



(21)申请号 201680077587.3

(22)申请日 2016.11.03

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108474901 A

(43)申请公布日 2018.08.31

(30)优先权数据  
62/252,315 2015.11.06 US  
62/252,929 2015.11.09 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.07.03

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/060392 2016.11.03

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02017/079480 EN 2017.05.11

(73)专利权人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72)发明人 C·佩罗兹 M·梅利 林滇敏  
E·波利亚科夫 P·圣西莱尔

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

代理人 杨晓光 于静

(51)Int.Cl.  
G02B 6/00(2006.01)

(56)对比文件  
EP 2383589 A1,2011.11.02,全文.

审查员 罗金

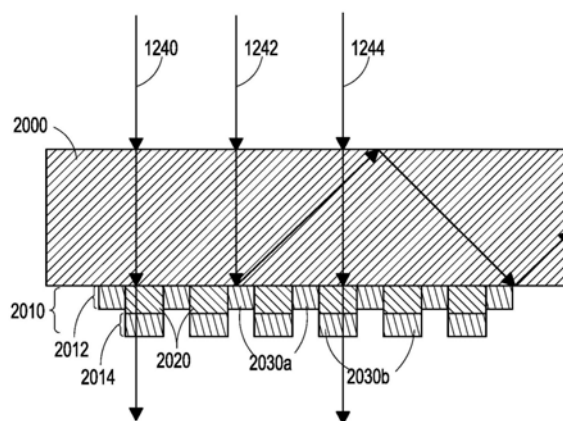
权利要求书3页 说明书19页 附图31页

(54)发明名称

用于重定向光的超表面和制造方法

(57)摘要

一种显示系统包括具有由超表面形成的光内耦合光学元件或光外耦合光学元件的波导。该超表面是多层级(例如,双层级)结构,其具有通过由第一光学透射材料形成的间隔开的突起和突起之间的第二光学透射材料限定的第一层级。该超表面还包括由第二光学透射材料形成的第二层级。第一层级上的突起可以通过纳米压印第一光学透射材料来图案化,并且第二光学透射材料可以沉积在图案化的突起之上和之间。可以选择突起和突起之间的间隔的宽度来衍射光,并且突起的间距可以是10-600nm。



1. 一种用于形成光波导的方法,所述方法包括:  
形成超表面,其中,形成所述超表面包括:  
提供覆盖光学透射基板的光学透射抗蚀剂层;  
将抗蚀剂图案化为包括突起和介于中间的间隙的图案,其中,所述突起的间距在10nm至600nm的范围内;以及  
将光学透射材料沉积在所述突起上以及所述突起之间的所述间隙中,  
其中,沉积所述光学透射材料在所述突起上方形成所述光学透射材料的间隔开的平台。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述光学透射材料是无定形的。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述光学透射材料具有比所图案化的抗蚀剂或所述基板更高的折射率。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述光学透射材料的所述折射率高于1.7。
5. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述光学透射材料是抗蚀剂。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述光学透射基板是波导。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,将所述抗蚀剂图案化包括将所述图案压印到所述抗蚀剂中。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,沉积所述光学透射材料包括将所述光学透射材料旋涂在所图案化的抗蚀剂上。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中,沉积所述光学透射材料包括执行所述光学透射材料的共形沉积或定向沉积。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述共形沉积包括所述光学透射材料的化学气相沉积或原子层沉积。
11. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述定向沉积包括蒸发或溅射所述光学透射材料。
12. 根据权利要求1所述的方法,其中,每个突起和该突起与紧邻的突起之间的间隔限定一总宽度,该总宽度在300至500nm的范围内。
13. 根据权利要求1所述的方法,其中,沉积光学透射材料将所述光学透射材料沉积到所述突起上方10nm-1 $\mu$ m的厚度。
14. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述突起包括两个层级上的台阶。
15. 一种显示系统,包括:  
波导;  
设置在所述波导的表面上的光内耦合光学元件,所述光内耦合光学元件包括:  
多层级超表面,其包括:  
具有间距并且由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起;  
在所述间隔开的突起之上和之间的第二光学透射材料;  
其中,所述第二光学透射材料在所述突起之上形成间隔开的平台。
16. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述突起的所述间距在所述波导的所述表面上变化。
17. 根据权利要求15所述的显示系统,还包括图像注入装置,所述图像注入装置被配置

为将包括图像信息的光注入到所述波导中。

18. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述波导是波导堆叠中的一个,其中,所述波导堆叠中的每一个包括相关联的多层级超表面。

19. 根据权利要求18所述的显示系统,其中,所述波导中的至少一些波导的所述相关联的多层级超表面被配置为重定向不同于其他波导的所述相关联的多层级超表面的不同波长范围的光。

20. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述第一光学透射材料包括抗蚀剂。

21. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,每个突起和紧邻突起之间的空间限定10-600nm的总宽度。

22. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述第一光学透射材料和所述第二光学透射材料是无定形的。

23. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述第二光学透射材料具有比所述第一光学透射材料或形成所述波导的材料更高的折射率。

24. 根据权利要求23所述的显示系统,其中,所述第二光学透射材料具有大于1.7的折射率。

25. 根据权利要求23所述的显示系统,其中,光学透射材料包括半导体。

26. 根据权利要求25所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括含硅材料。

27. 根据权利要求26所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括氮化硅或碳化硅。

28. 根据权利要求23所述的显示系统,其中,光学透射材料包括氧化物。

29. 根据权利要求23所述的显示系统,其中,光学透射材料包括金属氧化物。

30. 根据权利要求29所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括氧化钛、氧化锆或氧化锌。

31. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述超表面是双层级超表面。

32. 根据权利要求15所述的显示系统,其中,所述超表面是三层级或更高层级超表面。

33. 一种显示系统,包括:

波导;

设置在所述波导的表面上的光外耦合光学元件,所述光外耦合光学元件包括:

多层级超表面,其包括:

具有间距并且由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起;

在所述间隔开的突起之上和之间的第二光学透射材料。

34. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述突起的所述间距在所述波导的所述表面上变化。

35. 根据权利要求33所述的显示系统,还包括图像注入装置,所述图像注入装置被配置为将包括图像信息的光注入到所述波导中。

36. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述波导是波导堆叠中的一个,其中所述波导堆叠中的每一个包括相关联的多层级超表面。

37. 根据权利要求36所述的显示系统,其中,所述波导中的至少一些波导的所述相关联的多层级超表面被配置为重定向不同于其他波导的所述相关联的多层级超表面的不同波长范围的光。

38. 根据权利要求33所述的显示系统,还包括设置在所述波导的表面上的光内耦合光学元件,其中,所述光内耦合光学元件和所述光外耦合光学元件都包括多层级超表面。

39. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,每个突起和紧邻突起之间的空间限定200-500nm的总宽度。

40. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述第二光学透射材料在所述突起之上形成间隔开的平台。

41. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述第一光学透射材料和所述第二光学透射材料是无定形的。

42. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述第一光学透射材料是纳米压印抗蚀剂。

43. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述第二光学透射材料具有比所述第一光学透射材料或形成所述波导的材料更高的折射率。

44. 根据权利要求43所述的显示系统,其中,所述第二光学透射材料具有大于1.7的折射率。

45. 根据权利要求44所述的显示系统,其中,光学透射材料包括半导体。

46. 根据权利要求45所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括含硅材料。

47. 根据权利要求46所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括氮化硅或碳化硅。

48. 根据权利要求44所述的显示系统,其中,光学透射材料包括氧化物。

49. 根据权利要求48所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括金属氧化物。

50. 根据权利要求49所述的显示系统,其中,所述光学透射材料包括氧化钛、氧化锆或氧化锌。

51. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述波导由折射率为1.6或更高的材料形成。

52. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述突起是单层级结构。

53. 根据权利要求33所述的显示系统,其中,所述突起是阶梯状的多层级结构。

## 用于重定向光的超表面和制造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求以下的优先权权益：2015年11月6日提交的标题为“METASURFACES FOR REDIRECTING LIGHT AND METHODS FOR FABRICATING (用于重定向光的超表面和制造方法)”的美国临时专利申请No. 62/252,315；以及2015年11月9日提交的标题为“METASURFACES FOR REDIRECTING LIGHT AND METHODS FOR FABRICATING (用于重定向光的超表面和制造方法)”的美国临时专利申请No. 62/252,929。这些优先权文件中的每一个的全部内容通过引用并入本文。

[0003] 本申请还通过引用来并入以下各专利申请的全部内容：美国申请No. 14/331,218 (Magic Leap案卷号20020.00)；美国申请No. 14/641,376 (Magic Leap案卷号20014.00)；美国临时申请No. 62/012,273 (Magic Leap案卷号30019.00)；和美国临时申请No. 62/005,807 (Magic Leap案卷号30016.00)。

### 技术领域

[0004] 本公开涉及增强和虚拟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的公园状的设置1100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1130，尽管这些元素1130、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] 在一些实施例中，用于形成光波导的方法包括提供覆盖光学透射基板的光学透射抗蚀剂层。抗蚀剂图案化为具有突起和介于中间的间隙的图案，其中突起的间距在10nm至600nm的范围内。光学透射材料沉积在突起上并进入突起之间的间隙中。

