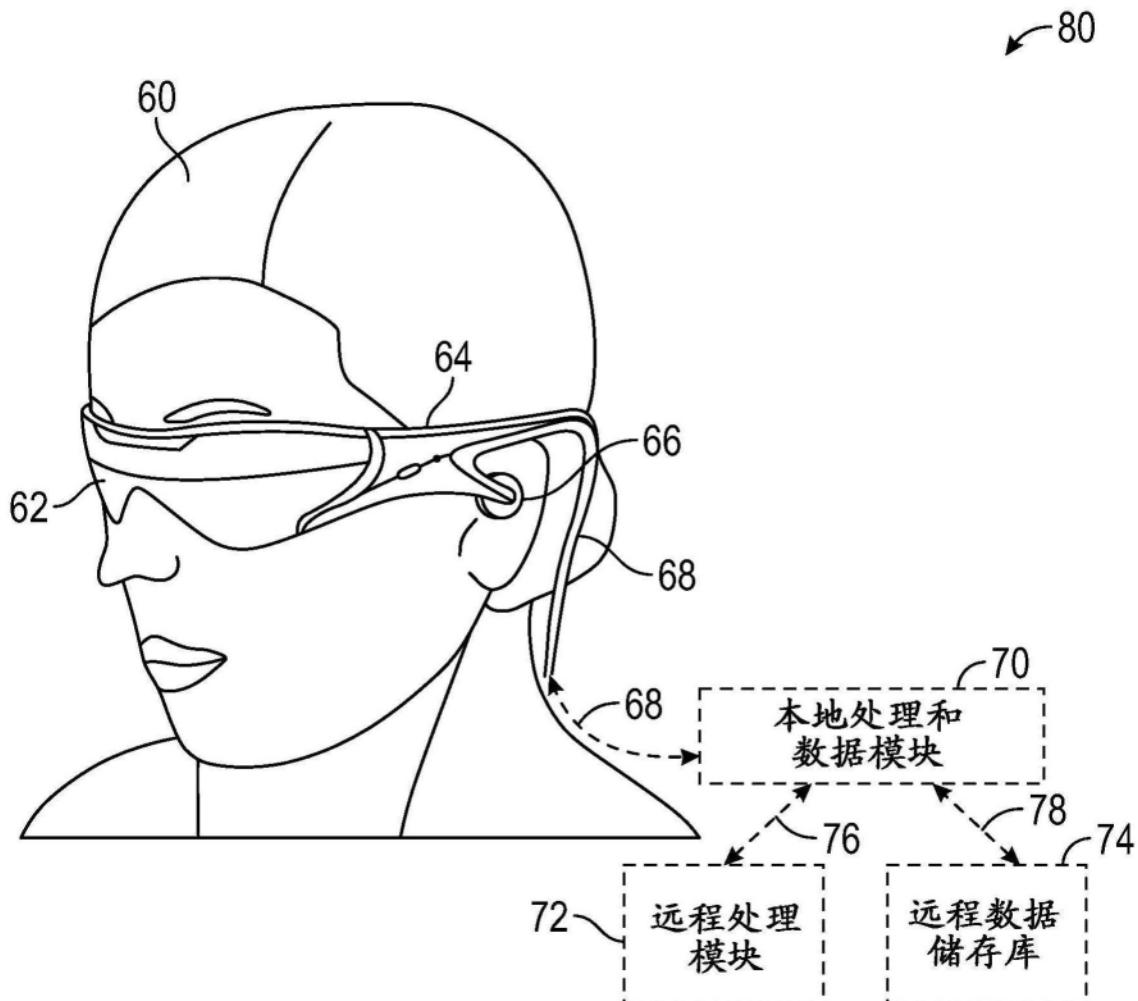


图2

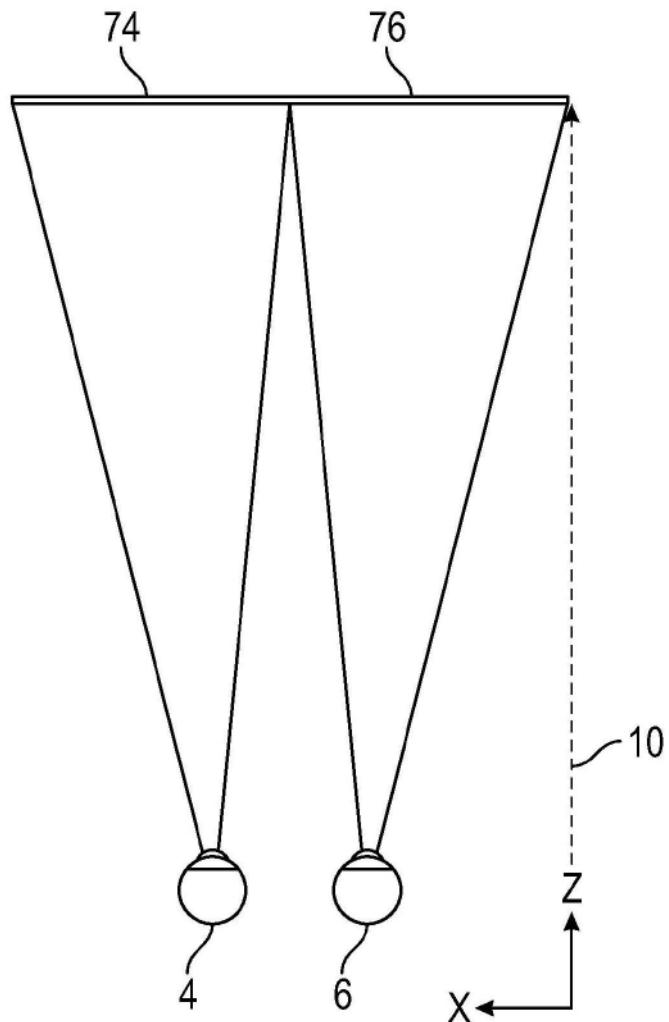


图3

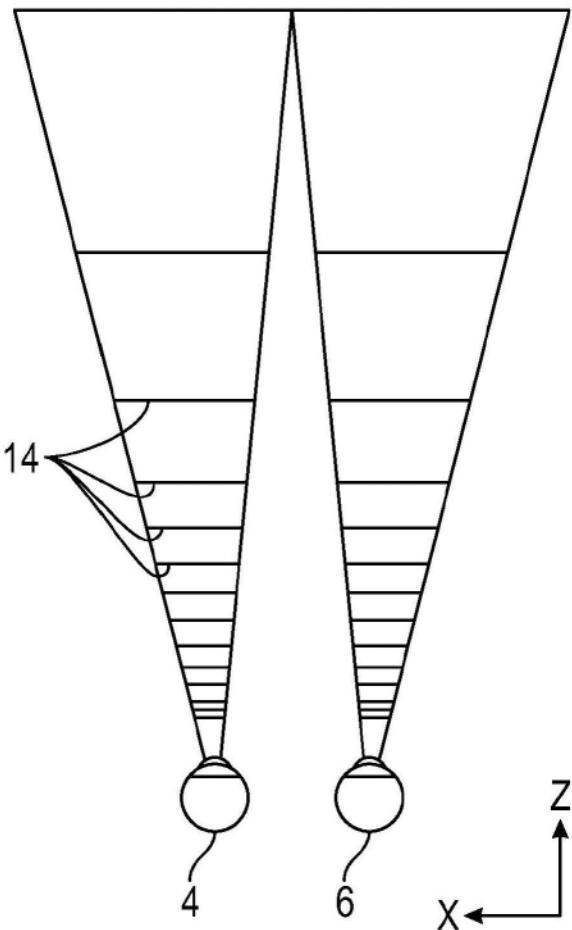


图4

