



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117447088 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 26

(21) 申请号	202311363328.5	C03C 3/093 (2006.01)
(22) 申请日	2018.01.04	C03C 3/091 (2006.01)
(30) 优先权数据		C03C 3/089 (2006.01)
	62/442,809 2017.01.05 US	C03C 3/083 (2006.01)
(62) 分案原申请数据		C03C 3/085 (2006.01)
	201880015722.0 2018.01.04	C03C 3/087 (2006.01)
(71) 申请人	奇跃公司	C03C 3/078 (2006.01)
地址	美国佛罗里达州	C03C 3/064 (2006.01)
(72) 发明人	M·梅利 C·佩罗兹 V·辛格	C03C 3/066 (2006.01)
(74) 专利代理机构	北京市中咨律师事务所	C03C 3/068 (2006.01)
	11247	G02B 27/01 (2006.01)
专利代理师	林莹莹 于静	G02B 6/124 (2006.01)
(51) Int. Cl.		G02B 6/136 (2006.01)
	C03C 15/00 (2006.01)	G02B 6/00 (2006.01)
	C03C 3/095 (2006.01)	G02B 5/18 (2006.01)

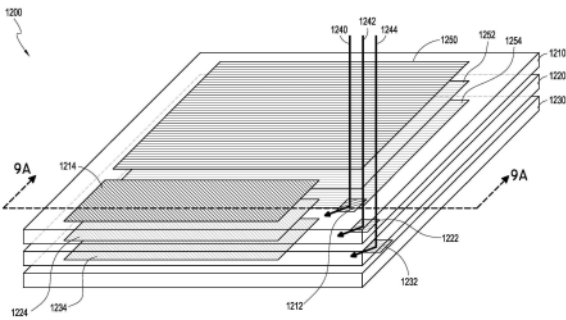
权利要求书1页 说明书21页 附图14页

(54) 发明名称

通过等离子体蚀刻的高折射率玻璃的图案化

(57) 摘要

本文提供了用于在高折射率玻璃基板中形成例如用作波导的图案的等离子体蚀刻方法。该基板可以由具有大于或等于约1.65的折射率且具有小于约50wt%的SiO₂的玻璃形成。等离子体蚀刻方法可以包括化学和物理蚀刻组分。在一些实施例中,等离子体蚀刻方法可以包括:在高折射率玻璃基板的至少一部分上形成图案化的掩模层,以及将掩模层和高折射率玻璃基板暴露于等离子体以从基板的暴露部分去除高折射率玻璃。随后从高折射率玻璃基板去除任何剩余的掩模层。玻璃的去除在高折射率玻璃基板中形成例如衍射光栅的期望的图案化结构。



1. 一种形成光波导结构的方法,所述方法包括:

识别要在高折射率玻璃基板中形成的第一特征的期望尺寸特性,其中所述高折射率玻璃基板具有约1.65或更大的折射率;

识别用于在所述高折射率玻璃基板中形成至少所述第一特征的蚀刻工艺的蚀刻特性;

基于所识别的蚀刻特性,确定在所述高折射率玻璃基板中形成所述第一特征之前要在所述高折射率玻璃基板上形成的图案化层的第二特征的偏置尺寸特性;

在所述高折射率玻璃基板上形成所述图案化层,所述形成包括在所述图案化层中形成所述第二特征,所述第二特征具有所述偏置尺寸特性;以及

使用所述蚀刻工艺将具有所述偏置尺寸特性的所述第二特征的图案转移到所述高折射率玻璃中以形成所述第一特征,所述第一特征在所述高折射率玻璃基板中具有所述期望尺寸特性。

2. 一种用于图案化玻璃基板的方法,所述方法包括:

在由具有1.65或更大的折射率的玻璃形成的玻璃基板之上提供蚀刻掩模,其中所述蚀刻掩模中的用于限定所述玻璃基板中的对应特征的特征大于所述对应特征的期望尺寸;以及

通过所述蚀刻掩模蚀刻所述玻璃基板以在所述玻璃基板中限定所述特征。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,提供所述蚀刻掩模包括:

形成初始蚀刻掩模;以及

增加所述初始蚀刻掩模的特征的尺寸以形成所述蚀刻掩模。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述蚀刻掩模包括抗蚀剂,并且其中形成所述初始蚀刻掩模包括压印所述抗蚀剂。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中,增加所述初始蚀刻掩模的特征的所述尺寸包括在所述初始蚀刻掩模上沉积保形膜。

6. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述玻璃基板包括小于约50wt%的 SiO_2 ,并且其中所述玻璃基板中的大于50wt%由 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种形成。

7. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述蚀刻掩模包括碳基聚合物、铬或氧化硅。

8. 根据权利要求2所述的方法,其中,蚀刻所述玻璃基板包括执行离子束铣削以去除所述玻璃基板材料。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,蚀刻所述玻璃基板在小于20秒内形成具有50nm或更大的深度的开口。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中,蚀刻所述玻璃基板在小于10秒内形成所述开口。

通过等离子体蚀刻的高折射率玻璃的图案化

[0001] 本申请是申请日为2018年1月4日、PCT国际申请号为PCT/US2018/012335、中国国家阶段申请号为201880015722.0、发明名称为“通过等离子体蚀刻的高折射率玻璃的图案化”的申请的分案申请。

[0002] 优先权声明

[0003] 本申请要求2017年1月5日提交的美国临时申请No.62/442,809依据35U.S.C.§119(e)的优先权,其全部公开内容通过引用并入本文。

[0004] 相关申请的交叉引用

[0005] 本申请通过引用整体并入以下专利申请中的每一个:2014年11月27日提交的美国申请No.14/555,585;2015年7月23日公布作为美国公开No.2015/0205126;2015年4月18日提交的美国申请No.14/690,401,其于2015年10月22日公布作为美国公开No.2015/0302652;2014年3月14日提交的美国申请No.14/212,961,其现在作为2016年8月16日发布的美国专利No.9,417,452;以及2014年7月14日提交的美国申请No.14/331,218,其于2015年10月29日公布作为美国公开No.2015/0309263。

技术领域

[0006] 本公开涉及显示系统,更具体地涉及用于在高折射率玻璃中使用的高折射率玻璃的高分辨率图案化。

背景技术

[0007] 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其看起来是真实的或者可被感知为真实的方式呈现给用户。虚拟现实(或者“VR”)场景通常涉及数字或虚拟图像信息的呈现,而对于其它实际的真实世界的视觉输入不透明;增强现实(或者“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实际世界的可视化的增强。混合现实(或者“MR”)场景是一种AR场景并且通常涉及集成到自然世界中并响应于自然世界的虚拟对象。例如,MR场景可以包括AR图像内容,该AR图像内容看起来被真实世界中的对象阻挡或者被感知为与对象交互。

[0008] 参考图1,示出了增强现实场景1。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为特征的真实世界公园状设置1100。用户同样感知到他“看到”诸如站在真实世界平台1120上的机器人雕像1110以及飞过的卡通式化身角色1130的“虚拟内容”,该化身角色看起来是大黄蜂的化身。这些元素1130、1110是“虚拟的”,因为他们在真实世界中不存在。因为人类的视觉感知系统是复杂的,并且产生有助于连同其它虚拟或真实世界的图像元素一起的虚拟图像元素的舒适、自然、丰富呈现的AR技术是具有挑战性的。

[0009] 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

[0010] 根据一些方面,公开了一种用于在波导中形成一个或多个衍射光栅的方法。在一

些实施例中,所述方法可以包括提供具有大于或等于约1.65的折射率的波导。在一些实施例中,所述波导中的大于50wt%由 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种形成。在一些实施例中,所述方法还可以包括在所述波导之上提供掩模层,所述掩模层具有与所述一个或多个衍射光栅对应的图案,所述图案选择性地暴露所述波导的部分,以及各向异性地蚀刻所述波导的所述暴露部分以在所述波导中限定所述一个或多个衍射光栅。

[0011] 在一些实施例中,提供掩模层包括提供所述图案,所述图案包括位于所述波导的第一区域之上的第一衍射光栅图案和位于所述波导的第二区域中的第二衍射光栅图案,其中所述第二区域在所述波导的表面的大部分区域之上延伸。在一些实施例中,所述第一衍射光栅图案对应于耦合光学元件,以及所述第二衍射光栅图案对应于耦合光学元件。在一些实施例中,提供掩模层包括提供所述图案,所述图案包括位于所述波导的第三区域之上的第三衍射光栅图案,其中所述第三衍射光栅图案对应于被配置为将来自所述耦合光学元件的光重定向至顶部耦合光学器件(optical)的正交光瞳扩展器。在一些实施例中,所述一个或多个衍射光栅包括基本平行的线,其中每条线具有小于约1微米的临界尺寸和在约1:10至约10:1之间的纵横比。在一些实施例中,每条线具有小于约300nm的临界尺寸。

[0012] 根据一些方面,提供了用于在高折射率玻璃基板中形成特征的等离子体蚀刻方法。在一些实施例中,所述方法可以包括:在所述高折射率玻璃基板的至少一部分上提供图案化的掩模层,所述基板由具有大于或等于约1.65的折射率且包括小于约50wt%的 SiO_2 的玻璃形成,以及通过将所述掩模层和高折射率玻璃基板暴露于包括化学和物理蚀刻剂物种(species)的等离子体蚀刻来蚀刻所述基板中的所述特征,以从所述高折射率玻璃基板选择性地去除暴露的高折射率玻璃。

[0013] 在一些实施例中,所述高折射率玻璃基板包括小于约30wt%的 SiO_2 。在一些实施例中,所述高折射率玻璃基板中的大于50wt%由 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种形成。在一些实施例中,所述高折射率玻璃基板具有大于或等于约1.70的折射率。在一些实施例中,将所述掩模层和高折射率玻璃基板暴露于等离子体蚀刻包括从所述高折射率玻璃基板的暴露表面各向异性地去除高折射率玻璃。

[0014] 在一些实施例中,所述等离子体在容纳所述高折射率玻璃基板的反应室中原位生成。在一些实施例中,所述源气体包括 SF_6 和Ar气体。在一些实施例中,所述源气体包括 BCl_3 、HBr和Ar气体。在一些实施例中,所述源气体包括 CF_4 、 CHF_3 和Ar气体。在一些实施例中,所述反应室是具有电感耦合等离子体(ICP)反应器的反应室。在一些实施例中,所述反应室是具有双频ICP反应器的反应室。在一些实施例中,所述特征中的每一个具有小于约100nm的临界尺寸。在一些实施例中,所述特征中的每一个具有在约1:10至约10:1之间的纵横比。在一些实施例中,所述特征的尺寸和间隔被确定为形成衍射光栅。在一些实施例中,所述掩模层包括聚合物抗蚀剂层。在一些实施例中,所述等离子体蚀刻工艺还可以包括在将所述掩模层和高折射率玻璃基板暴露于所述等离子体之后,从所述高折射率玻璃基板去除剩余的掩模层。

[0015] 根据一些方面,提供了用于在高折射率玻璃基板中形成特征的方法。在一些实施例中,所述方法可以包括:在反应室中选择性地将高折射率玻璃基板的部分暴露于等离子

体,以从所述高折射率玻璃基板选择性地去除高折射率玻璃,其中所述高折射率玻璃基板包括小于约50wt%的 SiO_2 并且具有大于或等于约1.65的折射率。

[0016] 在一些实施例中,所述高折射率玻璃基板包括 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种。在一些实施例中,选择性地暴露所述高折射率玻璃基板的部分在所述基板中限定突起的图案,其中所述突起形成光学衍射光栅。在一些实施例中,所述方法还可以包括:在所述基板上沉积掩模层,图案化所述掩模层以限定位于所述基板之上的第一区域中的第一组间隔开的线和位于所述基板之上的第二区域中的第二组间隔开的线,其中选择性地暴露所述高折射率玻璃基板的部分包括通过所述掩模层蚀刻所述基板以形成:位于所述基板的与所述第一区域对应的区域中的光耦入衍射光栅,以及位于所述基板的与所述第二区域对应的区域中的光耦出衍射光栅。在一些实施例中,图案化所述掩模层还限定位于所述基板之上的第三区域中的第三组间隔开的线,以及其中选择性地暴露所述高折射率玻璃基板的部分包括通过所述掩模层蚀刻所述基板以形成与所述第三区域对应的正交光瞳扩展器。

[0017] 根据一些其他方面,提供了用于形成光波导结构的方法。所述方法包括识别要在高折射率玻璃基板中形成的第一特征的期望尺寸特性,以及识别用于在所述高折射率玻璃基板中形成至少所述第一特征的蚀刻工艺的蚀刻特性。基于所识别的蚀刻特性,确定在所述高折射率玻璃基板中形成所述第一特征之前要在所述高折射率玻璃基板上形成的图案化层的第二特征的偏置(bias)尺寸特性。在所述高折射率玻璃基板上形成所述图案化层。形成所述图案化层包括在所述图案化层中形成所述第二特征,所述第二特征具有所述偏置尺寸特性。所述方法还包括使用所述蚀刻工艺将具有所述偏置尺寸特性的所述第二特征的图案转移到所述高折射率玻璃中以形成所述第一特征,所述第一特征在所述高折射率玻璃基板中具有所述期望尺寸特性。

[0018] 根据其他方面,提供了用于图案化玻璃基板的方法。所述方法包括在由具有1.65或更大的折射率的玻璃形成的玻璃基板之上提供蚀刻掩模。所述蚀刻掩模中的用于限定所述玻璃基板中的对应特征的特征大于所述对应特征的期望尺寸。所述方法还包括通过所述蚀刻掩模蚀刻所述玻璃基板以在所述玻璃基板中限定所述特征。

附图说明

[0019] 图1示出了通过AR装置的增强现实(AR)的用户视图。

[0020] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。

[0021] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。

[0022] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的方面。

[0023] 图5A-5C示出了曲率半径与焦点半径之间的关系。

[0024] 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。

[0025] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0026] 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。