[0008] 在一些其他实施例中，制造显示装置的方法包括提供包括超表面的波导。该超表面包括由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起，以及在间隔开的突起之上和之间形成的第二光学透射材料。波导可以光学耦合到光管。

[0009] 在其他实施例中,显示系统包括波导和设置在波导表面上的光内耦合光学元件。该光内耦合光学元件包括多层级超表面,该多层级超表面包括:具有间距并由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起,以及在间隔开的突起之上和之间的第二光学透射材料。

[0010] 在一些其他实施例中,显示系统包括波导和设置在波导表面上的光外耦合光学元件。该光外耦合光学元件包括多层级超表面,该多层级超表面包括具有间距并由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起;以及在间隔开的突起之上和之间的第二透射材料。

[0011] 在其他实施例中,显示系统包括波导和设置在波导表面上的光内耦合光学元件。该光内耦合光学元件包括超表面,该超表面包括由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起以及在间隔开的突起之间的光学透射抗蚀剂。

[0012] 在一些其他实施例中,显示系统包括波导和设置在波导表面上的光外耦合光学元件。光外耦合光学元件包括超表面,该超表面包括由第一光学透射材料形成的多个间隔开的突起以及在间隔开的突起之间的光学透射抗蚀剂。

[0013] 在详细描述、附图和权利要求中描述了本发明的附加和其他目的、特征和优点。

## 附图说明

[0014] 图1示出了通过AR设备的用户对增强现实 (AR) 的视图。

[0015] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。

[0016] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的传统显示系统。

[0017] 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。

[0018] 图5A至图5C示出了曲率半径和焦点半径之间的关系。

[0019] 图6示出了用于向用户输出图像信息的波导堆叠的示例。

[0020] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。

[0021] 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。

[0022] 图9A示出了各自包括内耦合光学元件的一组堆叠波导的横截面侧视图的示例。

[0023] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的透视图的示例。

[0024] 图10A示出了超表面的横截面侧视图的示例。

[0025] 图10B示出具有图10A中所示的一般结构的超表面的透射和反射光谱的图。

[0026] 图11A至图11B示出将光内耦合到波导中的超表面的横截面侧视图的示例。

[0027] 图12A至图12B示出从波导外耦合光的超表面的横截面侧视图的示例。

[0028] 图13A至图13B示出以透射模式操作的超表面的示例。

[0029] 图14A至图14D示出用于形成超表面的工艺流程的示例。

[0030] 图15示出了在超表面的第一层级上的图案化材料的近视横截面视图。

[0031] 图16A1和图16B至图16C示出了超表面结构的横截面侧视图的示例,其中第二材料在突起的下层图案之上被沉积至不同厚度。

[0032] 图16A2示出具有图16A1中所示的一般结构的超表面的透射和反射光谱的图。

[0033] 图17A至图17C示出了超表面结构的横截面侧视图的示例,其中第二材料是通过旋涂或喷涂来沉积的抗蚀剂。

[0034] 图18A至图18B示出了具有多于两个层级的超表面的横截面侧视图的示例。

[0035] 图19A至图19D示出了用于形成具有多于两个层级的超表面的工艺流程的示例。

[0036] 提供附图以示出在此描述的示例实施例并且不旨在限制本公开的范围。应该理解的是,附图是示意性的并且不一定按比例绘制。

### 具体实施方式

[0037] 与几何光学相比,减小尺寸的超表面、超材料提供了在更小尺寸上实现几乎平坦、无像差光学机会。在一些实施例中,在不受理论限制的情况下,超表面包括用作谐振光学天线的表面结构的密集排列。光表面结构相互作用的谐振特性提供了操纵光学波前的能力。

[0038] 然而,超表面通常由特别高的折射率材料形成,而由于其他地方固有的高吸收,它们的典型应用限于红外波长。例如,使用诸如硅晶片的高折射率不透明材料已经为近红外光开发出用于光束成形的超表面。然而,这些基于高折射率材料的超表面结构在穿过结构的厚度来透射可见波长的光时能够吸收不期望的大百分比的入射光(例如,40%或更多)。没有考虑可见波长透明材料(例如折射率约为2的氮化硅),具有足够高的折射率以支持期望有效操纵光学波前的光学谐振。

[0039] 超表面在其制造中也面临挑战。鉴于形成超表面的表面结构的尺寸及其特征特性,其低于入射光的波长,通常使用光刻和蚀刻工艺来制造这些表面。然而,这种工艺和用于这些工艺的设备成本过高,特别是当超表面横跨可能比超材料结构的特征尺寸大几千倍的大表面积时。