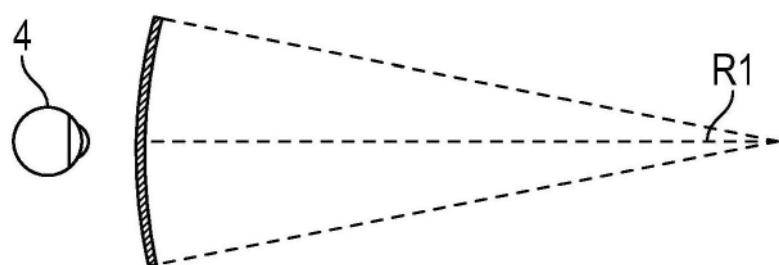


图5A

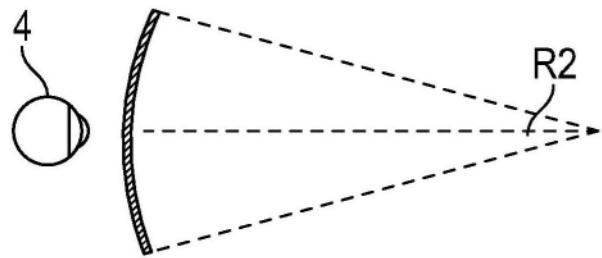


图5B

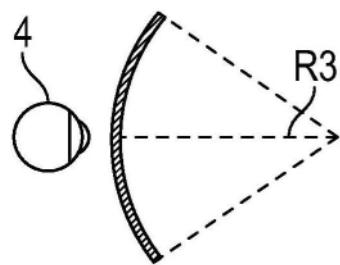


图5C