[0027] 图9A示出了堆叠波导组的示例的横截面侧视图,每个堆叠波导包括耦合(incoupling)光学元件。

- [0028] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。
- [0029] 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。
- [0030] 图10是根据一些实施例的等离子体蚀刻工艺的示例的工艺流程图。
- [0031] 图11A示出了具有上覆的蚀刻掩模的玻璃基板的示例的横截面侧视图。
- [0032] 图11B示出了经历定向蚀刻的图11A的结构示例的横截面侧视图。
- [0033] 图11C示出了在蚀刻玻璃基板且去除上覆的蚀刻掩模之后的图11B的结构示例的横截面侧视图。
- [0034] 图12A示出了覆盖玻璃基板的蚀刻掩模的另一示例的横截面侧视图。
- [0035] 图12B示出了在扩大蚀刻掩模的特征的尺寸之后的图12A的结构示例的横截面侧视图。
- [0036] 图12C示出了经历定向蚀刻的图12B的结构示例的横截面侧视图。
- [0037] 图12D示出了在蚀刻玻璃基板且去除上覆的蚀刻掩模之后的图12B的结构示例的横截面侧视图。
- [0038] 提供附图是为了说明本文描述的示例实施例,而不是为了限制本公开的范围。附图不一定按比例绘制。

具体实施方式

[0039] VR和AR显示系统可以利用高折射率玻璃基板作为波导,以向用户提供光形式的图像信息。基板的高折射率提供了期望的光学性质,包括允许以宽角度范围输出来自基板的光并促进光在该基板内的全内反射(TIR)。应当理解,光学元件可以设置在基板的表面上,以例如在基板内耦合用于TIR的光和/或向用户耦合出光。作为示例,这些光学元件可以采用衍射光栅的形式。

[0040] 然而,难以直接在高折射率玻璃基板的主体中蚀刻诸如衍射光栅的光学元件。由于基板中的氧化硅的量低,蚀刻具有高折射率的基板材料是具有挑战性的,特别是在光学元件所需的尺寸下。然而,光学元件的光学性质高度依赖于元件的规则性、尺寸和形状。已经发现,典型的湿化学蚀刻或反应离子蚀刻具有不够高的分辨率和/或不形成具有足够垂直或直的侧壁和/或足够纵横比的特征以用作光学衍射光栅。

[0041] 因此,用于形成这种光学元件的常规方法是在基板上沉积用于形成光学元件的材料。例如,可以使材料气相沉积并图案化。作为另一示例,光学元件可以形成在附到基板的单独的膜中。然而,这种沉积或附接可能不合需要地增加制造复杂性并且还可能引入光学伪影。例如,基板和沉积的层或膜之间的界面以及将膜接合到基板的任何粘合剂层可能引起反射,这进而导致光学伪影。

[0042] 根据一些实施例,蚀刻工艺允许特征直接形成在高折射率玻璃基板的主体中,同时提供高分辨率和选择性。在一些实施例中,蚀刻工艺是等离子体蚀刻工艺,该等离子体蚀刻工艺包括在高折射率玻璃基板的表面的至少一部分上形成图案化的掩模层,以及在反应室中将掩模层和高折射率玻璃基板暴露于等离子体,以从基板表面的暴露部分去除期望量的高折射率玻璃。该去除留下具有期望图案的特征或结构。这些特征可以在高折射率玻璃基板的表面上形成例如诸如衍射光栅的光学元件。在一些实施例中,可以从基板的表面去除任何剩余的掩模材料层。

[0043] 优选地,高折射率玻璃基板具有约1.65或更高或者1.75或更高的折射率且具有低于约50wt %的 SiO_2 。在一些实施例中,基板中的超过50wt %由 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种形成。在一些实施例中,使用非常高频(VHF)的电感耦合等离子体(ICP)执行等离子体蚀刻。在一些实施例中,VHF功率在10-1500W的范围内,RF功率在10-500W的范围内。优选地,蚀刻工艺包括化学和物理蚀刻组分。在一些实施例中,蚀刻化学物质包括一种或多种含卤素化合物和一种或多种惰性气体。含卤素化合物的示例包括 CF_4 、 CHF_3 、 SF_6 、 O_2 、 Cl_2 、 BCl_3 和 HBr ,惰性气体的示例包括Ar、He和 N_2 。等离子体可以在-150-50°C范围内的温度下执行。

[0044] 在一些实施例中,可以在高折射率玻璃基板中蚀刻具有约10-500nm(包括约10-100nm)的临界尺寸的特征,并且该特征可以具有在约1:10至约10:1的范围内的纵横比。另外,蚀刻的特征可以具有基本上直的侧壁。在一些实施例中,这些特征可以用于各种应用中,例如在光学应用中,包括用作VR和AR显示系统的波导。例如,蚀刻的特征可以形成耦入光学元件、耦出光学元件或光分布元件。在一些实施例中,等离子体蚀刻工艺可用于将任意期望图案蚀刻到高折射率玻璃基板中,以用于期望的高分辨率图案化的其他应用。

[0045] 有利地,根据一些实施例的等离子体蚀刻工艺允许高分辨率图案化和蚀刻高折射率玻璃基板以直接在基板主体中形成特征。直接蚀刻基板的能力可以通过消除以下需要,即,单独形成包括这些特征的膜并将该膜附到基板的需要,来简化利用这些特征的器件的制造商。在一些实施例中,可以通过消除由单独附接膜形成的界面的存在来改善光学性能。

[0046] 在一些实施例中,用于图案化下伏的高折射率玻璃基板的蚀刻掩模可以用具有尺寸特性的蚀刻掩模特征来偏置,所述尺寸特性补偿用于将图案蚀刻到基板中的蚀刻的特性。例如,蚀刻掩模中的特征的尺寸可以比要被蚀刻到基板中的特征的期望尺寸大(例如,更宽和/或更高),从而补偿蚀刻掩模本身在蚀刻基板过程中的蚀刻,使得即使在蚀刻掩模本身的蚀刻的情况下,在基板中形成的特征也具有期望的尺寸。在一些实施例中,可以以大于基板中的特征的期望尺寸的尺寸图案化蚀刻掩模中的特征。在一些其他实施例中,可以通过沉积材料层来增大这些特征和/或通过使这些特征化学反应以增加其尺寸,来增加蚀刻掩模中的特征的尺寸。在一些实施例中,可以使用如本文所公开的基于等离子体的蚀刻来通过蚀刻掩模图案化基板。在一些其他实施例中,可以使用离子束铣削来图案化基板。有利地,偏置的蚀刻掩模促进高折射率玻璃基板的快速图案化,同时精确地形成期望尺寸的特征。

[0047] 现在将参考附图,其中贯穿全文,相同的附图标记始终表示相同的特征。

[0048] 示例显示系统

[0049] 图2示出了其中包含有蚀刻的高折射率玻璃基板的可穿戴显示系统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可以与框架64耦接,该框架可以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,显示器62可以被认为是眼镜(eyewear)。在一些实施例中,扬声器66被耦接到框架64并且位于用户60的耳道附近(另一扬声器(未示出)可以可选地位于用户的另一耳道附近以提供立体声/可塑形声音控制)。显示系统还可以包括一个或多个麦克风67或其它设备以检测声音。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、自然语言问题等的选择)和/或可以

允许与其它人(例如,与其它类似显示系统的用户)的音频通信。

[0050] 继续参考图2,显示器62通过通信链路68(诸如通过有线引线或无线连接)可操作地被耦接到本地数据处理和模块70,本地数据处理和模块70可以以各种配置安装,诸如被固定地附到框架64上、被固定地附到由用户佩戴的头盔或帽子上、被嵌入头戴耳机内、或者其它的可拆卸地附到用户(例如,以背包式配置、以带耦接式配置)。本地处理和数据模块70可以包括硬件处理器以及诸如非易失性存储器(例如,闪速存储器或硬盘驱动器)的数字存储器,这两者都可用于辅助处理、高速缓存和存储数据。该数据包括:a)从传感器(其例如可以可操作地耦接到框架64或者其它的可操作地附到用户60)捕捉的数据,所述传感器例如为图像捕捉设备(诸如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、罗盘、GPS单元、无线电设备、陀螺仪和/或本文公开的其他传感器;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),这些数据可以在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可以诸如经由有线或无线通信链路可操作地通过通信链路76、78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可用作本地处理和数据模块70的资源。在一些实施例中,本地处理和数据模块70可以包括图像捕捉设备、麦克风、惯性测量单元、加速度计、罗盘、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪中的一个或多个。在一些其它实施例中,这些传感器中的一个或多个可以附到框架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。

[0051] 继续参考图2,在一些实施例中,远程处理模块72可以包括一个或多个处理器,这些处理器被配置为分析和处理数据和/或图像信息。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而可用。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,这些远程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,在本地处理和数据模块中存储所有数据并且执行所有计算,从而允许从远程模块完全自主的使用。

[0052] 现在参考图3,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”或“3-D”。图3示出了用于为用户模拟三维图像的常规的显示系统。将两个不同图像5、7-用于每只眼睛4、6中的一个-输出给用户。图像5、7沿着与观看者的视线平行的光学轴或z轴与眼睛4、6隔开距离10。图像5、7是平坦的,并且眼睛4、6可以通过呈现单个适应(accommodate)状态而聚焦在图像上。这样的系统依赖于人类视觉系统来组合图像5、7以提供组合图像的深度感知和/或规模(scale)。

[0053] 然而,应当理解,人类视觉系统更复杂并且提供对深度的真实感知更具挑战性。例如,常规的“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能由于聚散和适应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(即,眼睛的旋转,使得瞳孔向着彼此或远离彼此移动以会聚眼睛的视线来注视对象的转动动作)与眼睛的晶状体和瞳孔的聚焦(或“适应”)紧密相关。在正常情况下,改变眼睛的晶状体的聚焦或使眼睛适应以改变从一个对象切换到位于不同距离处的另一对象时的聚焦,将会在被称为“适应-聚散度反射(accommodation-vergence reflex)”的关系以及瞳孔扩张或收缩下自动导致使聚散到相同的距离的匹配变

化。同样,在正常情况下,聚散度的变化将引发晶状体形状和瞳孔尺寸的适应的匹配变化。如本文所述,许多立体或“3-D”显示系统使用略微不同的呈现(并且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,因为除了其它的之外,这样的系统简单地提供场景的不同呈现,而且眼睛在单个适应状态下观看所有图像信息,以及违反“适应-聚散度反射”工作。提供适应与聚散度之间的更好匹配的显示系统可以形成更逼真和更舒适的三维图像模拟。

[0054] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的方面。继续参考图4,在z轴上距眼睛4、6的不同距离处的对象由眼睛4、6适应,以使得那些对象对焦(in focus)。眼睛(4和6)呈现特定的适应状态,以使沿着z轴的不同距离处的对象进入焦点。因此,可以说特定的适应状态与深度平面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对焦。在一些实施例中,可以通过为眼睛4、6中的每一者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,但应理解的是,例如,随着沿着z轴的距离增加,眼睛4、6的视场可以重叠。另外,虽然为了便于说明而示出为平坦的,但应理解的是,深度平面的外形可以在物理空间中是弯曲的,使得深度平面中的所有特征在特定的适应状态下与眼睛对焦。

[0055] 对象和眼睛4或6之间的距离也可以改变来自该物体的光的发散量,如该眼睛所看到的。图5A-5C示出了距离和光线发散之间的关系。对象与眼睛4之间的距离由距离减小的顺序R1、R2和R3表示。如图5A-5C所示,随着到对象的距离减小,光线变得更发散。随着距离的增加,光线变得更加准直。换句话说,可以说由点(物体或物体的一部分)产生的光场具有球面波前曲率,其是该点离用户眼睛有多远的函数。随着对象与眼睛4之间的距离减小,曲率增加。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眼睛4之间的距离的减小而增加。虽然为了清楚地说明在图5A-5C和本文的其它图中仅示出了单个眼睛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。

[0056] 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,从而有助于基于眼睛的适应和/或基于观察位于失焦的不同深度平面上的不同图像特征来为用户提供深度提示,所述眼睛的适应被需要来对位于不同深度平面上的场景的不同图像特征聚焦。

[0057] 图6示出了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,其中图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可以是图2的显示器62的一部分。应当理解,在一些实施例中,显示系统1000可以被认为光场显示器。

[0058] 继续参考图6,波导组件178可以还包括位于波导之间的多个特征198、196、194、192。在一些实施例中,特征198、196、194、192可以是一个或多个透镜。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可以用作波导的光源并且可以用于将图像信息注入到波导182、184、186、188、190中,如本文所述,其中的每个波导可以被配置为分配入射光穿过每个相应的波导,用于向眼睛4输出。光离开图像注入装置200、202、204、206、208的输出表面300、302、304、306、308并被注入到波导182、184、186、188、190的相应输入表面382、384、386、388、390。在一些实施例中,输入表面382、384、386、388、390中的每一个可以是相应波导的边缘,或者可以是相应波导的主表面的一部分(也就是,直接面向世界144或观看者眼睛4的波导表面中的一个或两个)。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场。在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208中的单个图像注入装置可以与波导182、184、186、188、190中的多个(例如,三个)相关联并将光注入到波导182、184、186、188、190中的多个(例如,三个)中。

[0059] 在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208是分立的显示器,每个显示器产生用于分别注入到相应波导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,光纤线缆)向图像注入装置200、202、204、206、208中的每一个图像注入装置用管输送图像信息。可以理解,由图像注入装置200、202、204、206、208提供的图像信息可以包括不同波长或颜色(例如,如本文所讨论的,不同的组分颜色)的光。

[0060] 在一些实施例中,注入到波导182、184、186、188、190中的光由包括光模块2040的光投影仪系统2000提供,光模块2040可包括诸如发光二极管(LED)的光发射器。来自光模块2040的光可以导向光调制器2030并且经由光束分束器2050通过光调制器2030(例如,空间光调制器)修改。光调制器2030可以被配置为改变注入到波导182、184、186、188、190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),其包括硅上的液晶(LCOS)显示器。