[0040] 有利的是,根据在此公开的一些实施例,多层级超表面允许使用相对低折射率的材料,而提供光的高波长选择性重定向,包括光谱的可见光部分中的光。优选地,该超表面选择性地重定向一些波长的光,而透射其他波长的光。这种性质通常利用微米尺度上的结构(例如,在光子晶体光纤或分布式布拉格反射器中)进行设计,而在此公开的各种实施例包括纳米尺度上的多层级几何结构(例如,10-100x较小尺度),并且提供电磁波谱的可见光部分中的光的选择性重定向。这种具有多层级功能的超表面提供了优势,超过单一功能层的堆叠的逐层架构。而且,可以通过使用纳米压印进行图案化来形成超表面结构,从而避免昂贵的光刻和蚀刻工艺。

[0041] 在一些实施例中,该超表面是多层级(例如双层级)结构,其具有通过由第一光学透射材料形成的间隔开的突起和突起之间的第二光学透射材料限定的第一层级。该超表面还包括由设置在突起的顶表面上的第二光学透射材料形成的第二层级。第一和第二光学透射材料可以形成在光学透射基板(例如波导)上。第一和第二光学透射材料可以沉积在基板上。在一些实施例中,第一和第二光学透射材料可以是无定形或结晶的。在一些实施例中,突起的间距以及第一层级和第二层级的高度被配置为例如通过衍射来重定向光。在一些实施例中,该超表面可以是三层级或更高的结构,其中突起采用台阶的形式,第二光学透射材料位于突起的侧面处和上表面上。

[0042] 在一些实施例中,突起的间距约为10nm-1 $\mu$ m、10-600nm、约200-500nm或约300-500nm,每个层级的高度约为10nm-1 $\mu$ m、约10-500nm、约50-500nm或约100-500nm。可以理解的是,突起的间距和每个层级的高度(或厚度)可以根据期望重定向的光的波长和重定向的角度来选择。在一些实施例中,该间距小于该超表面被配置为进行重定向的光的波长。在一

些实施例中,第二光学透射材料部分或完全占据突起之间的空间,但不在突起上方延伸。在一些实施例中,除了间距和每个层级的高度之外,还可以基于期望重定向的光的波长和重定向的角度来选择突起的宽度。作为示例,突起可以具有约10nm-1 $\mu$ m的宽度,包括10-250nm。

[0043] 如在此所公开,在一些实施例中,第一层级上的突起,或者三层级或更高层级结构的顶层级以下的层级可以通过光刻和蚀刻来图案化。更优选地,可以通过纳米压印第一光学透射材料来图案化突起。第二光学透射材料然后可以沉积在图案化的突起之间(并且在一些实施例中,在图案化的突起之上)。沉积可以通过各种工艺来完成,包括定向沉积、毯式沉积(例如,共形沉积)以及旋涂或喷射涂覆。在一些实施例中,第二光学透射材料被沉积至一定厚度,使得材料停留在突起之间并位于突起的顶部上,其中第二光学透射材料在每个突起上方形成材料平台(plateau),并且在顶层级上的平台与较低层级上的突起之间留下间隙。在一些其他实施例中,沉积进行到突起之间的间隙被填充的程度。在另外其他实施例中,第二光学透射材料的沉积进行到使得第二光学透射材料的连续层形成在第二层级上的程度。

[0044] 在一些实施例中,波导可以形成直接观看显示设备或近眼式显示设备,其中波导被配置为接收输入图像信息并且基于输入图像信息来生成输出图像。在一些实施例中,这些设备可以是可穿戴的并构成眼镜。由波导接收的输入图像信息可被编码在耦合到一个或多个波导中的不同波长(例如,红光、绿光和蓝光)的多路复用光流中。由于全内反射,内耦合光可以通过波导传播。内耦合光可以通过一个或多个外耦合光学元件从波导外耦合(或输出)。

[0045] 有利的是,该超表面可以形成在波导上并且可以是内耦合和/或外耦合光学元件。超表面的紧凑性和平面性使其成为紧凑的波导,以及其中多个波导形成堆叠的紧凑的波导堆叠。另外,超表面的高波长选择性允许对光进行内耦合和/或外耦合的高精度,这可以在光包含图像信息的应用中提供高图像质量。例如,高选择性可以减少在通过同时输出不同颜色或波长的光来形成全色图像的配置中的通道串扰。