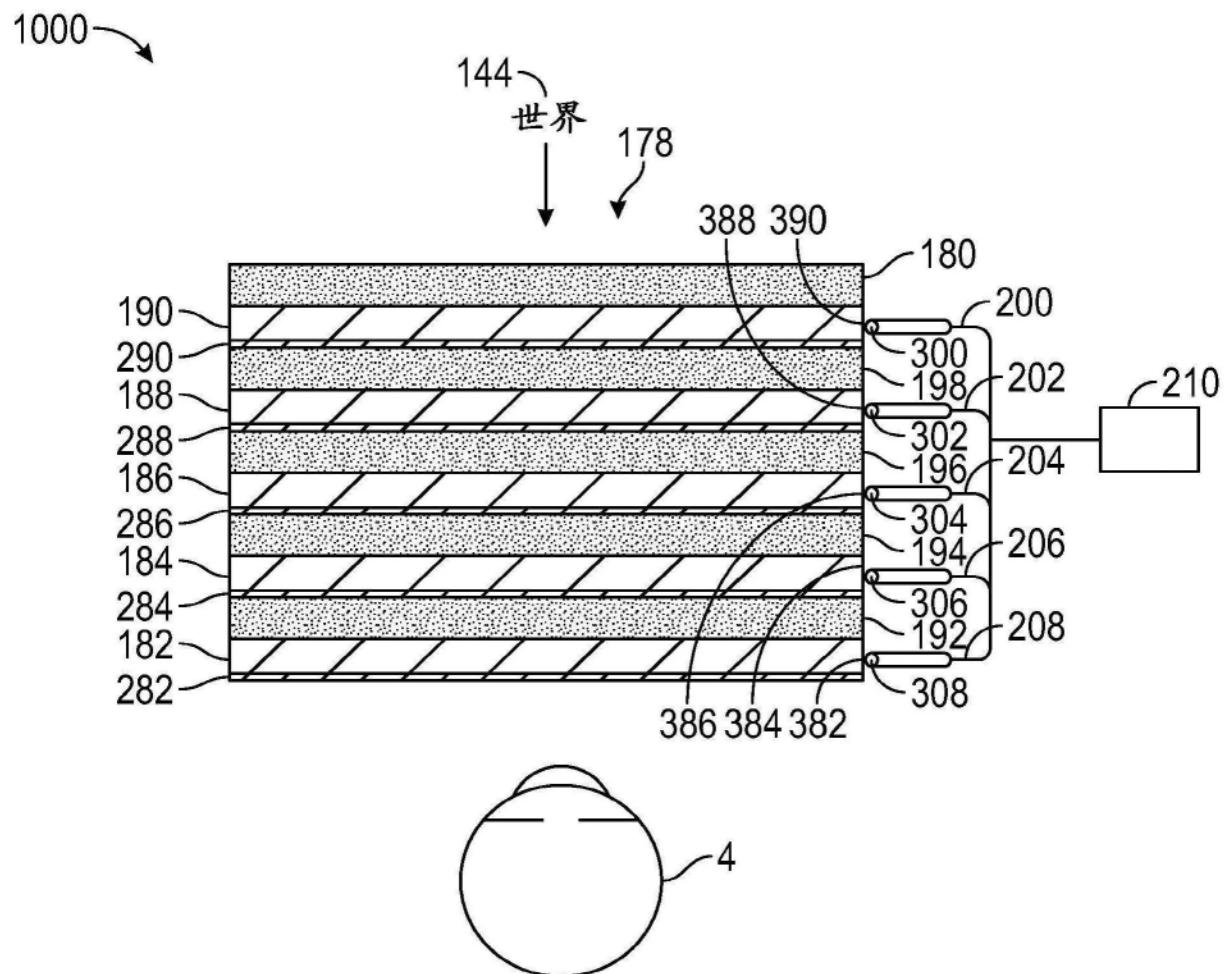


图6

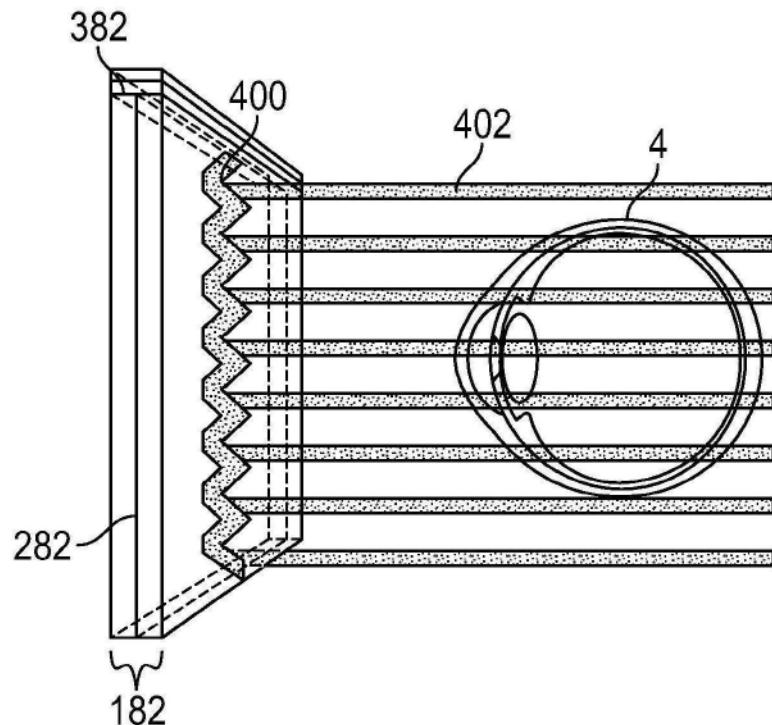


图7

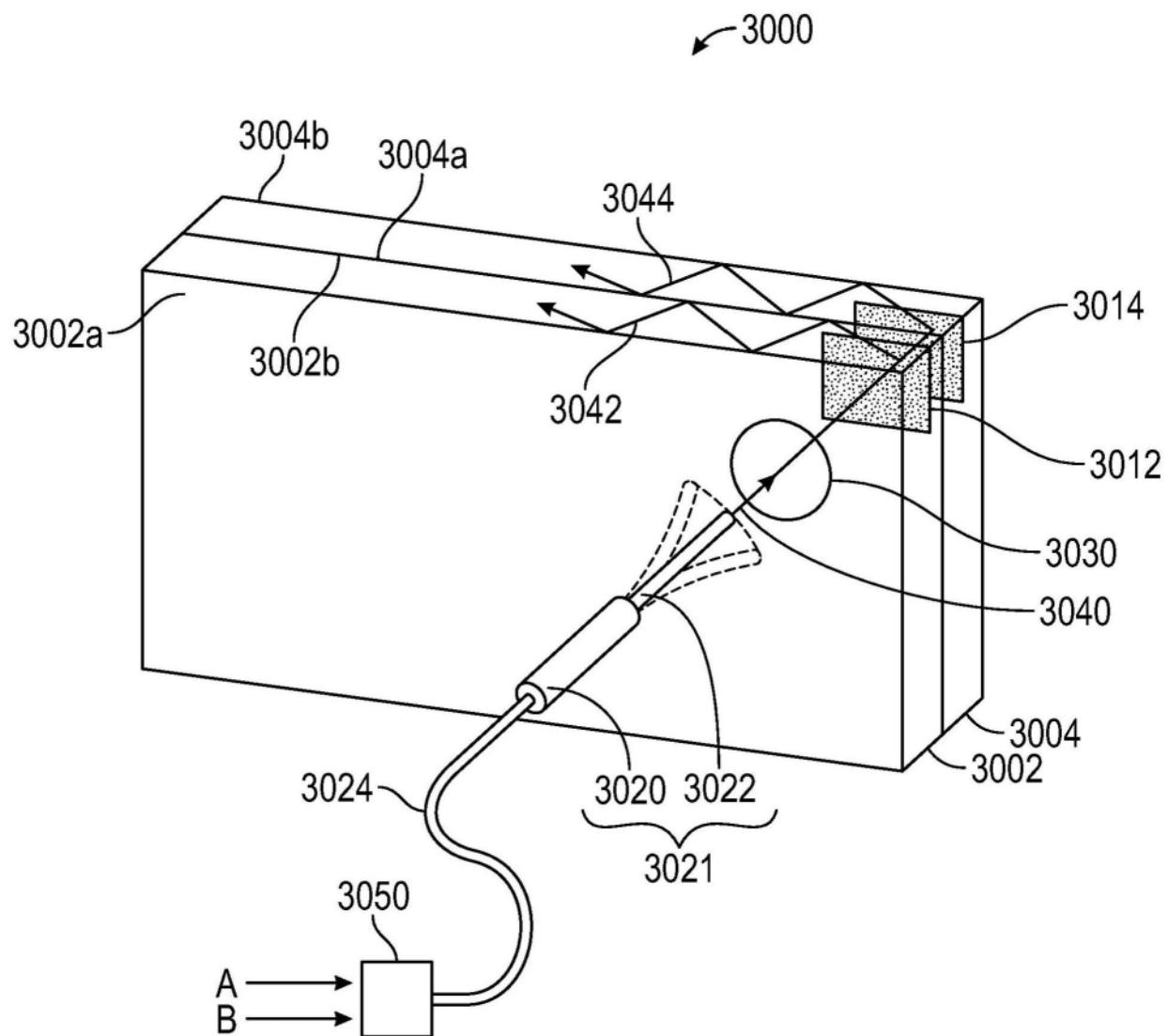


图8A