[0061] 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,该一个或多个扫描光纤被配置为以各种图案(例如,光栅扫描、螺旋扫描、利萨如(Lissajous)图案等)将光投射到一个或多个波导182、184、186、188、190中并且最终到观看者的眼睛4中。在一些实施例中,所示图像注入装置200、202、204、206、208可示意性地表示被配置为将光注入到一个或多个波导182、184、186、188、190中的单个扫描光纤或一束扫描光纤。在一些其他实施例中,所示图像注入装置200、202、204、206、208可以示意性地表示多个扫描光纤或多个扫描光纤束,多个扫描光纤或多个扫描光纤束中的每一个被配置为将光注入到波导182、184、186、188、190中的相关联的波导中。应当理解,一个或多个光纤可以被配置为将来自光模块2040的光传输到一个或多个波导182、184、186、188、190中。应当理解,可以在扫描光纤或光纤与一个或多个波导182、184、186、188、190之间提供一个或多个中间光学结构,以例如将从扫描光纤射出的光重定向到一个或多个波导182、184、186、188、190中。

[0062] 控制器210控制堆叠波导组件178中的一个或多个的操作,包括图像注入装置200、202、204、206、208、光源209a和光调制器209b的操作。在一些实施例中,控制器210是本地数

据处理模块70的一部分。控制器210包括编程(例如,非暂时性介质中的指令),例如,根据本文公开的任何各种方案,该编程调节图像信息到波导182、184、186、188、190的定时和提供。在一些实施例中,控制器可以是单个整体装置,或者是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1)的部分。

[0063] 继续参考图6,波导182、184、186、188、190可以被配置为通过全内反射(TIR)在每个相应的波导内传播光。波导182、184、186、188、190可以各自是平面的或具有其它形状(例如,曲面的),其具有顶部主表面和底部主表面以及在这些顶部主表面与底部主表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导182、184、186、188、190可以各自包括耦出(outcoupling)光学元件282、284、286、288、290,这些耦出光学元件被配置为通过将每一个相应波导内传播的光重定向到波导外而将光提取到波导外,以向眼睛4输出图像信息。所提取的光也可以被称为耦出光,并且耦出光学元件光也可以被称为光提取光学元件。所提取的光束在波导中传播的光照射到光提取光学元件的位置处被波导输出。耦出光学元件282、284、286、288、290可以例如包括衍射光学特征的光栅,如本文进一步讨论的。虽然为了便于描述和清晰绘图起见而将其图示为设置在波导182、184、186、188、190的底部主表面处,但是在一些实施例中,耦出光学元件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,如本文进一步讨论的。在一些实施例中,耦出光学元件282、284、286、288、290可以形成在被附接到透明基板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,并且耦出光学元件282、284、286、288、290可以形成在该片材料的表面上和/或该片材料的内部中。

[0064] 继续参考图6,如本文所讨论的,每个波导182、184、186、188、190被配置为输出光以形成与特定深度平面对应的图像。例如,最接近眼睛的波导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可以被配置为将穿过第一透镜192(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192可以被配置为产生轻微凸面的波前曲率,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限远处更靠近向内朝向眼睛4。类似地,第三上行波导186使其输出光在到达眼睛4之前穿过第一透镜192和第二透镜194;第一透镜192和第二透镜194的组合光焦度(optical power)可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。

[0065] 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所有透镜发送其输出,用于代表最靠近人的焦平面的聚合焦度(aggregate focal power)。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。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面可以是静态的(即,不是动态的或电话性的)。在一些替代实施例中,两者之一或两者都可以是使用电话性特征而动态的。

[0066] 在一些实施例中,波导182、184、186、188、190中的两个或更多个可具有相同的相关联的深度平面。例如,多个波导182、184、186、188、190可以被配置为输出设置到相同深度

平面的图像,或者波导182、184、186、188、190的多个子集可以被配置为输出设置到相同的多个深度平面的图像,每个深度平面有一组。这可以为形成平铺图像提供优势,以在那些深度平面处提供扩展的视场。

[0067] 继续参考图6,耦出光学元件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282、284、286、288、290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,光提取光学元件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,用于形成空气间隙的包覆层和/或结构)。

[0068] 在一些实施例中,耦出光学元件282、284、286、288、290是形成衍射图案的衍射特征,或者说“衍射光学元件”(在此也称为“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。

[0069] 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)。

[0070] 在一些实施例中,可提供相机组件500(例如,数码相机,包括可见光和红外光相机)以捕捉眼睛4和/或眼睛4周围的组织的图像,以例如检测用户输入。如本文所使用的,相机可以是任何图像捕捉装置。在一些实施例中,相机组件500可以包括图像捕捉装置和光源,以将光(例如,红外光)投射到眼睛,然后该光可以由眼睛反射并由图像捕捉装置检测。在一些实施例中,相机组件500可以附接到框架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。在一些实施例中,可以为每只眼睛使用一个相机组件500,以分别监视每只眼睛。

[0071] 现在参考图7,示出了由波导输出的出射光束的示例。示出了一个波导,但是应该理解,波导组件178(图6)中的其它波导可以类似地起作用,其中波导组件178包括多个波导。光400在波导182的输入表面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入射(impinge)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,但是如本文所讨论的,依赖于与波导182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适应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。

[0072] 在一些实施例中,可以通过叠加每个分量颜色(例如,三种或更多种分量颜色)的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。所示实施例示出了深度平面14a-14f,但也可以考虑更多或更少的深度。每个深度平面可以具有与其相关联的三个分量彩色图像:第一种颜色的第一图像G;第二种颜色的第二图像R;以及第三种颜色的第三图像B。对于字母G、R和B之后的屈光度(dpt),在图中用不同的数字表示不同的深度平面。作为示例,这些字母的每一个后面的数字表示屈光度(1/m)、或者深度平面与观看者的反距离,并且图中的每个框表示单独的分量彩色图像。在一些实施例中,为了解决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改变。例如,给定深度平面的不同分量颜色图像可以放置在与用户的不同距离对应的深度平面上。这样的布置可以增加视觉敏度和用户舒适度。

[0073] 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。虽然为了便于描述,在该图中示出了与每个深度平面相关联的波导彼此相邻,但是应当理解,在物理装置中,波导可以全部布置成每层具有一个波导的堆叠。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。

[0074] 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相关联的其他颜色(包括品红色和青色),或者可以替换红色、绿色或蓝色中的一种或多种。

[0075] 应当理解,贯穿本公开内容对给定颜色的光的参考将被理解为包括在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,以及蓝光可以包括在约435-493nm的范围内的一个或多个波长的光。

[0076] 现在参考图9A,在一些实施例中,可能需要将入射到波导上的光重定向以将该光耦合入到波导中。可以使用耦合入光学元件将光重定向并且将光耦合入到其相应的波导中。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,每个堆叠波导包括耦合入光学元件。每个波导可以被配置为输出一个或多个不同波长的光、或者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178(图6),并且所出的堆叠的波导1200可以对应于多个波导182、184、186、188、190的一部分,除了来自图像注入装置200、202、204、206、208中的一个或多个光从需要光被重定向以进行耦合入的位置注入到波导中。

[0077] 所示的堆叠波导组1200包括波导1210、1220和1230。每个波导包括相关联的耦合入光学元件(其也可以被称为波导上的光输入区域),例如,设置在波导1210的主表面(例如,上主表面)上的耦合入光学元件1212、设置在波导1220的主表面(例如,上主表面)上的耦合入光学元件1222、以及设置在波导1230的主表面(例如,上主表面)上的耦合入光学元件1232。在一些实施例中,耦合入光学元件1212、1222、1232中的一个或多个可以设置在相应的波导1210、1220、1230的底部主表面上(特别是在一个或多个耦合入光学元件是反射的、偏转光学元件的

情况下)。如所示出的,耦入光学元件1212、1222、1232可以设置在它们相应的波导1210、1220、1230的上主表面上(或下一个下波导的顶部),特别是在那些耦入光学元件是透射的、偏转的光学元件情况下。在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、1232可以设置在相应波导1210、1220、1230的主体中。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。虽然在它们相应的波导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可以设置在它们相应的波导1210、1220、1230的其他区域中。

[0078] 如所示出的,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偏移,使得它接收光而光不通过另一耦入光学元件。例如,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1213、1223、1233接收光并且可以与其他耦入光学元件1212、1222、1232分离(例如,横向间隔开),使得它基本上不接收来自其他耦入光学元件1212、1222、1232的光。

[0079] 每个波导还包括相关联的光分布(distribute)元件,例如,设置在波导1210的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1214、设置在波导1220的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1224以及设置在波导1230的主表面(例如,顶部主表面)上的光分布元件1234。在一些其他实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在相关联的波导1210、1220、1230的底部主表面上。在一些其他实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在相关联的波导1210、1220、1230的顶部和底部主表面上;或者光分布元件1214、1224、1234可以分别设置在不同的相关联的波导1210、1220、1230的顶部和底部主表面中的不同的主表面上。

[0080] 波导1210、1220、1230可以由例如气体、液体和/或固体材料层间隔开并分离。例如,如所示出的,层1218a可以分离波导1210和1220;以及层1218b可以分离波导1220和1230。在一些实施例中,层1218a和1218b由低折射率材料(也就是,具有比形成波导1210、1220、1230中的紧邻的波导的材料的折射率低的材料)形成。优选地,形成层1218a、1218b的材料的折射率比形成波导1210、1220、1230的材料的折射率小0.05或更多、或0.10或更少。有利地,低折射率层1218a、1218b可以用作促进通过波导1210、1220、1230的光的全内反射(TIR)(例如,每个波导的顶部和底部主表面之间的TIR)的包覆(clad)层。在一些实施例中,层1218a、1218b由空气形成。尽管未示出,但应理解,所示波导组1200的顶部和底部可包括紧邻的包覆层。

[0081] 优选地,为了便于制造和其他的考虑,形成波导1210、1220、1230的材料类似或相同,以及形成层1218a、1218b的材料类似或相同。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,以及和/或者形成层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。

[0082] 继续参考图9A,光线1240、1242、1244入射到波导组1200上。应当理解,光线1240、1242、1244可以通过一个或多个图像注入装置200、202、204、206、208(图6)注入到波导1210、1220、1230中。

[0083] 在一些实施例中,光线1240、1242、1244具有不同的属性,例如,不同的波长或不同的波长范围,其可以对应于不同的颜色。耦入光学元件1212、122、1232各自使入射光偏转,

使得光通过TIR传播通过波导1210、1220、1230中的相应一个波导。在一些实施例中,耦入光学元件1212、122、1232每个选择性地偏转一个或多个特定波长的光,同时将其其他波长传输到下面的波导和相关联的耦入光学元件。

[0084] 例如,耦入光学元件1212可以被配置为偏转具有第一波长或波长范围的光线1240,同时分别传输具有不同的第二和第三波长或波长范围的光线1242和1244。然后,传输的光线1242入射耦入光学元件1222并被耦入光学元件1222偏转,该耦入光学元件1222被配置为选择性地偏转具有第二波长或波长范围的光。光线1244通过耦入光学元件1222传输并继续照射在耦入光学元件1232上且被其偏转,该耦入光学元件1232被配置为选择性地偏转具有第三波长或波长范围的光。

[0085] 继续参考图9A,偏转的光线1240、1242、1244被偏转,使得它们传播通过相应的波导1210、1220、1230;也就是,每个波导的耦入光学元件1212、1222、1232将光偏转到相应的波导1210、1220、1230中,以将光耦入到相应的波导中。光线1240、1242、1244以一定角度偏转,该角度使光经由TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230。光线1240、1242、1244经由TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230,直到入射波导的相应的光分布元件1214、1224、1234。

[0086] 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,耦入光线1240、1242、1244分别被耦入光学元件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分别入射光分布元件1214、1224、1234。光分布元件1214、1224、1234使光线1240、1242、1244偏转,使得它们分别朝向耦出光学元件1250、1252、1254传播。

[0087] 在一些实施例中,光分布元件1214、1224、1234是正交瞳孔扩展器(OPE)。在一些实施例中,OPE将光偏转或分布至耦出光学元件1250、1252、1254,并且还在该光传播到耦出光学元件时增加该光的光束或光点尺寸。在一些实施例中,例如,在光束尺寸已经具有期望尺寸的情况下,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至耦出光学元件1250、1252、1254。例如,参考图9A,光分布元件1214、1224、1234可以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),其引导观看者眼睛4中的光(图7)。

[0088] 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;以及用于每种分量颜色的耦出光学元件(例如,EP)1250、1252、1254。波导1210、1220、1230可以堆叠,其中每个之间存在的空气隙/包覆层。耦入光学元件1212、1222、1232将入射光(采用接收不同波长的光的不同的耦入光学元件)重定向或偏转到其波导中。然后光以一定角度传播,这将导致相应波导1210、1220、1230内的TIR。在所示的示例中,光线1240(例如,蓝光)被第一耦入光学元件1212偏转,然后继续跳到波导,以前面描述的方式与光分布元件(例如,OPE)1214相互作用,然后与耦出光学元件(例如,EPs)1250相互作用。光线1242和1244(例如,分别为绿光和红光)将穿过波导1210,其中光线1242入射耦入光学元件1222并被耦入光学元件1222偏转。光线1242然后经由TIR跳到波导1220,继续进行到达其的光分布元件(例如,OPE)1224然后到达耦出光学元件(例如,EP)1252。最后,光线1244(例如,红光)穿过波导1220以入射波

导1230的光耦入光学元件1232。光耦入光学元件1232偏转光线1244,使得光线通过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他波导1210、1220的耦出光。

[0089] 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。如所示出的,波导1210、1220、1230以及与每个波导相关联的光分布元件1214、1224、1234和相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非重叠的(例如,如在俯视图所见,横向间隔开)。如本文进一步讨论的,该非重叠空间布置有助于将来自不同源的光一对一地注入到不同波导中,从而允许特定光源唯一地耦接到特定波导。在一些实施例中,包括非重叠的空间分离的耦入光学元件的布置可以被称为移位的瞳孔系统,并且这些布置内的耦入光学元件可以对应于子瞳孔。