[0046] 应该理解的是,在一些实施例中,超表面可以通过反射或衍射来选择性地重定向光。例如,该超表面可以反射一个或多个波长的光,同时透射其他波长的光。有利地,以这种“反射模式”重定向光提供了对通过反射或衍射所重定向的光的波长的严格控制和高特异性。在一些其他实施例中,该超表面可以在“透射模式”中起作用,在该模式中,其选择性地重定向一个或多个波长的光,同时还透射该光,并且透射其他波长的光而基本上不改变那些其他波长的光的路径。

[0047] 现在参考附图,其中相同的附图标记始终表示相同的特征。

#### [0048] 示例显示系统

[0049] 在此公开的各种实施例可以通常被实现为显示系统。在一些实施例中,显示系统采取眼镜的形式(例如,它们是可佩戴的),这可以有利地提供更具沉浸感的VR或AR体验。例如,包含用于显示多个深度平面的波导的显示器,例如波导堆叠(一个波导或一组波导用于每个深度平面)可以被配置为位于用户或观看者的眼睛前方来佩戴。在一些实施例中,可以使用多个波导,例如两个波导堆叠,一个波导堆叠用于观看者的每只眼睛,以向每只眼睛提供不同的图像。



[0050] 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组成眼镜并且可以耦合到框架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60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)。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或其他设备来检测声音。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/或可以允许与其他人(例如, 与类似显示系统的其他用户)的音频通信。在一些实施例中, 显示系统可以包括一个或多个相机(未示出), 其可以附接到框架64, 或者以其他方式附接到用户60。相机可被定位且定向成捕获用户60所处的周围环境的图像。

[0051] 继续参考图2, 显示器62诸如通过有线导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, 固定地附接到用户穿戴的头盔或帽子, 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)。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, 闪存存储器或硬盘驱动器)的数字存储器, 二者都可用于辅助数据的处理、缓冲以及存储。数据包括如下数据:a)从传感器(其可以例如可操作地耦合到框架64或以其他方式附接到用户60)捕获的数据, 诸如图像捕获设备(诸如相机)、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/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/或处理的数据, 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。在一些实施例中, 位置处理和数据模块70可以包括以下中的一个或多个: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。在一些其他实施例中, 这些传感器中的一个或多个可以附接到框架64, 或者可以是通过有线或无线通信路径与位置处理和数据模块70通信的独立结构。

[0052] 继续参考图2, 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。

[0053] 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示出用于为用户模拟三维图像的传统显示系统。两个不同的图像5、7被输出给用户, 一个图像用于每只眼睛4、6。图像5、7与眼睛4、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5、7是平坦的, 并且眼睛4、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5、7来提供组合图像的深度感知。

[0054] 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“3-D”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的距离。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“3-D”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,除此之外,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。

[0055] 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4,在z轴线上距眼睛4、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,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。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的视场可能重叠。另外,虽然为了便于说明而示出为平坦的,但应理解的是,深度平面的轮廓可以在物理空间中是弯曲的,以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。

[0056] 对象与眼睛4或6之间的距离还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和在此的各种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。

[0057] 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,从而有助于基于针对位于不同深度平面上的场景而聚焦不同图像特征所需的眼睛适应性和/或基于观察离焦的不同深度平面上的不同图像特征,向用户提供深度线索。

[0058] 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。

[0059] 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可以用作波导的光源并且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布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的相应输入表面382、384、386、388、390。在一些实施例中,输入表面382、384、386、388、390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(即,直接面向世界144或观看者的眼睛4的波导表面中的一个)。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。在一些实施例中,图像注入设备200、202、204、206、208中的单个一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其中。

[0060] 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。应该理解,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的光(例如,不同的分量颜色,如在此所讨论的)。

[0061] 在一些实施例中,图像注射装置200、202、204、206、208可以是扫描光纤显示系统的输出端,其中图像注射装置200、202、204、206、208在波导182、184、186、188、190的相应输入表面382、384、386、388、390的表面之上进行移动或扫描,以将图像信息注入到那些波导中。这种扫描光纤系统的示例在美国申请No.14/641,376中公开,该申请通过引用并入在此。在一些实施例中,图像注入装置200、202、204、206、208中的多个可以由扫描光纤代替。

[0062] 继续参考图6,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可以是本地数据处理模块70的一部分。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或具有其他形状(例如,弯曲的),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每一个可以包括一个或多个外耦合光学元件282、284、286、288、290,其被配置为通过重定向光从波导中提取光,该光在每个相应的波导内传播,从波导出来以将图像信息输出到眼睛4。提取的光也可以被称为外耦合