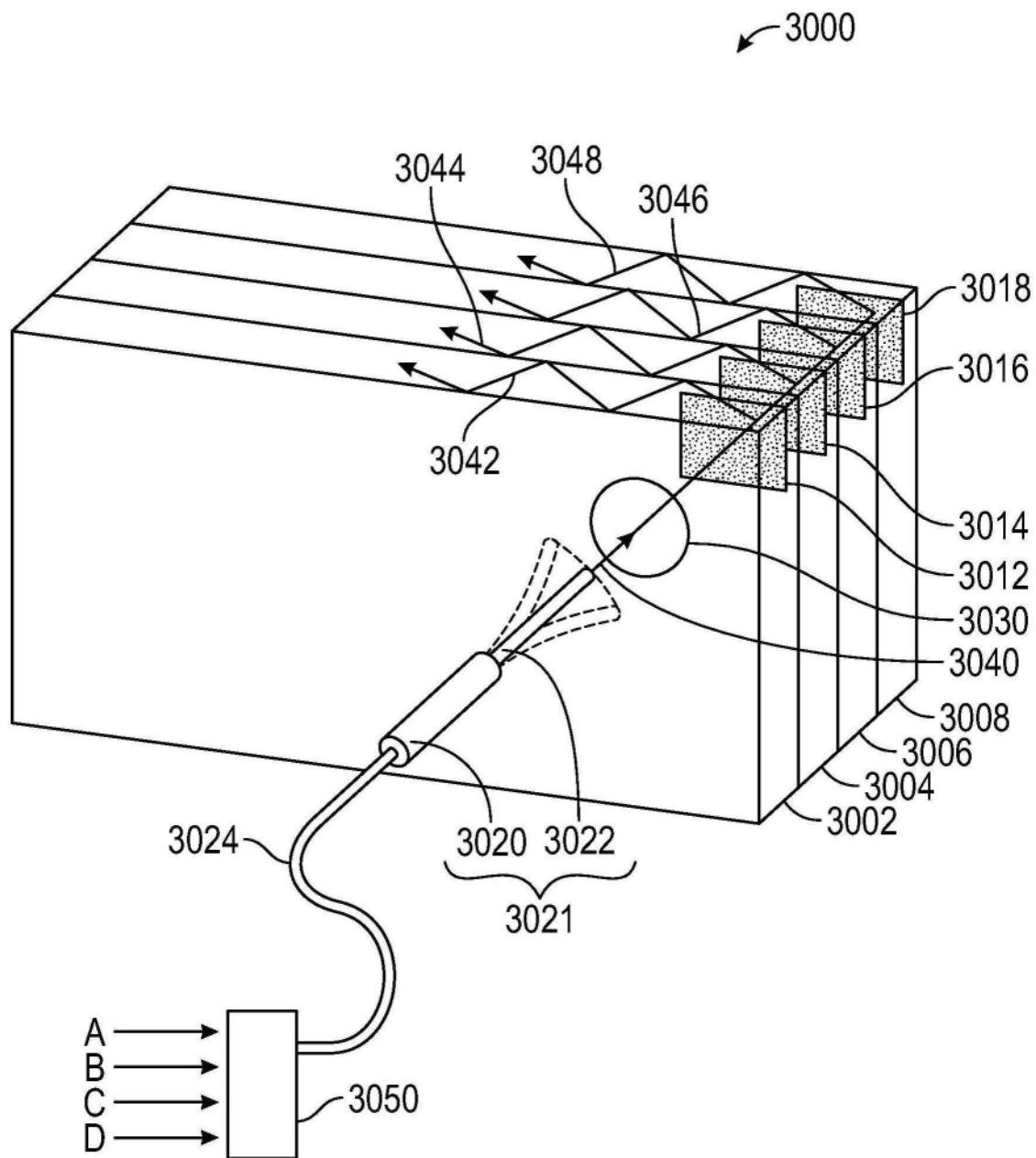


图8B

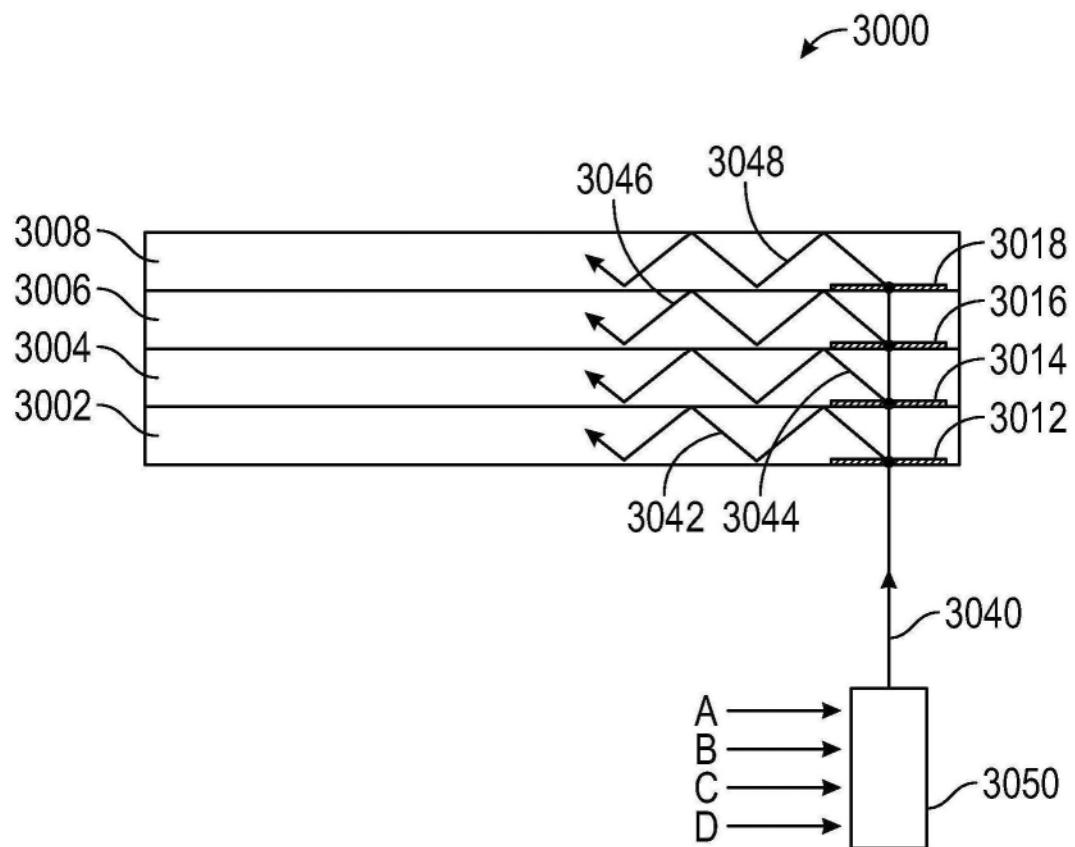


图8C

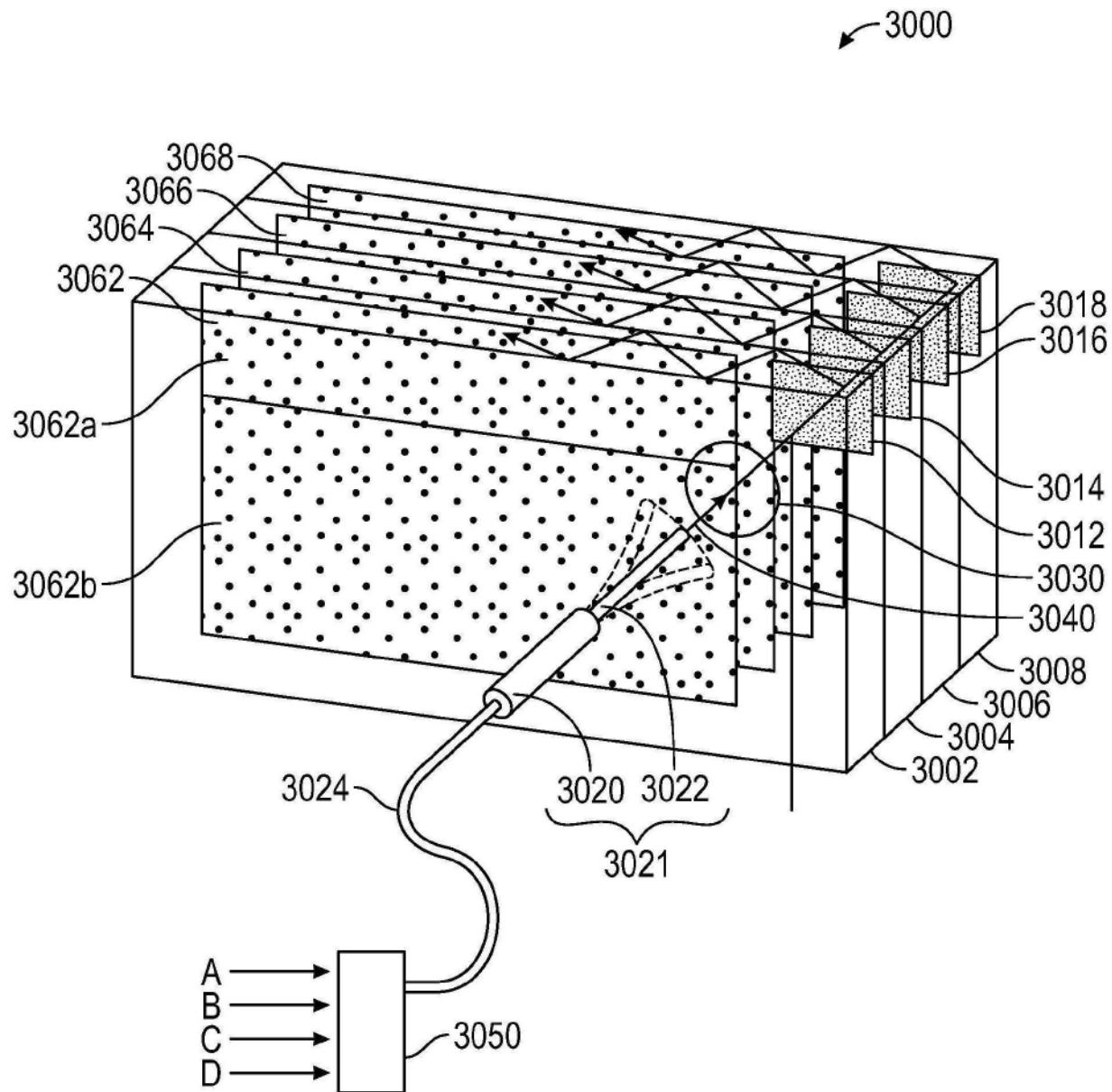


图8D