[0090] 用于高折射率玻璃的示例蚀刻

[0091] 在一些实施例中,可以在高折射率玻璃基板中直接蚀刻微尺度和纳米级特征,例如如本文所讨论的各种衍射光学元件。例如,玻璃基板可以用作波导,并且等离子体蚀刻工艺可以用于直接在基板中形成图9A-9C中的耦入光学元件1212、1222、1232、光分布元件1214、1224、1234和/或耦出光学元件1250、1252、1254。

[0092] 形成基板的高折射率玻璃可具有相对低浓度的二氧化硅(SiO_2),例如小于50重量百分比(wt%)的 SiO_2 。另外,这些高折射率玻璃可包括50wt%或更多的一种或多种金属氧化物,例如 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 。在一些实施例中,玻璃可包括这些金属氧化物的组合。

[0093] 在提供高折射率的同时,少量的 SiO_2 和大量的其他金属氧化物可能妨碍使用这些玻璃形成的基板的有效蚀刻。例如,由这种组分氧化物的组合形成的玻璃可能特别难以蚀刻。即使已经针对组分氧化物开发了特定的蚀刻配方,但是由于 SiO_2 的浓度相对较低以及形成玻璃的组成成分氧化物之间的蚀刻速率不同,这些蚀刻配方对于高折射率玻璃可能是无效的。

[0094] 此外,常规的蚀刻工艺表现出各种缺陷。例如,湿法化学蚀刻通常限于微米量级的图案化分辨率并且是各向同性的,其可能不形成直的侧壁。或者,可以使用离子铣削从高折射率玻璃基板无选择地去除材料;然而,该工艺严重限制了可达到的分辨率和图案化特征的纵横比。离子铣削可以简单地通过用高能粒子轰击表面来去除材料,所述高能粒子物理地溅射掉该表面上的材料。离子铣削需要硬掩模,但也会腐蚀硬掩模,使得该工艺可能无法持续足够时间维持掩模以形成高纵横比特征。

[0095] 根据一些实施例,如本文所讨论的,已经开发了等离子体蚀刻工艺以在高折射率玻璃基板中形成特征。可以通过使用等离子体蚀刻工艺将图案从掩模层转移到掩模层下方的高折射率玻璃基板来形成特征。等离子体蚀刻工艺可以是各向异性的或定向的,并且可以相对于掩模层对玻璃基板具有高选择性。由等离子体蚀刻工艺产生的特征可具有基本垂直的侧壁。在一些实施例中,等离子体蚀刻工艺可能不是对能够形成高折射率玻璃基板的全部氧化物具有选择性。在一些实施例中,等离子体蚀刻工艺可以包括用于蚀刻高折射率玻璃的化学和物理机制,其中物理机制允许去除化学机制在去除中可能不是非常有效的氧

化物物种。不受理论的限制,至少一些基板材料的化学蚀刻可能破坏暴露的基板的物理完整性,从而允许物理机制以比没有化学蚀刻时发生的选择性高的选择性去除暴露的材料。因此,即使在高折射率玻璃包括复杂的氧化物混合物的情况下,也可以通过等离子体蚀刻工艺将高分辨率图案转移到高折射率玻璃基板。

[0096] 在一些实施例中,可以通过选择性地将基板表面的一些区域暴露于反应物种来图案化基板。也就是说,可以蚀刻基板的一些区域,而可以不蚀刻其他区域以在其中形成特征。例如,抗蚀刻的图案化掩模材料或掩模层可以覆盖基板,使得位于掩模层下面的区域不被蚀刻,而未被保护或被掩模层暴露的区域被蚀刻。然后可以去除掩模层以在基板的表面上留下蚀刻的特征。

[0097] 如本文所讨论的,等离子体蚀刻工艺可以是各向异性或基本上各向异性的蚀刻工艺。各向异性蚀刻的方向性有利地允许形成基本上直的侧壁。在蚀刻剂物种在垂直于基板的方向上引导至基板的情况下,蚀刻工艺可以在基板中限定具有基本垂直侧壁的特征。在一些实施例中,可以通过以不垂直于基板的角度将蚀刻剂物种引导至基板来形成直的角度(非垂直的)侧壁。

[0098] 在一些实施例中,等离子体蚀刻工艺可以以基本相似的速率蚀刻包括高折射率玻璃的两种或更多种氧化物。在一些实施例中,对于 SiO_2 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的任何两种或更多种,蚀刻速率可以基本相似。

[0099] 应当理解,术语“高折射率”在本文中用于指代具有大于或等于1.65的折射率的材料,优选光学透射材料,例如玻璃。在一些实施例中,高折射率玻璃可具有1.65或更大、1.7或更大、1.75或更大、或者1.8或更大的折射率。在一些实施例中,折射率可以如上所述并且还小于4、小于3或小于2.5。在一些其他实施例中,本文所述的蚀刻工艺可以应用于蚀刻具有低于1.65的折射率的基板。

[0100] 在一些实施例中,高折射率玻璃包括小于约50重量百分比(wt%)的 SiO_2 。在一些实施例中,高折射率玻璃可包括小于约30wt%的 SiO_2 、小于约25wt%的 SiO_2 、或小于约20wt%的 SiO_2 。在一些实施例中,高折射率玻璃的其余部分可包括至少一种金属氧化物,包含多种金属氧化物;也就是说,高折射率玻璃可包括大于约50wt%的一种或多种金属氧化物,该金属氧化物例如 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 。在一些实施例中,高折射率玻璃可包括至多约30wt%的任何一种金属氧化物。

[0101] 根据某些实施例,高折射率玻璃可包括 SiO_2 、 B_2O_3 、 TiO_2 、 La_2O_3 、 ZrO_2 、 Nb_2O_5 、 CaO 和 Li_2O 。例如,高折射率玻璃可包括约20wt%至约30wt%的 SiO_2 、约0wt%至5wt%的 B_2O_3 、约5wt%至10wt%的 TiO_2 、约20wt%至25wt%的 La_2O_3 、约5wt%至10wt% ZrO_2 、约10wt%至15wt%的 Nb_2O_5 、约15wt%至20wt%的 CaO 和约0wt%至5wt%的 Li_2O 。

[0102] 根据一些实施例,所述等离子体蚀刻工艺可用于形成具有在约10nm至约10 μm 范围内的临界尺寸的特征。如本文所用,临界尺寸是指在基板中形成的特征的最小尺寸,如俯视图所示。例如,由相同的狭长特征形成的光栅的临界尺寸是特征中的一者的宽度,如俯视图所示。在一些实施例中,在高折射率玻璃基板中形成的特征的临界尺寸可以在约10nm至约500nm的范围内,包括约10nm至约100nm、或约100nm至约500nm。在一些实施例中,由等离子

体蚀刻工艺形成的特征包括基本垂直的侧壁。在一些实施例中,通过等离子体蚀刻工艺形成的特征(例如侧壁)与基板的水平表面之间形成的角度可以大于75°、大于80°或大于85°。

[0103] 在一些实施例中,等离子体蚀刻工艺可以形成具有在约1:10至约10:1、约1:10至约3:1、或约3:1至约10:1的纵横比的特征。应当理解,纵横比是特征的宽度与特征的高度的比。

[0104] 现在参考图10,其示出了根据一些实施例的等离子体蚀刻工艺的示例的工艺流程图。在框1001处,提供包括如本文所述的高折射率玻璃的基板。在框1002处,在高折射率玻璃基板上提供包括开口图案的掩模层,使得高折射率玻璃基板的至少一部分通过掩模层而暴露。在一些实施例中,掩模层可包括例如具有期望图案(例如二元光栅图案)的聚合物光致抗蚀剂层或硬掩模。在一些实施例中,可以组合框1001和1002。例如,蚀刻工艺可以从蚀刻室中的高折射率玻璃基板开始,其中基板具有上覆的图案化掩模层。

[0105] 在框1003处,在反应室中将高折射率玻璃基板和掩模层暴露于等离子体,直到从高折射率玻璃基板的被掩模层中的开口暴露的一部分或多个部分去除了期望量的高折射率玻璃,从而在高折射率玻璃基板中形成期望图案。优选地,如本文所讨论的,等离子体包括化学和物理蚀刻物种。在框1004处,可以去除残留在高折射率玻璃基板之上的任何掩模层。例如,可以通过使剩余的掩模层与溶解该层的溶剂接触或使用灰化工艺来完成这种去除。

[0106] 在一些实施例中,可以通过光刻技术在框1002处图案化掩模层。例如,掩模层可以通过紫外光刻、纳米压印、电子束光刻或其他技术而被图案化,以去除位于掩模层的选定区域处的材料以形成暴露下伏的玻璃基板的开口。

[0107] 在一些实施例中,掩模层可包括聚合物,例如诸如光致抗蚀剂材料的聚合物抗蚀剂材料。在一些实施例中,掩模层可以是硬掩模层。在一些实施例中,硬掩模层可包括诸如镍的金属或无定形碳。

[0108] 在一些实施例中,掩模层可提供约0.1至约10的蚀刻选择比。如本文所用,蚀刻选择比是指高折射率玻璃基板的蚀刻速率相对于掩模层的蚀刻速率的比。在一些实施例中,掩模层可具有大于约0.5、大于约1、大于约2、或大于约5、至多约10的蚀刻选择比。可基于通过随后暴露于蚀刻剂物种形成的特征的深度来选择掩模层的厚度。例如,考虑到蚀刻剂物种和蚀刻条件提供的选择性,可以选择足够厚的厚度,使得掩模层不会被随后暴露于蚀刻剂物种而磨损。在一些实施例中,掩模层中的特征的临界尺寸或宽度也可以比要使用这些质量特征图案化的基板特征的期望尺寸足够大,以补偿由蚀刻剂物种蚀刻引起的宽度的减小。在一些实施例中,掩模层中的特征可以通过首先图案化掩模层然后通过在这些特征之上保形地沉积(例如,通过CVD或ALD)附加的掩模材料层来增大尺寸,而被形成足够大的尺寸。附加的保形掩模材料层可以由与下伏的图案化掩模层相同或不同的材料形成。

[0109] 在一些实施例中,图案化的掩模层可以位于高折射率玻璃基板上。掩模层可包括形成在高折射率玻璃表面上的多个基本平行的线。在一些实施例中,线可具有约100nm的厚度和约135nm的基底宽度。应当理解,掩模层可以被图案化以具有除线之外的形状。例如,在一些实施例中,掩模层图案可以包括任何图案、形状或设计,并且可以具有约10-500nm的临界尺寸。

[0110] 在一些实施例中,掩模层图案可包括对应于光学元件的图案,该光学元件例如衍

射光栅或DOE。在一些实施例中,掩模层图案可包括二元衍射光栅。如本文所讨论的,在一些实施例中,掩模层图案可包括例如如图9A-9C所示的耦合入光学元件、耦合出光学元件或光分布元件。

[0111] 具有上覆掩模层的高折射率玻璃基板可以设置在具有等离子体反应器的等离子体蚀刻室中,然后在框1003处将其暴露于等离子体。在反应室中设置基板可以包括将基板装载到等离子体反应室中。在一些实施例中,可以在反应室中产生等离子体,即原位产生。在一些实施例中,可以在反应室的上游的第二不同室(例如远程等离子体发生器)中产生等离子体,并将其提供给容纳高折射率玻璃基板的反应室。在一些实施例中,等离子体反应器可以是电感耦合等离子体(ICP)反应器。在一些实施例中,等离子体反应器可以是双频ICP反应器。

[0112] 在框1003处暴露于高折射率玻璃基板和掩模层的等离子体可以是在等离子体反应器中用源气体产生的等离子体。因此,在一些实施例中,等离子体可包括由源气体形成的离子、自由基、原子和/或其他高能反应性物种。在一些实施例中,在框1003处的等离子体暴露期间,源气体可以连续地流入等离子体蚀刻室。

[0113] 源气体可包括一种或多种气体。在一些实施例中,源气体可包括惰性气体以及用于形成化学反应性物种的以下中的一种或多种: O_2 、 N_2 、 H_2 和卤化物气体,其中惰性气体例如He、Ne、Ar、Kr或Xe,卤化物气体例如 XeF_2 、 C_2F_6 、 CF_4 、 CHF_3 、 CF_3Cl 、 SF_6 、 Cl_2 、 BCl_3 和HBr。在一些实施例中,源气体可以流入等离子体蚀刻室并且可以在等离子体蚀刻室中点燃或产生等离子体之前接触高折射率玻璃基板。

[0114] 作为示例,源气体可包括 SF_6 和Ar。在一些其他示例中,源气体可包括 CHF_3 和Ar。在其他示例中,源气体可包括 CHF_3 、 CF_4 和Ar。源气体组合物的其他示例可包括 BCl_3 和HBr。在其他示例中,源气体可包括 BCl_3 、HBr和Ar。在一些实施例中,源气体可包括Ar和至少一种其他卤化物气体。

[0115] 在一些实施例中,将基板暴露于等离子体可包括将基板暴露于由惰性气体(例如He、Ne、Ar、Kr或Xe)产生的等离子体激发物种。例如,等离子体激发物种可以是自由基、离子、等离子体的形式或者可以是元素形式。在一些实施例中,等离子体可包括 SF_6 自由基、 SF_6 分子和/或 SF_6 等离子体。在一些实施例中,等离子体可包括HBr自由基、HBr分子和/或HBr等离子体。在一些实施例中,等离子体可包括 BCl_3 自由基、 BCl_3 分子和/或 BCl_3 等离子体。在一些实施例中,等离子体可包括 CHF_3 自由基、 CHF_3 分子和/或 CHF_3 等离子体。在一些其他实施例中,等离子体可包括 CF_4 自由基、 CF_4 分子和/或 CF_4 等离子体。

[0116] 在一些实施例中,源气体进入等离子体蚀刻室的总流速可以在小于约1sccm至约100sccm或约25sccm至约75sccm的范围内。在一些实施例中,源气体的任何一种组分气体的流速可以在约1sccm至约100sccm的范围内。作为示例,在源气体包括 SF_6 和Ar的情况下, SF_6 的流速可以在约1sccm至约100sccm的范围内,优选约50sccm,以及Ar的流速可以在约1sccm至约100sccm的范围内,优选约50sccm。