光,并且一个或多个外耦合光学元件光也可以被称为光提取光学元件。提取的光束在波导中传播的光照射光提取光学元件的位置处被波导输出。例如,一个或多个外耦合光学元件282、284、286、288、290中的一些或全部可以是一个或多个光栅,包括衍射光学特征,如在此进一步讨论的。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,一个或多个外耦合光学元件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,如在此进一步讨论。在一些实施例中,一个或多个外耦合光学元件282、284、286、288、290可以形成在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,并且一个或多个外耦合光学元件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。

[0064] 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。产生这些感知颜色的其他方式可以是可能的。

[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。波导的外耦合光学元件和透镜的聚焦方面两者或者其中之一可以是静态的(即,不是动态的或电激活的)。在一些替代实施例中,两者之一或者两者可以是使用电激活特征而动态的。

[0066] 在一些实施例中,波导182、184、186、188、190中的两个或更多个可以具有相同的关联深度平面。例如,多个波导182、184、186、188、190可以被配置为输出设定到相同深度平面的图像,或波导182、184、186、188、190的多个子集可以被配置为输出设定到相同的多个深度平面的图像,其中对于每个深度平面设定一个。这可以为形成平铺图像提供优势,以在这些深度平面处提供扩大的视场。

[0067] 继续参考图6,一个或多个外耦合光学元件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一个或多个外耦合光学元件282、284、286、288、290的不同配置,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,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)。

[0068] 在一些实施例中,一个或多个外耦合光学元件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具有充分低的衍射效率,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(bounce)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)。

[0070] 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,波导组件178(图6)中的其他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具有一个或多个外耦合光学元件的波导,其中一个或多个外耦合光学元件外耦合光以形成看起来被设定在距眼睛4较大距离(例如,光学无穷远)处的深度平面上的图像。其它波导或者其他外耦合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适应更近距离以将它聚焦在视网膜上,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。

[0071] 图8示出了堆叠的波导组件的示例,其中每个深度平面包括使用多个不同分量颜色形成的图像。在一些实施例中,可以通过在每个分量颜色(例如三种或更多种分量颜色)中覆盖图像,在每个深度平面处形成全色图像。所示实施例示出深度平面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。在图中通过字母G、R和B之后的屈光度的不同数字表示不同的深度平面。正如作为示例,这些字母的每个字母之后的数字表示屈光度(1/m),或者深度平面与观看者距离的倒数,并且图中的每个框代表单个分量颜色图像。

[0072] 在一些实施例中,每个分量颜色的光可以由单个专用波导输出,并且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,并且可以为每个深度平面提供三个波导,其中为每个深度平面提供三个分量颜色图像。虽然为了便于描述,在该图中示出与每个深度平面相关联的波导彼此相邻,但是应该理解,在物理设备中,波导可以全部以每个层级一个波导的形式布置在堆叠中。在一些其它实施例中,多个分量颜色可以由相同的波导输出,使得例如可以为每个深度平面仅提供单个波导。

[0073] 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、绿色或蓝色中的一个或多个之外,可以使用包括品红色和青色的其他颜色,

或者可以使用包括品红色和青色的其他颜色代替红色、绿色或蓝色中的一个或多个。

[0074] 应当理解的是,贯穿本公开对给定颜色的光的参考将被理解为包括一个或多个波长的光,该一个或多个波长的光被观看者感知为该给定颜色的光的波长范围内。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。

[0075] 现在参考图9A,在一些实施例中,入射在波导上的光可能需要被重定向以将该光内耦合到波导中。可以使用内耦合光学元件来将光重定向并将光内耦合到其对应的波导中。图9A示出了各自包括内耦合光学元件的多个堆叠波导或堆叠波导组1200的横截面侧视图的示例。波导可以各自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。应当理解的是,堆叠1200可以对应于堆叠178(图6),并且所示出的堆叠1200的波导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中的一个或多个的光从需要光重定向以进行内耦合的位置注入到波导中。

[0076] 示出的堆叠波导组1200包括波导1210、1220和1230。每个波导包括相关的内耦合光学元件,具有例如设置在波导1210的主表面(例如,底部主表面)上的内耦合光学元件1212,设置在波导1220的主表面(例如,底部主表面)上的内耦合光学元件1224,以及设置在波导1230的主表面(例如,底部主表面)上的内耦合光学元件1232。在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232中的一个或多个可以设置在相应的波导1210、1220、1230的顶部主表面上(尤其是在一个或多个内耦合光学元件是透射、偏转的光学元件的情况下)。优选地,内耦合光学元件1212、1222、1232被设置在它们相应的波导1210、1220、1230的底部主表面上(或下一个较低波导的顶部),特别是在那些内耦合光学元件是反射、偏转的光学元件的情况下。在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232可以设置在相应的波导1210、1220、1230的主体中。在一些实施例中,如在此所讨论的,内耦合光学元件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的一侧或角部上示出,但应理解的是,在一些实施例中,内耦合光学元件1212、1222、1232可设置在它们相应的波导1210、1220、1230的其他区域中。