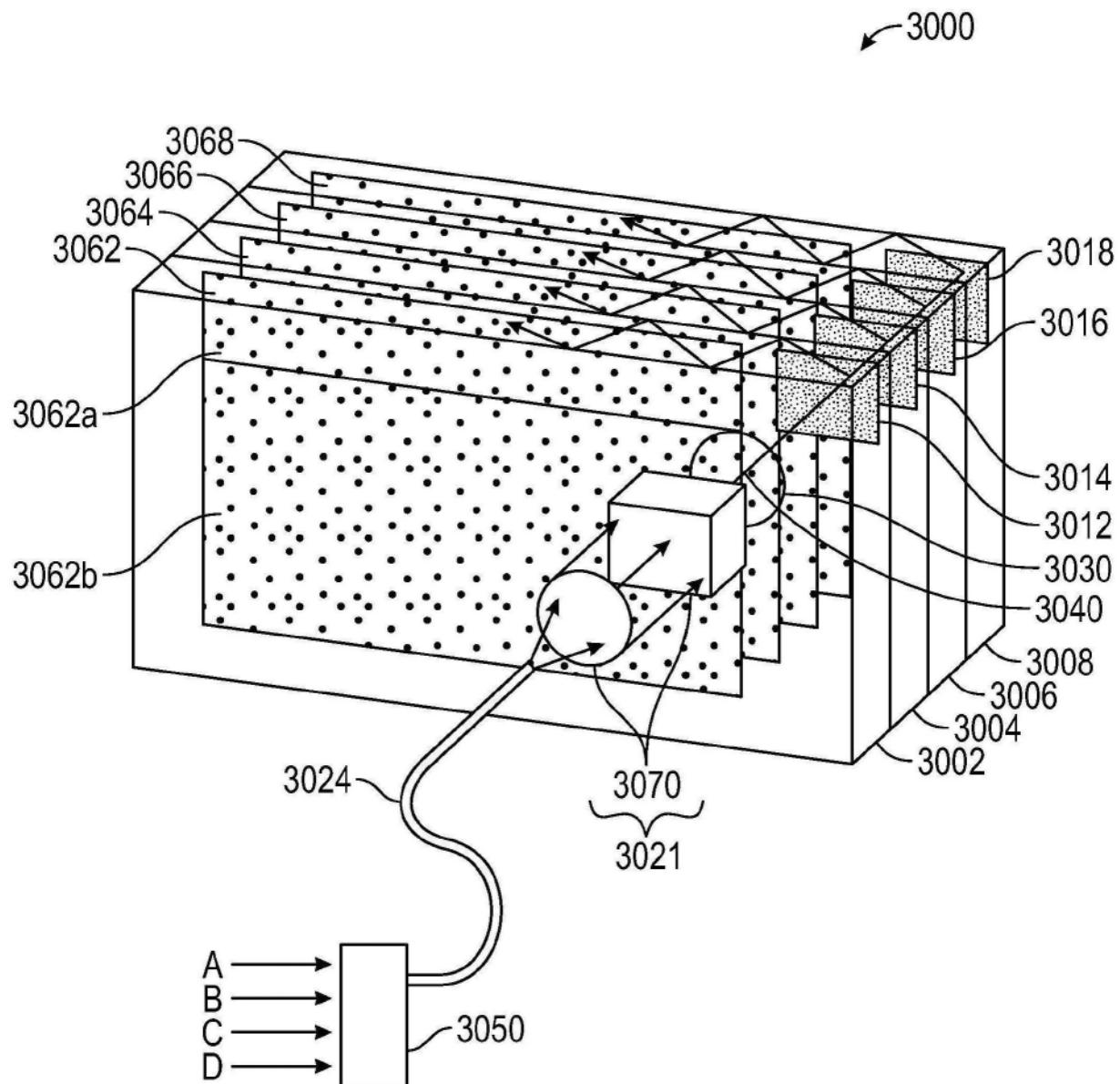
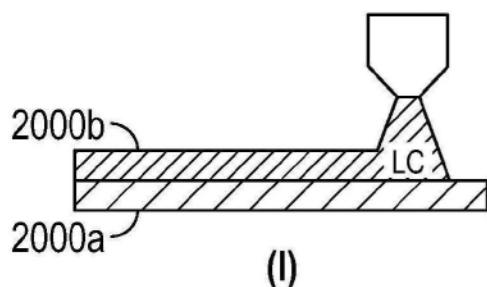
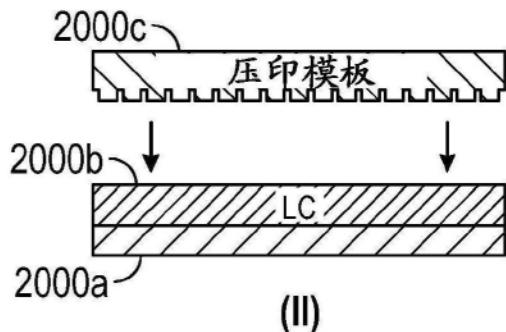
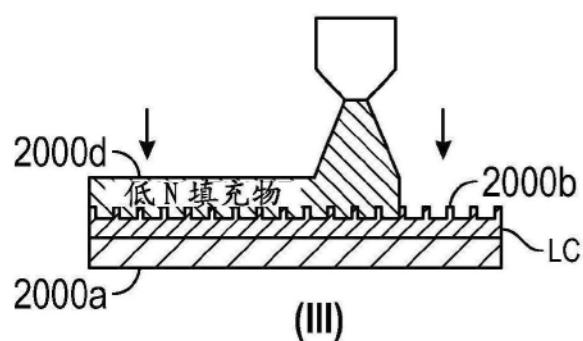