[0117] 在框1003处,在反应室中将高折射率玻璃基板和掩模层的表面暴露于等离子体,直到从高折射率玻璃基板的被图案化的掩模层暴露的一部分或多个部分去除了期望量的高折射率玻璃。材料的去除将形成掩模层的图案或结构转移到高折射率玻璃基板中。在框1003处将高折射率玻璃基板和掩模层暴露于等离子体的持续时间可由技术人员根据要从

高折射率玻璃基板去除的材料的期望的量而容易地确定。例如,高折射率玻璃基板和掩模层可以暴露于等离子体的持续时间范围为小于1秒至约1分钟或者约5秒至约30秒。在一些实施例中,依赖于要去除的高折射率玻璃材料的期望的量和掩模层的厚度和组成,可以使用大于约1分钟的等离子体暴露时间。

[0118] 在一些实施例中,可以通过等离子体去除掩模层材料。因此,在一些实施例中,等离子体暴露持续时间可能受到掩模层和/或掩模层材料的厚度的限制。例如,等离子体暴露持续时间可以足够短,使得不形成延伸掩模层厚度的洞。

[0119] 不希望受理论束缚,如本文所讨论的,根据一些实施例的等离子体可通过物理蚀刻机制和化学蚀刻机制从高折射率玻璃基板去除材料。在一些实施例中,源气体可以包括在其中产生等离子体时可以通过物理机制蚀刻基板的气体(例如,Ar、He或N₂)和在其中产生等离子体时可以通过化学机制蚀刻基板的气体(例如,CF₄、CHF₃、SF₆、O₂、Cl₂、BCl₃、HBr和/或其他卤化物气体)。

[0120] 可以通过向源气体施加RF功率来产生等离子体。RF功率可以施加到在框1003处的等离子体暴露期间流动的和/或流过远程等离子体发生器的源气体。在一些实施例中,施加到源气体的RF功率在约10W至约500W、约100W至约200W、约200W至约500W或约10W至约100W的范围内。

[0121] 在一些实施例中,在ICP反应器中产生等离子体的情况下,可以在反应室中将第一ICP功率施加到源气体以产生等离子体并且可以将第二RF功率施加到源气体和/或等离子体而在反应室中产生定向电场,以便例如通过将蚀刻剂物种以直线引导到基板上促进各向异性蚀刻。在一些实施例中,ICP功率可以在约10W至约2500W的范围内。在一些实施例中,RF功率可以在约10W至约500W、约100W至约200W、约200W至约500W或约10W至约100W的范围内。

[0122] 在一些实施例中,例如在使用双频ICP反应来产生等离子体的情况下,在反应室中将第一VHF功率施加到源气体并且将第二RF功率施加到源气体和/或等离子体以在反应室中产生定向电场。在一些实施例中,施加到源气体的VHF功率可以在约10W到约2500W的范围内。在一些实施例中,RF功率可以在约10W到约500W、约100W到约200W、约200W至约500W或约10W至约100W的范围内。

[0123] 根据一些实施例,可以利用具有约1Torr至约0.1mTorr的压力的等离子体蚀刻室产生等离子体。更具体地,在一些实施例中,反应室压力可以在约5mTorr至约20mTorr或约20mTorr至约100mTorr的范围内。不受理论束缚,据信与其他典型的等离子体蚀刻工艺相比,相对低的反应室压力可降低任何化学蚀刻机制各向同性地蚀刻基板的部分的倾向。在一些实施例中,相对低的压力,例如,约20mTorr至约100mTorr的反应室压力,可以促进具有基本垂直侧壁的特征的形成。

[0124] 在一些实施例中,可以在约-150℃至约50℃的范围内的温度下产生等离子体。在一些实施例中,可以在约-120℃至约-100℃、约-100℃至约0℃、约0℃至约20℃以及约20℃至约50℃的范围内的温度下产生等离子体。

[0125] 现在参考图11A-11C,在一些实施例中,可以偏置蚀刻掩模以促进在高折射率玻璃基板中形成期望尺寸的特征。有利地,可以在使用常规定向蚀刻(例如,离子束铣削)和/或本文公开的等离子体蚀刻工艺的下伏玻璃基板的图案化中使用蚀刻掩模。

[0126] 图11A示出了具有上覆的蚀刻掩模1012的玻璃基板1010的示例的横截面侧视图。玻璃基板1010可以由本文公开的任何高折射率玻璃材料形成。例如,形成玻璃基板1010的材料可具有约1.65或更高或者1.75或更高的折射率并且具有低于约50wt %的 SiO_2 。在一些实施例中,基板中的超过50wt %由 B_2O_3 、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 Li_2O 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 CaO 、 SrO 、 BaO 、 ZnO 、 La_2O_3 、 Nb_2O_5 、 TiO_2 、 HfO 和 Sb_2O_3 中的一种或多种形成。

[0127] 继续参考图11A,蚀刻掩模1012可以由聚合物(例如,碳基聚合物)、铬、氧化硅(SiO_2)或对于图案化基板1010具有足够稳定性和抗蚀刻性的其他材料形成。在一些实施例中,聚合物可以形成抗蚀剂,例如光致抗蚀剂或压印抗蚀剂。在一些实施例中,可以通过喷射沉积来沉积抗蚀剂。如图所示,蚀刻掩模包括由多个间隔开的特征1013形成的图案,其将用于保护下伏的基板1010的部分免受蚀刻,以限定该基板1010中的特征。

[0128] 在抗蚀剂是光致抗蚀剂的一些实施例中,可以经由通过掩模版(reticle)而暴露于光来图案化蚀刻掩模1012。在抗蚀剂是压印抗蚀剂的一些实施例中,可以通过与压印掩模版接触并且使用压印掩模版压印来图案化蚀刻掩模1012。在一些其他实施例中,蚀刻掩模1012本身可以被蚀刻以限定蚀刻掩模中的特征的图案。例如,可以在材料层(例如,铬、氧化硅等)之上提供抗蚀剂(未示出)以压印形成蚀刻掩模1012。可以例如通过光刻或压印图案化抗蚀剂,然后将抗蚀剂中的图案转移到用于形成蚀刻掩模1012的材料层,并且可以去除上覆的抗蚀剂,从而留下蚀刻掩模1012。

[0129] 现在参考图11B,示出了经历定向蚀刻的图11A的结构的示例的横截面侧视图。如图所示,蚀刻掩模1012可以具有多个特征1013,该特征具有1013w的临界尺寸。应当理解,临界尺寸1013w可以是特征1013的宽度,其可以沿着页面外的长度轴伸长。优选地,临界尺寸1013w大于使用蚀刻掩模特征1013要在下伏的基板1010中蚀刻的对应特征1014的临界尺寸1014w。在一些实施例中,可以通过以下方式选择临界尺寸1013w:识别要在高折射率玻璃基板1010中形成的第一特征(例如,特征1016(图11C))的期望尺寸特性;识别用于在高折射率玻璃基板中形成至少第一特征的蚀刻工艺1015的蚀刻特性;以及基于所识别的蚀刻特性,确定要在高折射率玻璃基板上形成的图案化层(例如,蚀刻掩模1012)的第二特征(例如,特征1013)的偏置尺寸特性。例如,临界尺寸1013w可以被偏置为足够大于临界尺寸1014w,以通过关于蚀刻基板1010选择的特定蚀刻来补偿蚀刻掩模1012的蚀刻。优选地,特征1013的尺寸足够大,使得即使在通过蚀刻工艺1015蚀刻时,掩模特征1013具有在高折射率玻璃基板1010中形成期望尺寸的开口的尺寸。此外,特征1013的高度优选地也被偏置以补偿用于通过蚀刻在特征1013顶部的材料的去除。

[0130] 如图所示,可以通过将基板暴露于通过蚀刻掩模1012中的开口的定向蚀刻来蚀刻基板1010。应当理解,在蚀刻掩模1012不具有开口但具有厚度小于特征1013的区域的情况下,通过蚀刻去除较低厚度的区域,以随后留下使基板1010的部分暴露于蚀刻的开口。定向蚀刻1015可以包括与基板1010接触以从该基板去除材料的各种粒子。在一些实施例中,定向蚀刻包括离子束铣削。有利地,在一些实施例中,定向蚀刻可以在约20秒或更短的时间内形成具有约50nm或更大深度的开口。在一些实施例中,定向蚀刻可以在约10秒或更短的时间内形成具有约50nm或更大深度的开口。

[0131] 图11C示出了在蚀刻玻璃基板1010并去除上覆的蚀刻掩模1012(图11A到11B)之后的图11B的结构的示例的横截面侧视图。在一些实施例中,可以使用为形成蚀刻掩模的材料

而选择的灰化工艺和/或湿蚀刻来去除蚀刻掩模1012。蚀刻的基板1010包括由蚀刻1015限定的多个特征1016。这些特征具有1016w的临界尺寸,其可以基本上等于期望的临界尺寸1014w(图11B)。

[0132] 如本文所讨论的,在一些实施例中,基板1010可以用作波导,并且特征1016可以是在波导的表面中限定的光学元件。例如,特征1016可以形成图9A-9C的耦合光学元件1212、1222、1232,光分布元件1214、1224、1234和/或耦合光学元件1250、1252、1254的部分。

[0133] 如上文关于图11A-11B所述,特征1013可以被偏置为具有大于特征1016的期望尺寸的尺寸,特征1016最终由特征1013图案化。可以通过图案化形成蚀刻掩模1012的层并提供具有用于蚀刻掩模1012的期望厚度的层来设置更大的尺寸。在一些其他实施例中,可以增大蚀刻掩模中的特征以增加它们的尺寸。图12A-12D示出了使用增大的蚀刻掩模蚀刻基板中的特征的工艺。

[0134] 现在参考图12A,示出了覆盖高折射率玻璃基板1010的蚀刻掩模1012的示例的横截面侧视图。蚀刻掩模1012包括具有临界尺寸1013w的特征1013。应当理解,图12A中所示的结构类似于图11A中所示的结构,除了临界尺寸1013w之外,该临界尺寸1013w可以小于图11A的临界尺寸。

[0135] 图12A的蚀刻掩模1012可以被认为是初始蚀刻掩模,并且随后可以增加该蚀刻掩模的特征1013的尺寸。图12B示出了在扩大蚀刻掩模1012的特征1013的尺寸之后图12A的结构的示例的横截面侧视图。在一些实施例中,可通过在蚀刻掩模1012之上沉积保形层1018来实现尺寸扩大,从而形成具有临界尺寸1013w'的特征1013'的蚀刻掩模1012'。例如,保形层1018可以通过诸如原子层沉积(ALD)或化学气相沉积(CVD)的气相沉积工艺沉积的氧化硅层。在一些其他实施例中,可以通过使蚀刻掩模化学反应以形成占据更大体积的材料来扩大蚀刻掩模1012中的特征1013(图12A)的尺寸。例如,蚀刻掩模1012可以被氧化以例如形成层1018,从而形成具有扩大的特征1013'的蚀刻掩模1012'。在一些实施例中,化学反应可以发生到使得层1018可以延伸穿过基本上整个蚀刻掩模1012'的程度。

[0136] 现在参考图12C,示出了经历定向蚀刻1015的图12B的结构的示例的横截面侧视图。应当理解,图12C类似于图12B,不同之处在于蚀刻掩模包括层1018,并且相对于基板1010,定向蚀刻1015优选对层1018的材料是选择性的。蚀刻掩模1012'包括多个特征1013',该特征具有1013w'的临界尺寸,该尺寸大于要使用蚀刻掩模1012'在下伏的基板1010中蚀刻的对应特征1014的临界尺寸1014w。如本文所讨论的,在一些实施例中,定向蚀刻包括离子束铣削。有利地,在一些实施例中,定向蚀刻可以在约20秒或更短或者约10秒或更短的时间内形成具有约50nm或更大的深度的开口。

[0137] 图12D示出了在蚀刻玻璃基板1010并去除上覆的蚀刻掩模1012'(图12C)之后的图12B的结构的示例的横截面侧视图。应当理解,图12D类似于图11C。例如,可以使用对形成蚀刻掩模的材料具有选择性的灰化工艺和/或湿蚀刻来去除蚀刻掩模1012。蚀刻的基板1010包括由蚀刻1015限定的且具有1016w的临界尺寸的多个特征1016,该临界尺寸1016w可以基本上等于期望的临界尺寸1014w(图11B)。

[0138] 在前述说明书中,已经描述了各种具体实施例。然而,显而易见的是,在不脱离本发明的更广泛的精神和范围的情况下,可以对其进行各种变型和改变。因此,说明书和附图应被视为示例性的而非限制性意义的。

[0139] 实际上,应当理解,本公开的系统和方法各自具有若干创新性方面,这些方面中的任一单个方面不单独负责本文所公开的期望待性或不是本文所公开的期望待性所必需的。上述各种特征和过程可彼此独立使用或可以以各种方式组合使用。所有可能的组合和子组合均旨在落入此公开的范围。

[0140] 在单独实施方式的上下文中在此说明书所述的某些特征也能在单个实施方式中组合实现。相反,在单个实施方式的上下文中所述的各种特征也能在多个实施方式中单独地或以任何合适的子组合实现。此外,尽管上文可将特征描述为以某些组合执行,甚至最初这样要求保护,但在一些情况下,来自所要求保护的组合的一个或多个特征能被从该组合中删除,且所要求保护的组合可涉及子组合或子组合的变体。任何单个特征或特征组对于每个实施例都不是必需或不可或缺的。