[0077] 每个波导还包括相关联的光分布元件,具有例如设置在波导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中的顶部主表面和底部主表面中的不同主表面上。

[0078] 波导1210、1220、1230可以被气体和/或固体材料层间隔开并且分离。例如,如图所示,层1218a可以分离波导1210和波导1220;并且层1218b可以分离波导1220和波导1230。在一些实施例中,层1218a和1218b由低折射率材料(即,具有比形成波导1210、1220、1230中的

紧邻波导的材料) 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0.05或更大, 或者0.10或更小。有利的是, 较低折射率层1218a、1218b可以用作促进穿过波导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) 的包层。在一些实施例中, 层1218a、1218b由空气形成。虽然未示出, 但应当理解的是, 图示的波导组1200的顶部和底部可以包括紧邻的包层。

[0079] 优选地, 为了便于制造和其他考虑, 形成波导1210、1220、1230的材料类似或相同, 并且形成层1218a、1218b的材料类似或相同。在一些实施例中, 形成波导1210、1220、1230的材料可以在一个或多个波导之间不同, 和/或形成层1218a、1218b的材料可以不同, 同时仍然保持上述的各种折射率关系。

[0080] 继续参考图9A, 光线1240、1242、1244入射在波导组1200上。应该理解的是, 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。

[0081] 优选地, 光线1240、1242、1244具有不同的性质, 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。在一些实施例中, 内耦合光学元件1212、1222、1232各自选择性地偏转一个或多个特定波长的光, 同时将其余波长透射到下面的波导以及相关内耦合光学元件。

[0082] 例如, 内耦合光学元件1212可以被配置为选择性地偏转 (例如, 反射) 具有第一波长或波长范围的光线1240, 同时透射分别具有不同的第二和第三波长或波长范围的光线1242和1244。然后经透射的光线1242入射在内耦合光学元件1222上并被其偏转, 该内耦合光学元件1222被配置为选择性地偏转 (例如, 反射) 第二波长或第二波长范围的光。光线1244由内耦合光学元件1222透射, 继续入射在内耦合光学元件1232上并被其偏转, 该内耦合光学元件1232被配置为选择性地偏转 (例如, 反射) 第三波长或第三波长范围的光。

[0083] 继续参照图9A, 经偏转的光线1240、1242、1244被偏转, 使得它们传播通过相应的波导1210、1220、1230; 也就是说, 每个波导的内耦合光学元件1212、1222、1232将光偏转到相应的波导1210、1220、1230中以将光内耦合到该相应的波导中。光线1240、1242、1244以使得光通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230的角度被偏转。

[0084] 继续参照图9A, 光线1240、1242、1244通过TIR传播通过相应的波导1210、1220、1230, 直到入射在波导的相应的光分布元件1214、1224、1234上。

[0085] 现在参考图9B, 示出了图9A的多个堆叠波导的透视图的示例。如上所述, 内耦合的光线1240、1242、1244分别被内耦合光学元件1212、1222、1232偏转, 然后通过TIR分别在波导1210、1220、1230内传播。然后光线1240、1242、1244分别入射在光分布元件1214、1224、1234上。光分布元件1214、1224、1234使光线1240、1242、1244偏转, 使得它们分别向外耦合光学元件1250、1252、1254传播。

[0086] 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将光偏转或分布到外耦合光学元件1250、1252、1254, 并且还在该光传播到外耦合光学元件时增加该光束或光斑尺寸。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, 并且可以将内耦合光学元件1212、1222、1232配置为将光直接偏转到外耦合光学元件1250、1252、1254。例如, 参照图9A, 在一



些实施例中,光分布元件1214、1224、1234可以分别被外耦合光学元件1250、1252、1254替代。在一些实施例中,外耦合光学元件1250、1252、1254是引导观看者的眼睛4中的光(图7)的出瞳(EP)或出瞳扩展器(EPE)。