图8E

喷射沉积 LC

模板包含
图案PBPE

LC通过压印对齐，
并且低指数层
填充间隙间隔



布拉格 LC PBPE

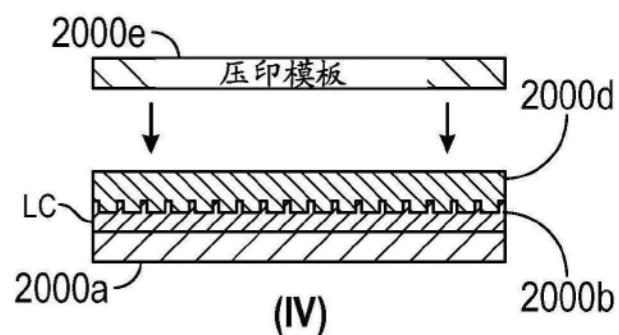


图9A

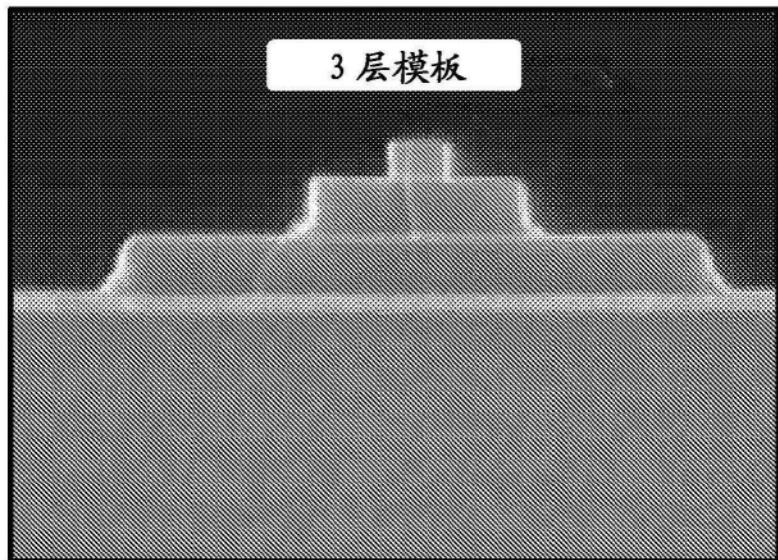


图9B

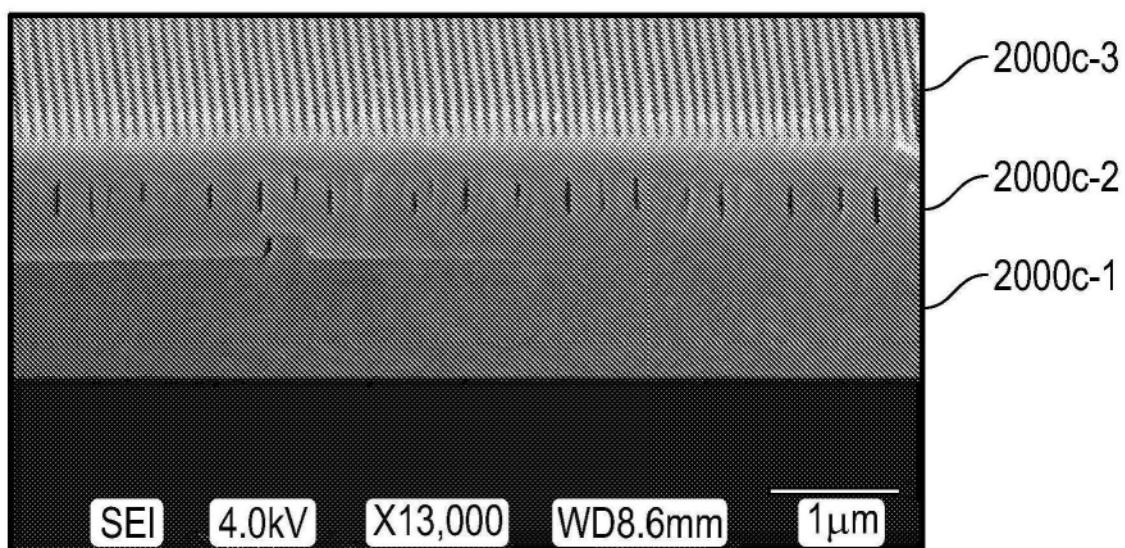


图9C