[0141] 本文中使用的条件语,诸如(除其他项外)“能”、“能够”、“可能”、“可以”、“例如”等一般旨在表达某些实施例包括而其他实施例不包括某些特征、元素和/或步骤,另有具体说明或在上下文中另有理解除外。因此,这样的条件语一般不旨在暗示特征、元素和/或步骤以任何方式对于一个或多个实施例是必需的,或者一个或多个实施例必然包括用于在具有或没有程序设计者输入或提示的情况下决定这些特征、元素和/或步骤是否包括在或者是否将在任何具体实施例中执行的逻辑。术语“包括”、“包含”、“具有”等是同义词,且以开放式的方式包含性地使用,且不排除额外的元素、特征、动作、操作等。此外,术语“或”以其包含性含义(而不是其专有性含义)使用,因此,当被用于例如连接元素列表时,术语“或”意味着列表中的一个、一些或全部元素。另外,本申请和所附权利要求书中使用的冠词“一”、“一个”和“所述”应被解释为意味着“一个或多个”或“至少一个”,另有具体说明除外。类似地,虽然操作在附图中可以以特定顺序描绘,但应认识到,这样的操作不需要以所述特定顺序或以相继顺序执行,或执行所有例示的操作以实现期望的结果。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,未示出的其他操作能并入示意性地示出的示例方法和过程中。例如,能在任何所示操作之前、之后、同时或期间执行一个或多个附加操作。另外,在其他实施方式中,操作可被重新排列或重新排序。在某些情况下,多任务和并行处理可具有优势。此外,上述实施方式描述的各种系统组件的分离不应被理解为在所有实施方式中都需要这种分离,且应该理解,所述程序组件和系统一般能被一起集成在单个软件产品中或封装到多个软件产品中。另外,其他实施方式处于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能以不同的顺序执行,且仍实现期望的结果。

[0142] 因此,权利要求不旨在限于本文所示的实施例,而是符合与本公开相一致的最宽范围、本文公开的原理和新颖特征。

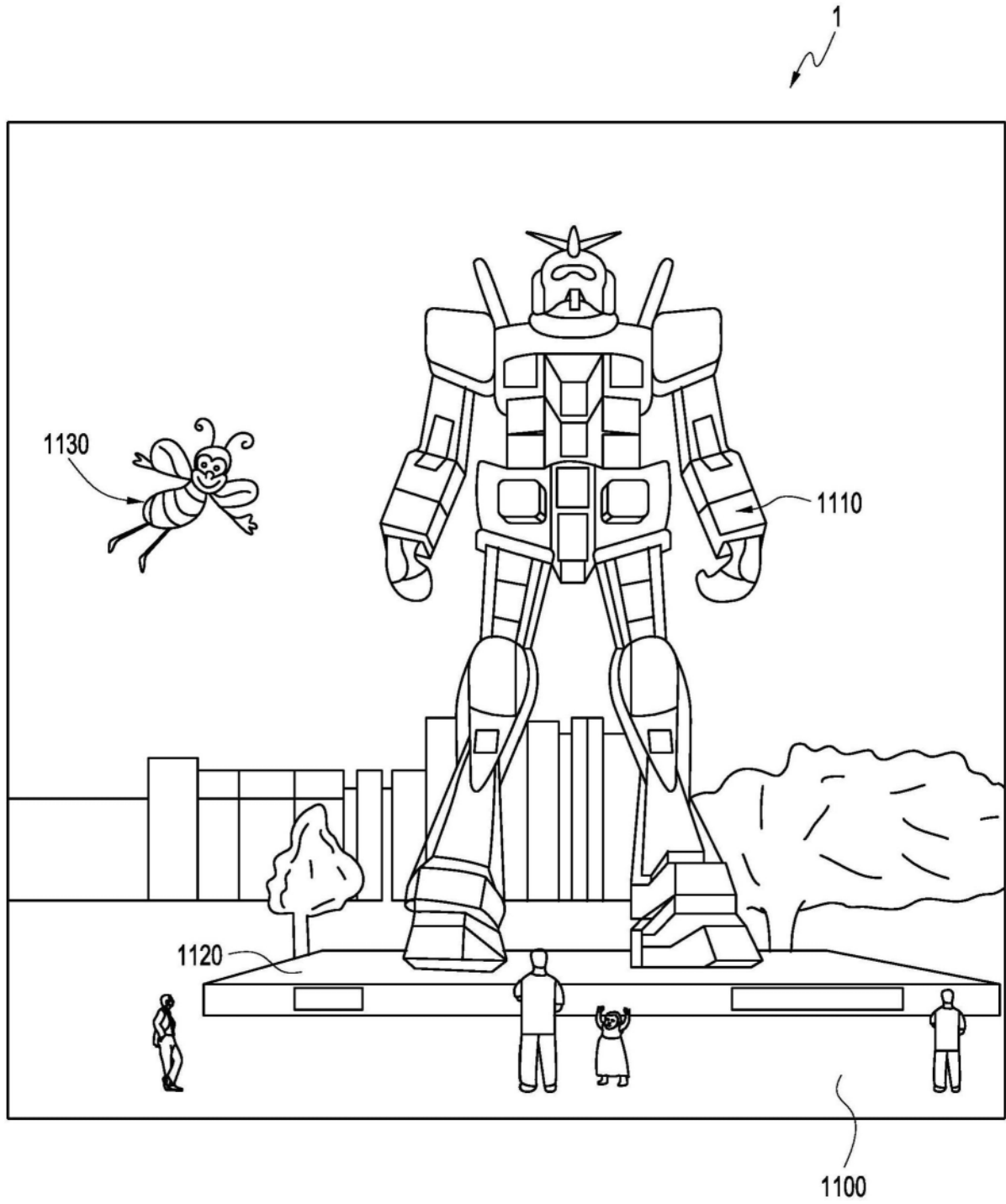


图1

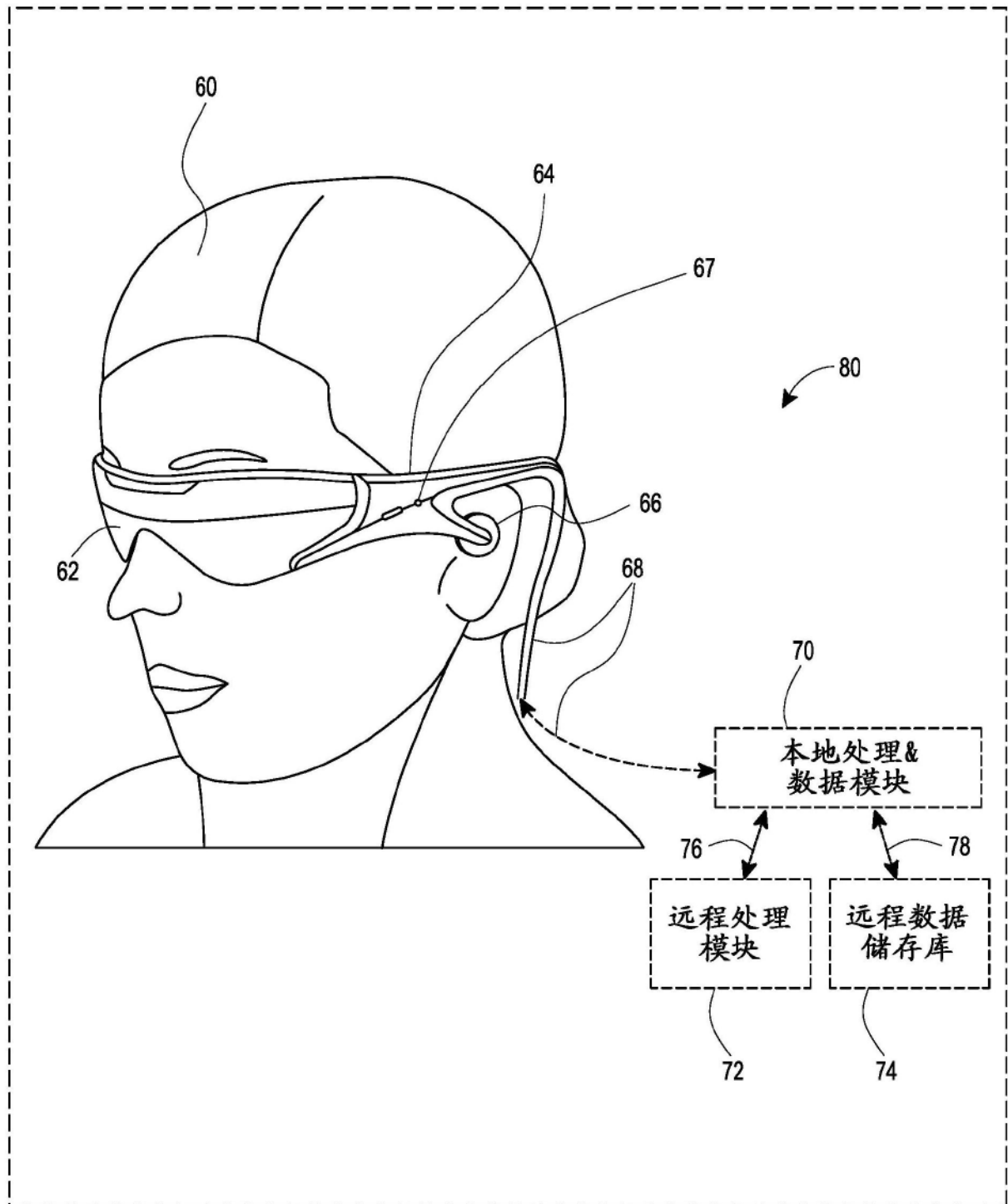


图2

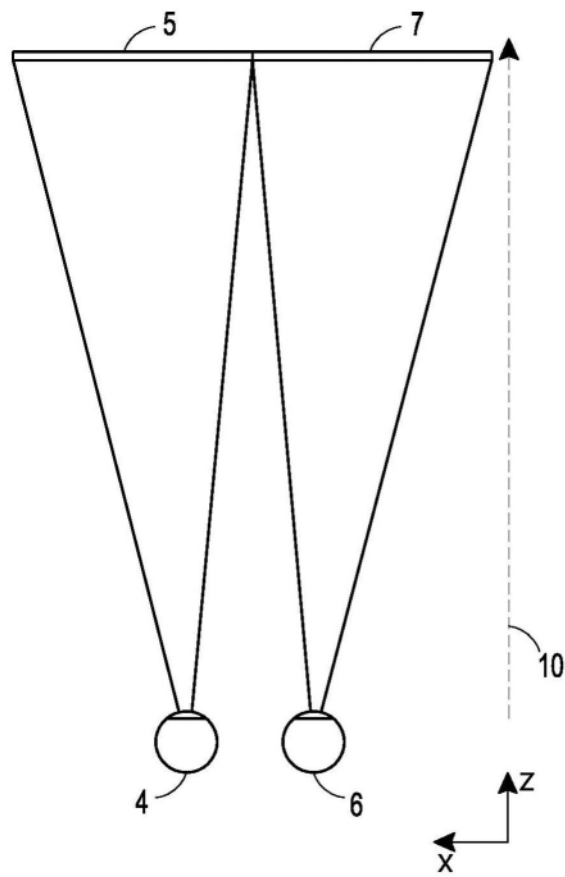


图3

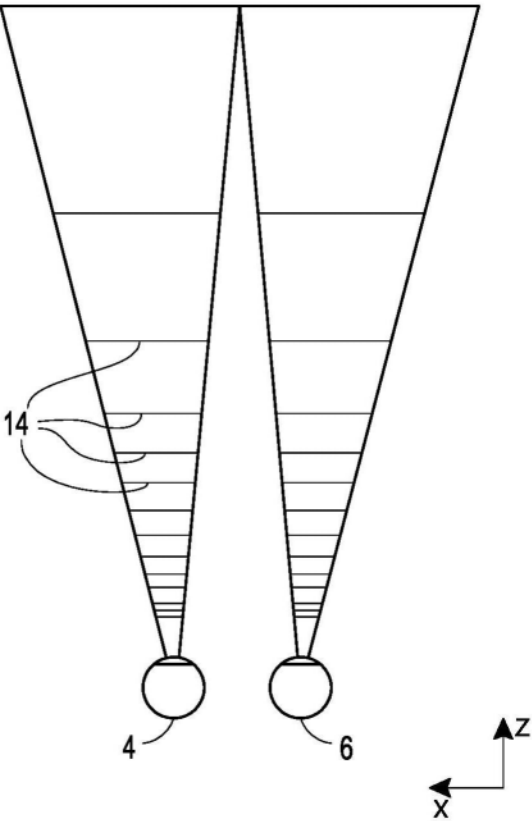


图4

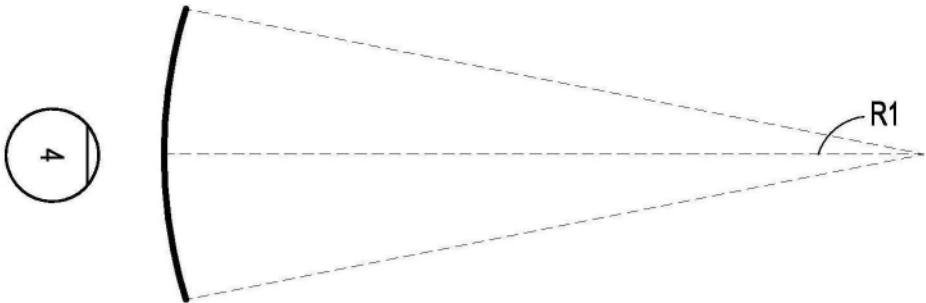


图5A

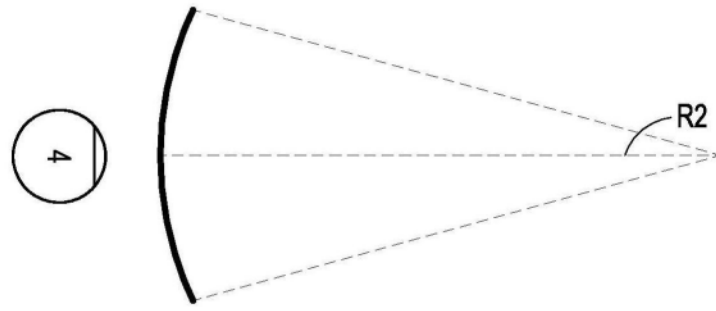


图5B

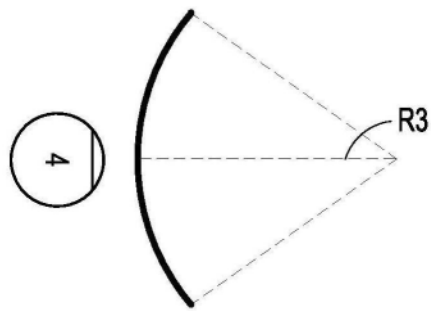


图5C

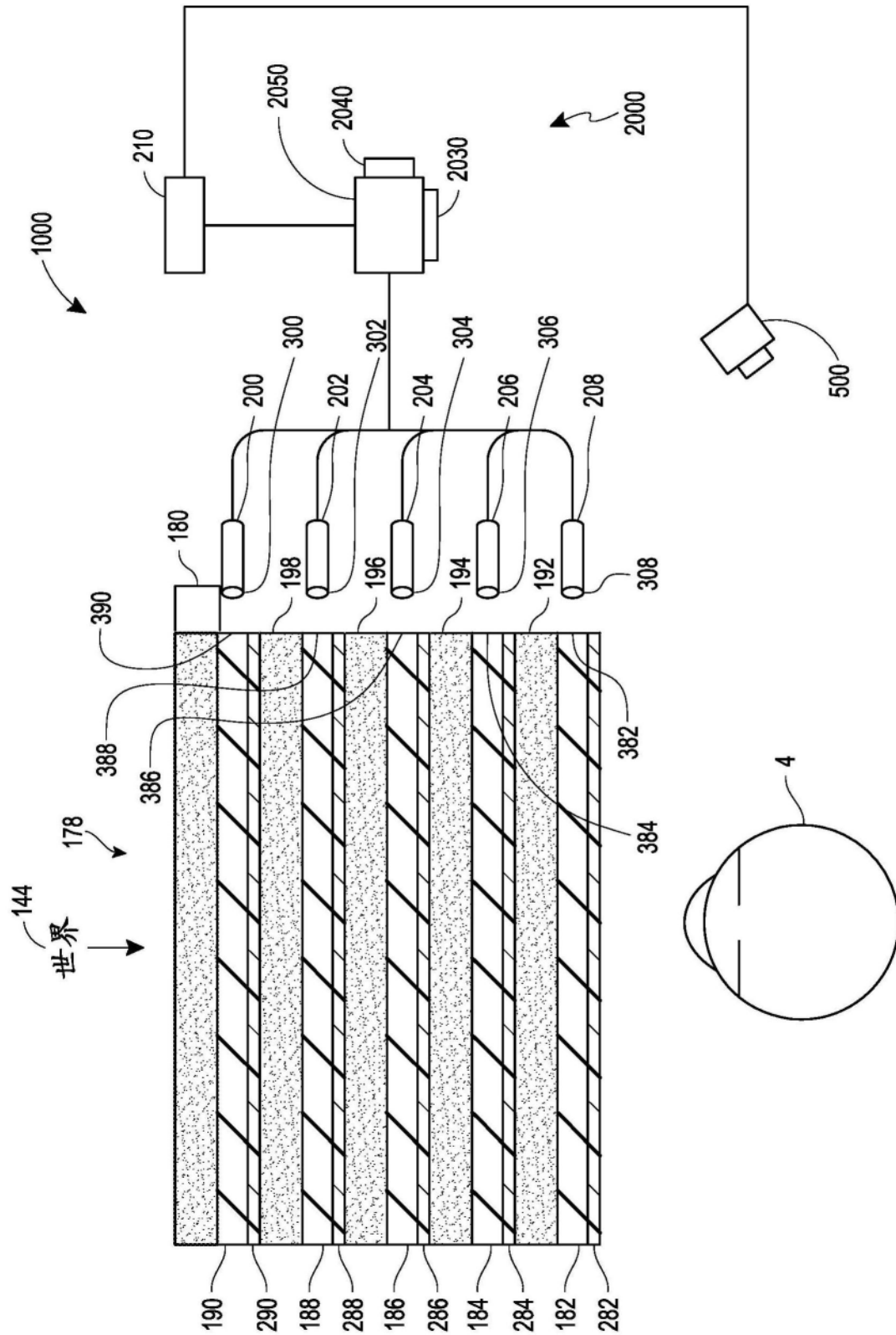


图6

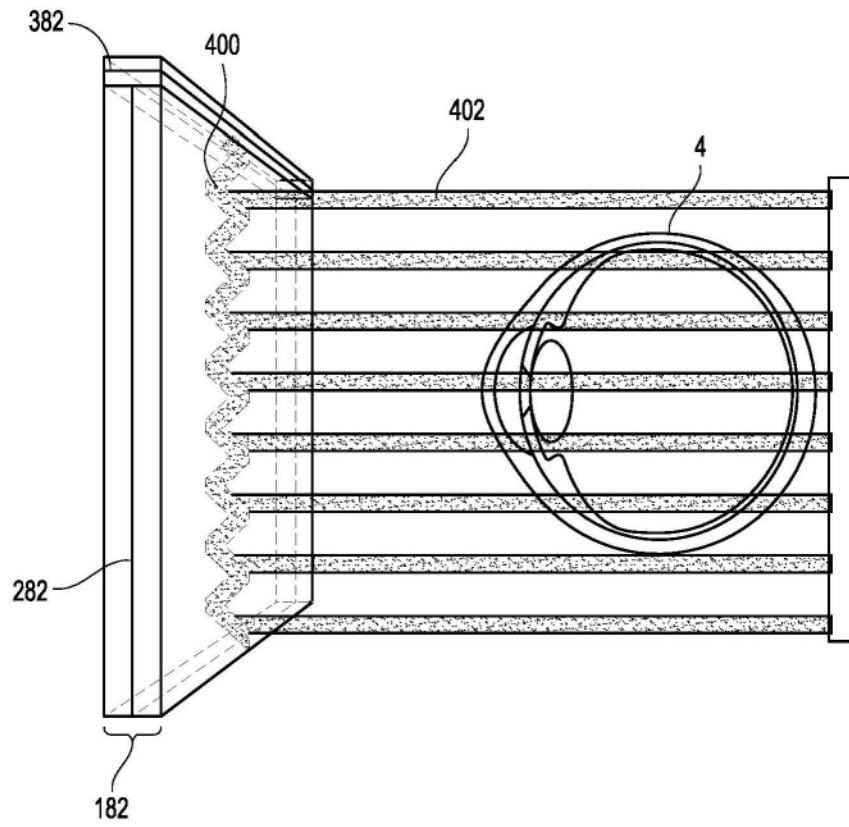


图7

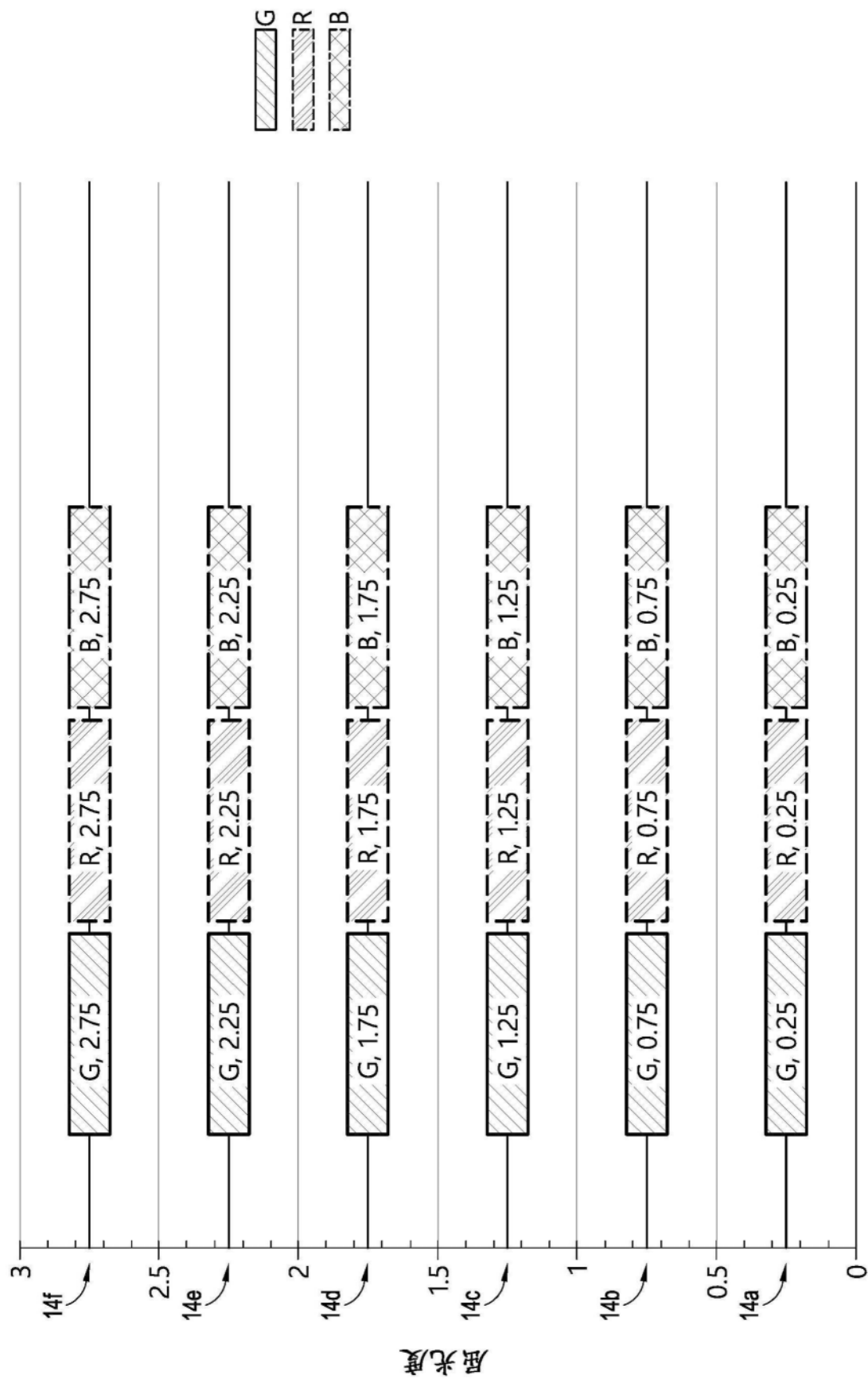


图8