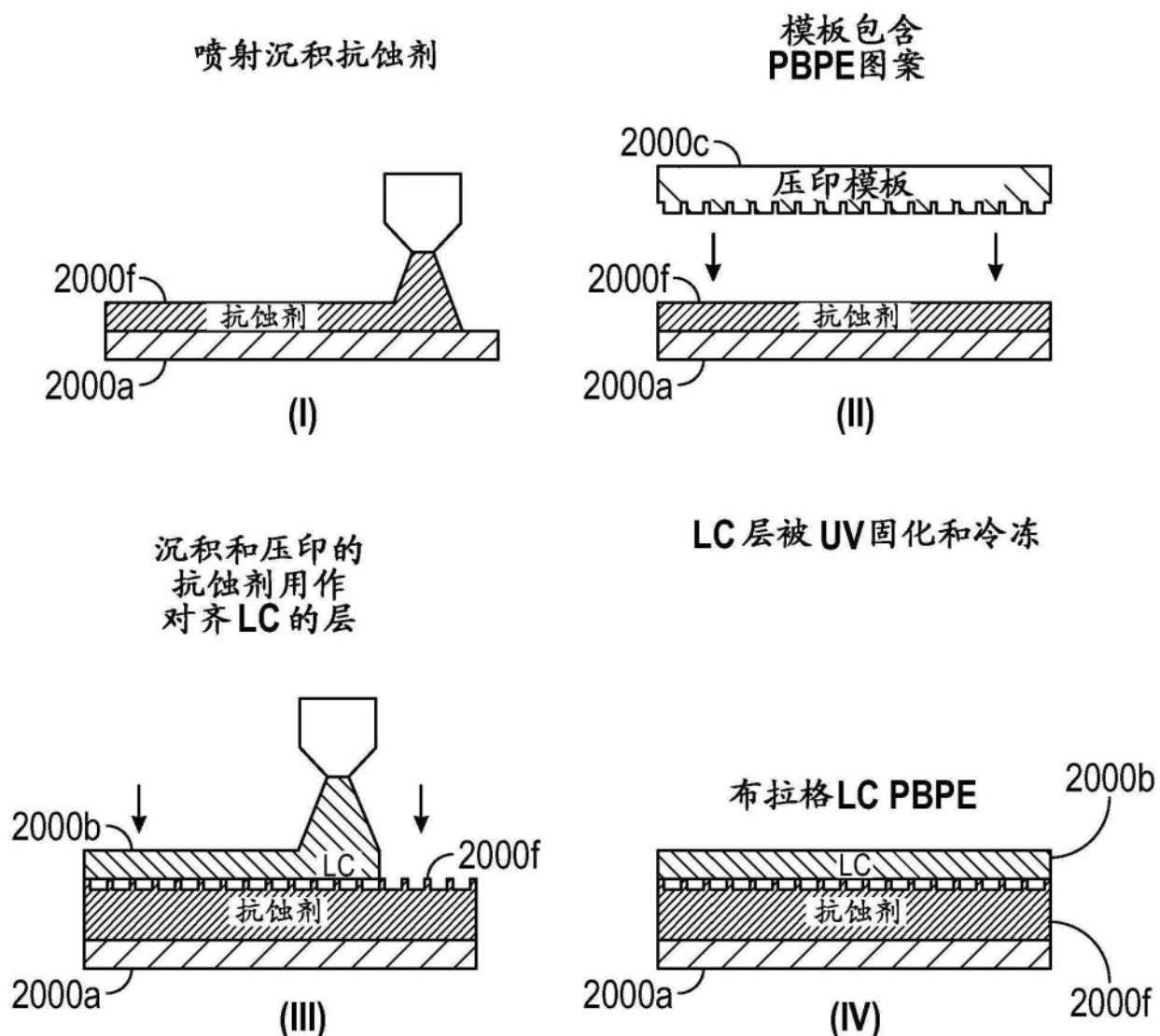


图9D

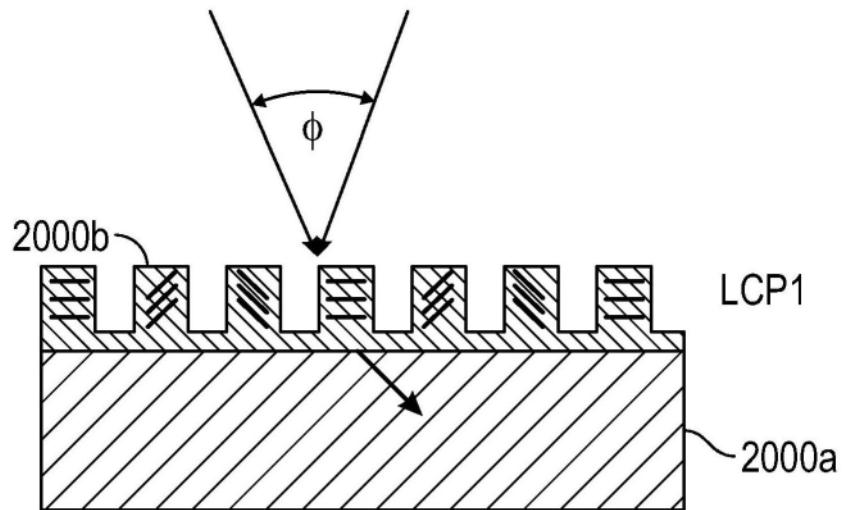


图9E

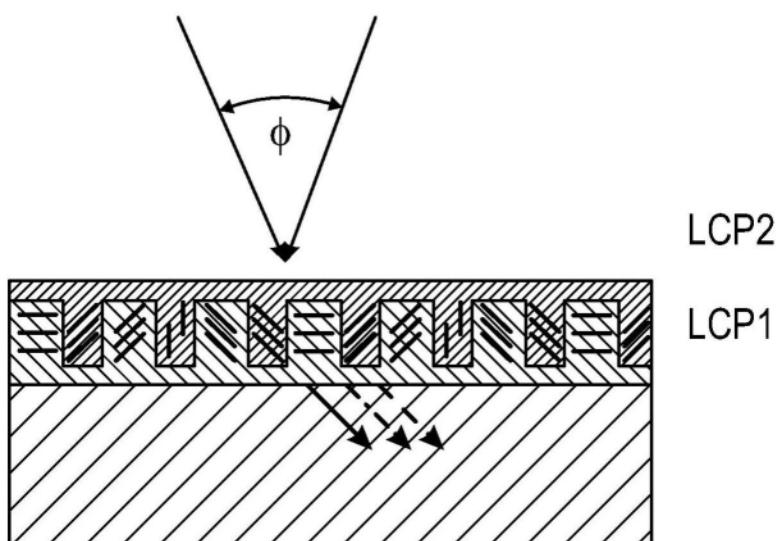


图9F

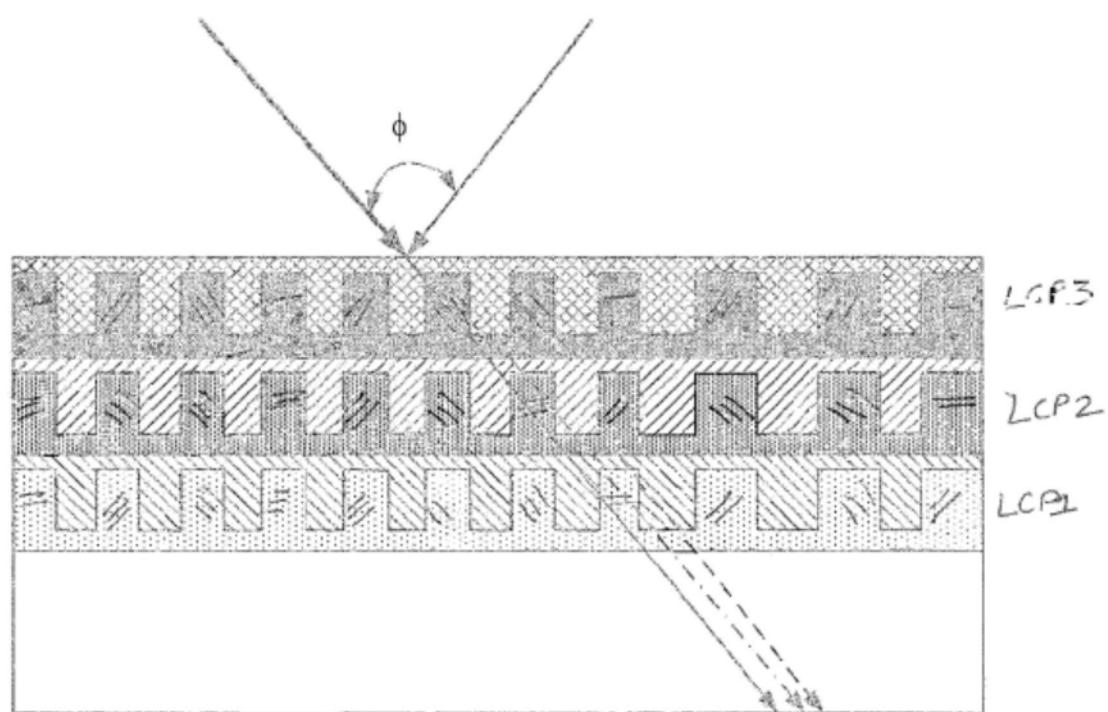


图9G

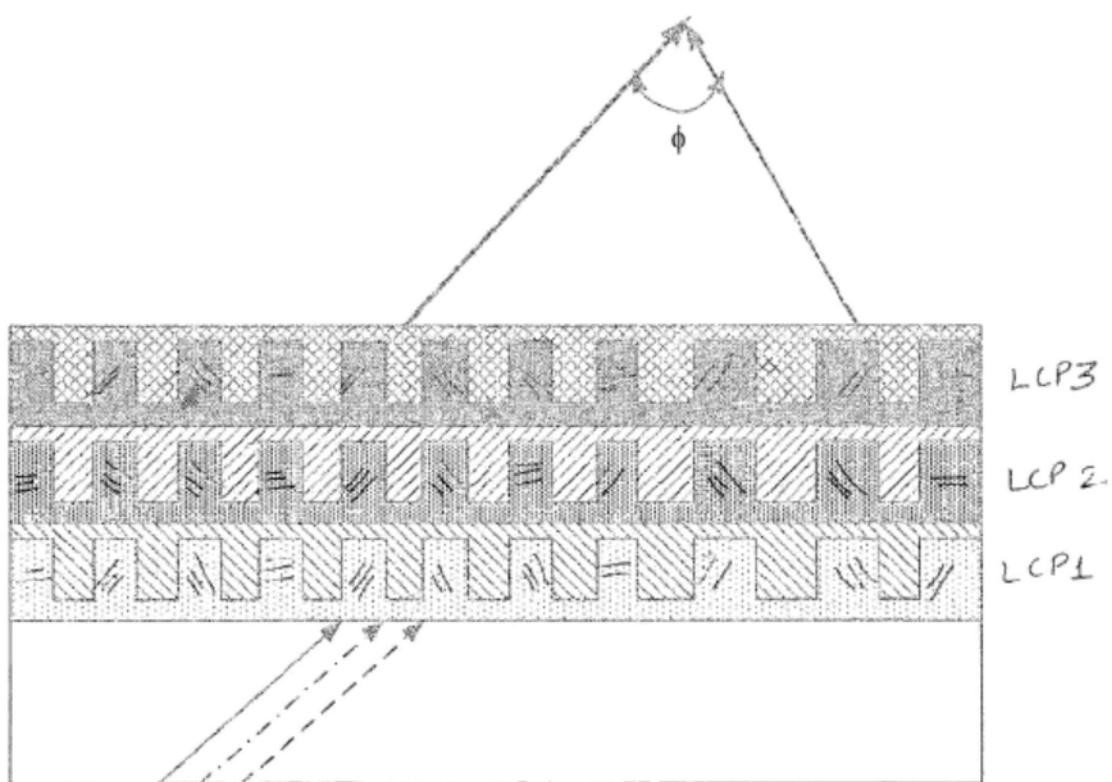