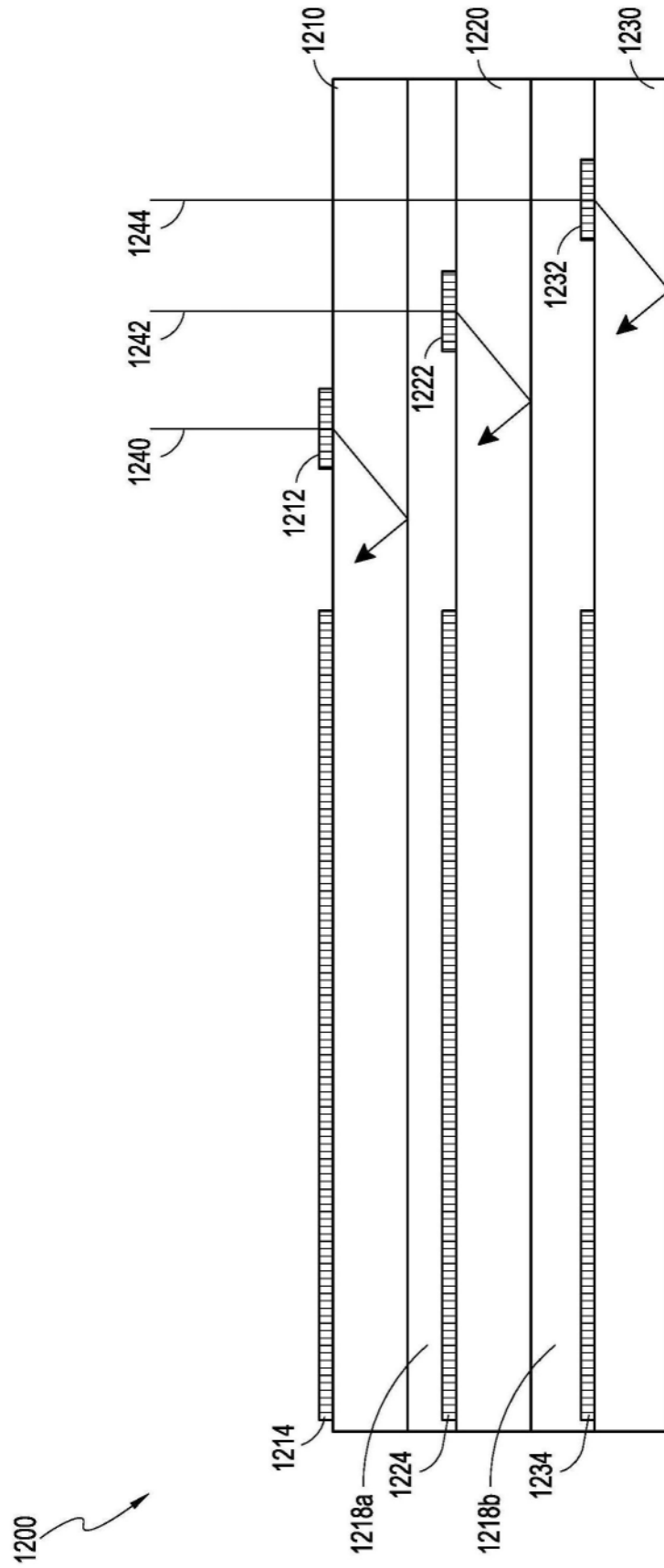


图9A

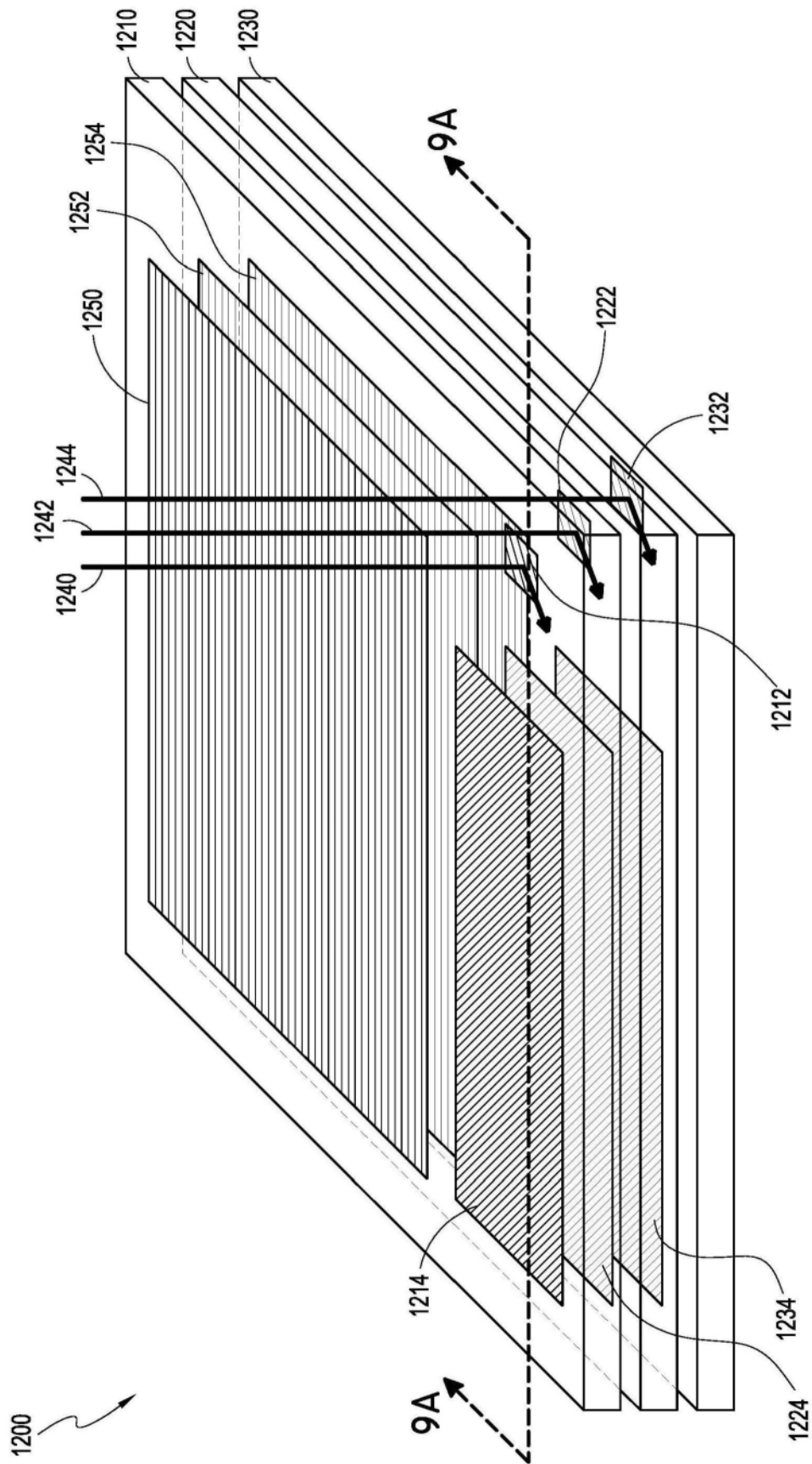


图9B

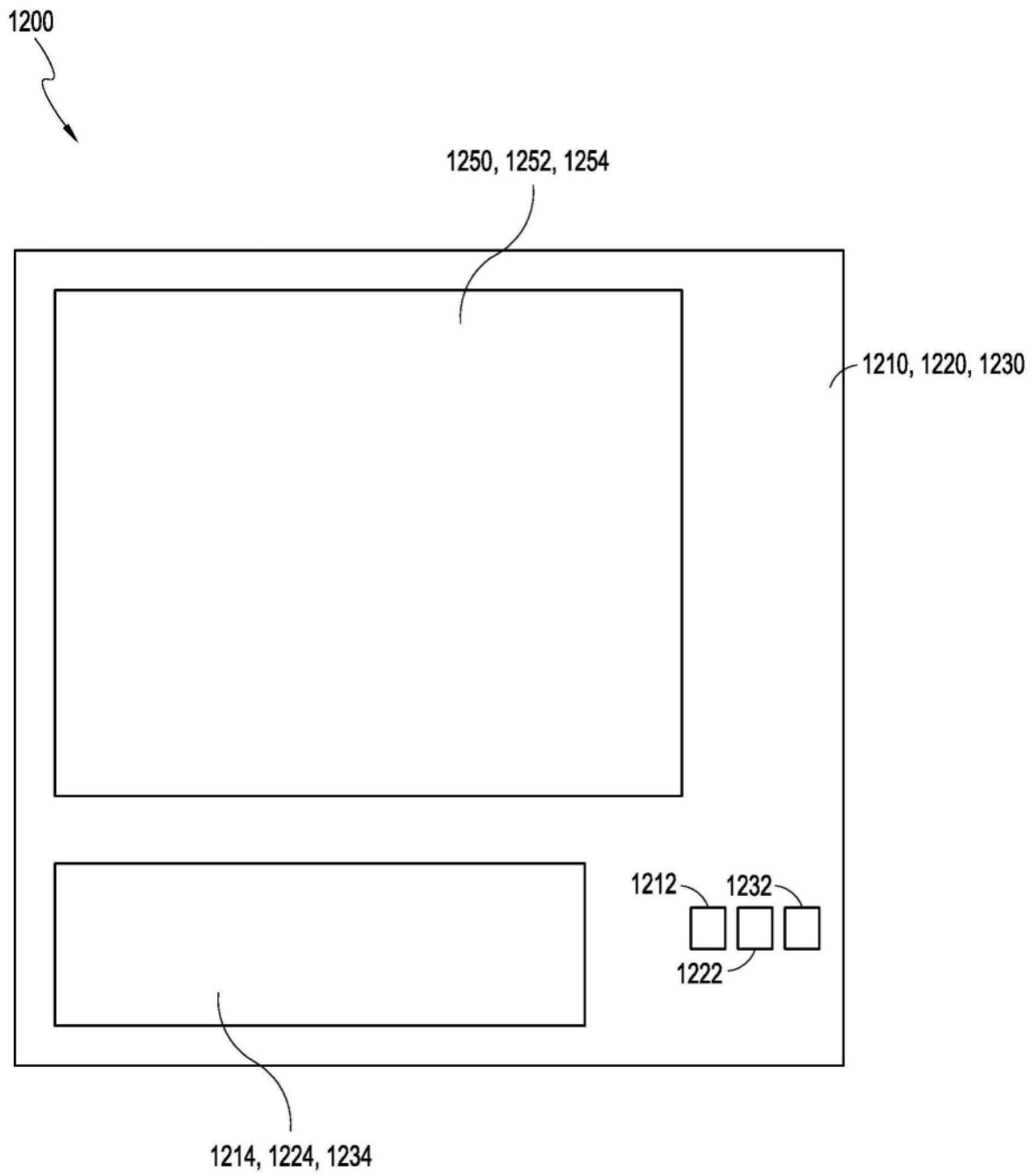


图9C

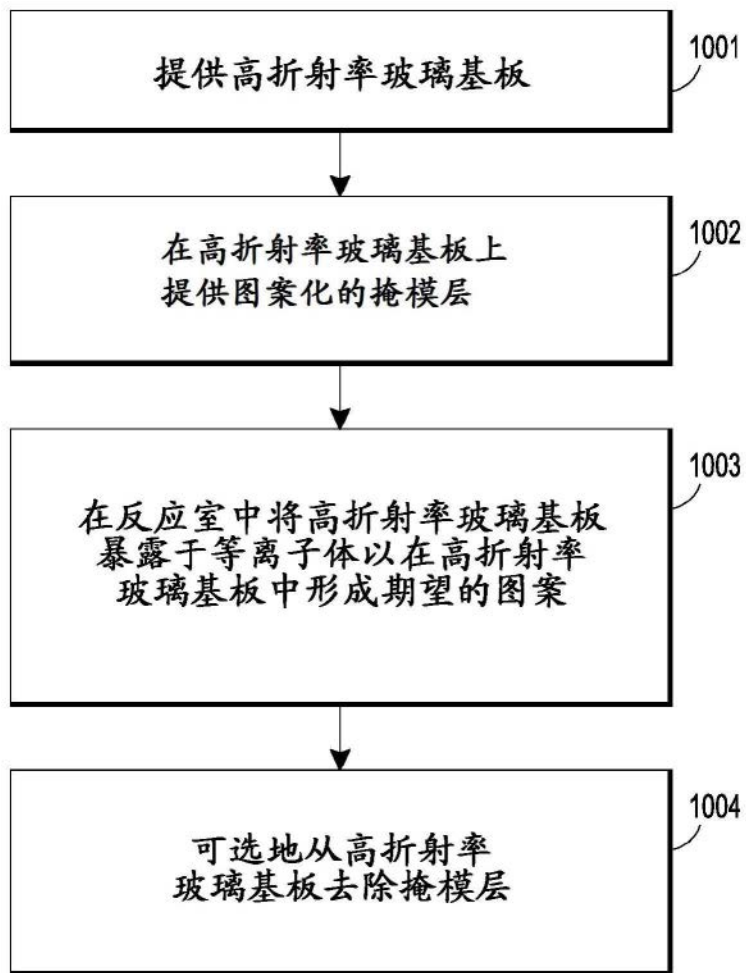


图10

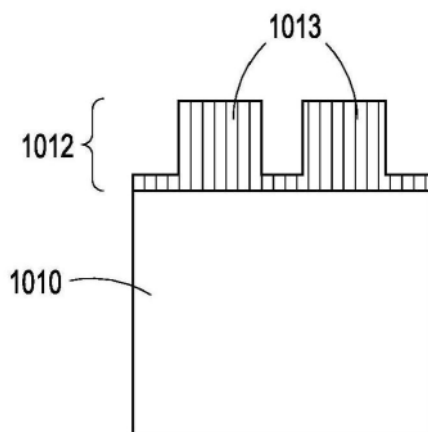


图11A

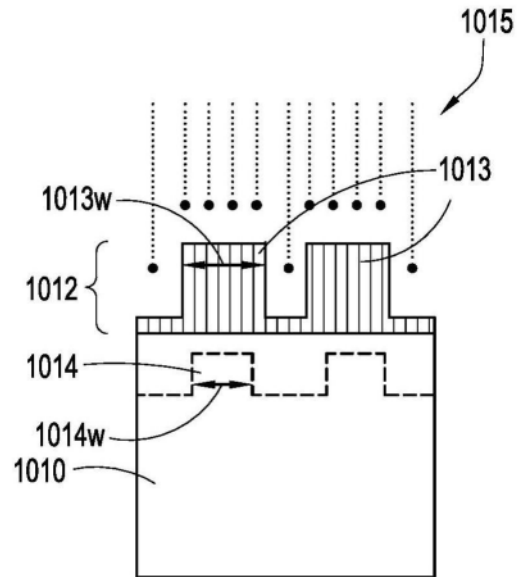


图11B

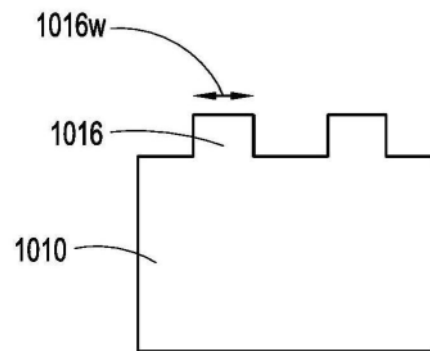


图11C

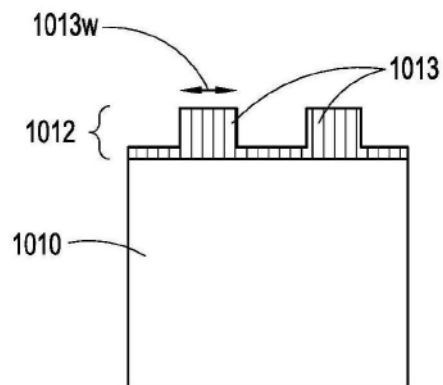


图12A

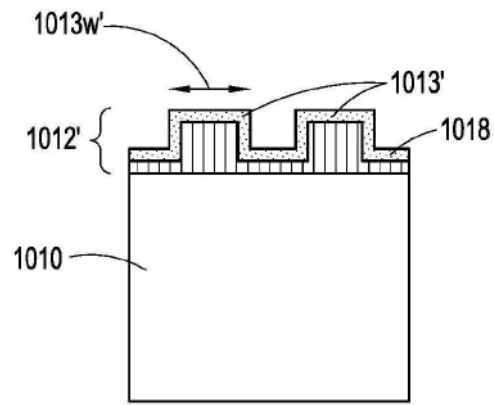


图12B

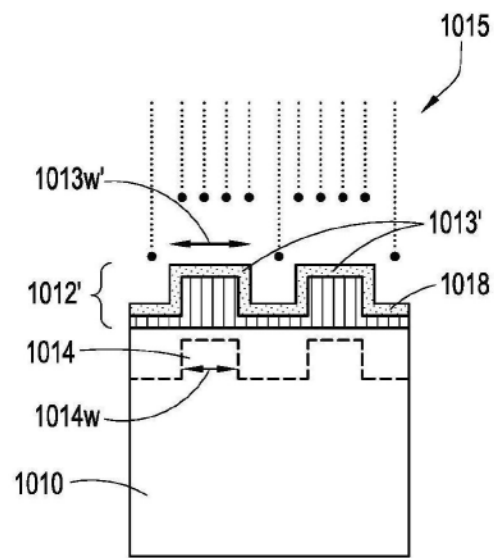


图12C

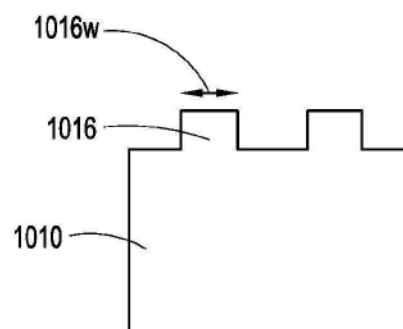


图12D