图9H



图9I

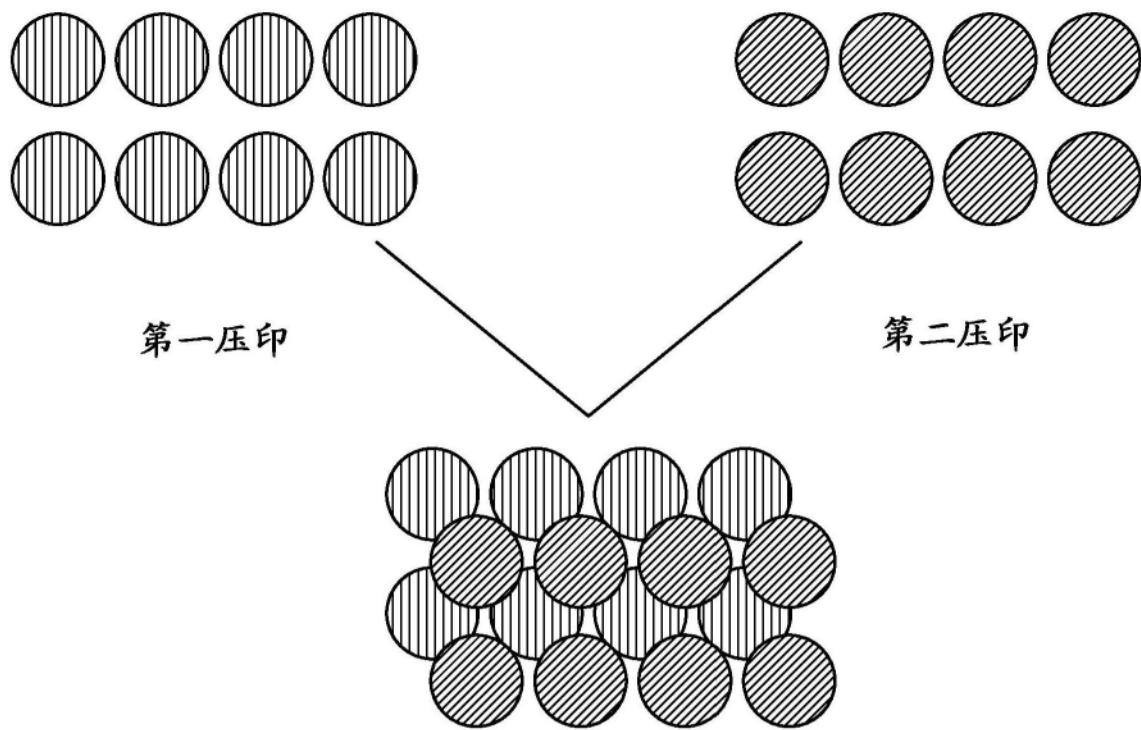


图9J

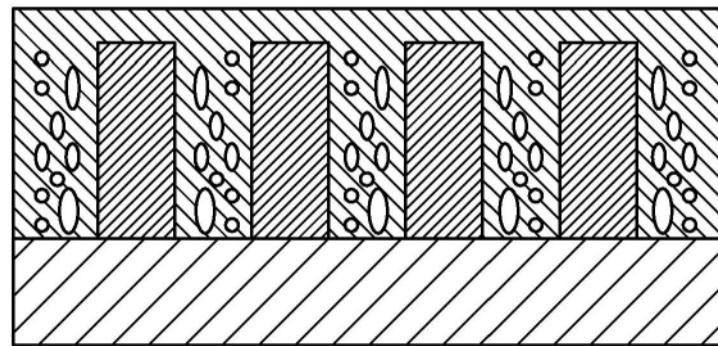


图9K

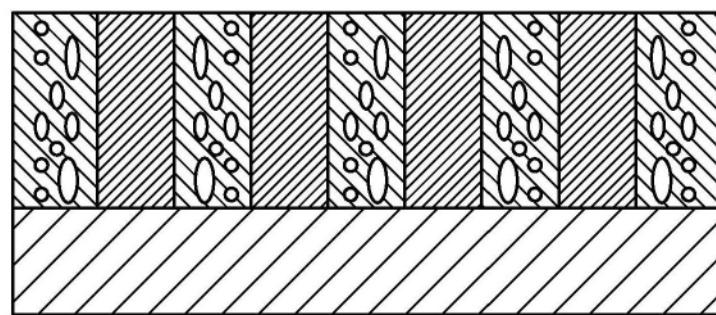


图9L

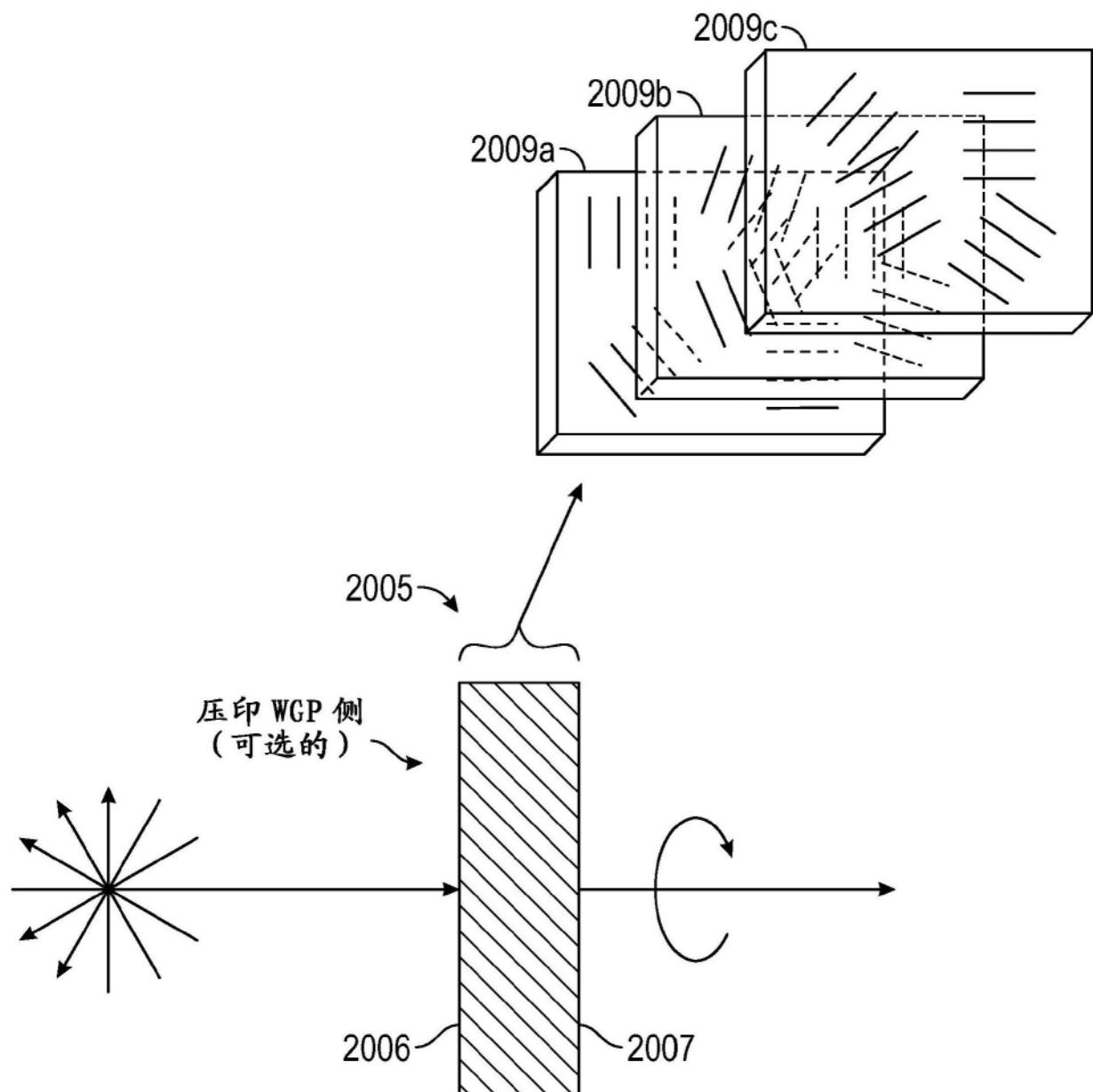


图9M