[0087] 因此,参考图9A和图9B,在一些实施例中,波导组1200包括波导1210、1220、1230;内耦合光学元件1212、1222、1232;光分布元件(例如,OPE)1214、1224、1234;以及针对每种分量颜色的外耦合光学元件(例如,EP)1250、1252、1254。波导1210、1220、1230可以在每一个波导之间用气隙/包层堆叠。内耦合光学元件1212、1222、1232将期望的颜色重定向或偏转到其适当的波导中,同时透射其他颜色的光。然后光以将会导致相应的波导1210、1220、1230内的TIR的角度进行传播。在所示的示例中,光线1242(例如,绿光)将从第一内耦合光学元件(例如,滤色器)1212反射,然后继续在波导向下弹跳,与光分布元件(例如OPE)1214相互作用,然后以前面所述的方式与外耦合光学元件(例如,EP)1250相互作用。光线1242和1244(例如,蓝光和红光)将穿过内耦合光学元件(例如,滤色器)1212并进入下一个波导1220中。光线1242将从下一个内耦合光学元件(例如,滤色器)1222反射,然后经由TIR在波导1220向下弹跳,继续前进到其光分布元件(例如,OPE)1224,然后到达外耦合光学元件(例如,EP)1252。最后,光线1244(例如,红光)将穿过内耦合光学元件(例如,滤色器)1232并进入其波导1230中,在那里光线传播到其光分布元件(例如,OPE)1234,然后到外耦合光学元件(例如,EP)1254,最后与来自其他波导1210、1220的光一起向外耦合到观看者。

#### [0088] 超表面

[0089] 图10A示出了根据一些实施例的超表面的示例。基板2000具有表面2000a,在表面2000a上设置有超表面2010。超表面2010包括多层级的光学透射材料。如图所示,在一些实施例中,该超表面是分别具有第一层级2012和第二层级2014的双层级结构。第一层级2012包括由第一光学透射(transmissive)材料形成的多个突起2020和突起之间的第二光学透射材料的块体2030a。第二层级2014位于突起上(通过第一层级与基板间隔并分离)并且包括形成在突起2020上的第二光学透射材料的第二层级块体2030b。突起2020可以是脊(或纳米线),其横向延伸进入和离开页面并且限定相邻突起之间的沟槽。如图所示,在第二层级2014上,第二光学透射材料的块体2030b可以位于突起2020的表面上,形成与第二光学透射材料的其他局部沉积物(或平台)间隔开的材料平台。

[0090] 优选地,形成块体2030a、2030b的第二光学透射材料的折射率高于形成突起2020的第一光学透射材料和形成基板2000的材料的折射率。在一些实施例中,第一光学透射材料的折射率低于或类似于形成基板2000的材料的折射率。应该理解的是,基板2000可以是波导,并且可以对应于波导182、184、186、188、190(图6)和/或波导1210、1220和1230(图9A)。在这样的应用中,基板优选具有相对高的折射率,例如高于1.5、1.6、1.7、1.8或1.9,这可以提供益处,以增加从该基板2000输出光的显示的视场以形成图像。在一些实施例中,基板2000由玻璃(例如掺杂玻璃)、铌酸锂、塑料、聚合物、蓝宝石或其他光学透射材料形成。优选地,玻璃、塑料、聚合物、蓝宝石或其他光学透射材料具有高折射率,例如高于1.5、1.6、1.7、1.8或1.9的折射率。

[0091] 继续参考图10A,突起2020的第一光学透射材料优选为可以例如通过光刻和蚀刻工艺图案化的材料。更优选地,第一光学透射材料是可以通过纳米压印来图案化的纳米压印抗蚀剂。如在此所讨论的,形成块体2030a、2030b的第二光学透射材料具有比突起2020的



第一光学透射材料和形成基板2000的材料更高的折射率。在一些实施例中,第二光学透射材料的折射率高于1.6、1.7、1.8或1.9。用于第二光学透射材料的材料的示例包括半导体材料,包括含硅材料和氧化物。含硅材料的示例包括氮化硅和碳化硅。氧化物的示例包括氧化钛、氧化锆和氧化锌。在一些实施例中,第二光学透射材料可具有较低的光学透明度。例如,第二光学透射材料可以是硅或其衍生物。在一些实施例中,第一光学透射材料2020和第二光学透射材料2030是无定形固态材料或晶体固态材料。不受理论限制,无定形材料在一些应用中可能是期望的,因为它们可以在比一些晶体材料更低的温度和更宽范围的表面上形成。在一些实施例中,形成特征2020、2030a、2030b的第一和第二光学透射材料中的每一个可以是无定形或晶体半导体材料中的一种。

[0092] 继续参考图10A,突起具有间距2040。如在此所使用的,间距是指两个紧邻结构上的相似点之间的距离。应当理解的是,相似点的相似之处在于,它们处于基本相同的结构的相似部分(例如,左侧或右侧边缘)。例如,突起2020的间距等于由突起2020和该突起与紧邻的相似突起2020之间的紧邻间隔限定的总宽度。换句话说,该间距可以被理解为由这些突起2020形成的特征阵列的重复单元的宽度(例如,突起2020和块体2030a的宽度的总和)。

[0093] 如图所示,不同波长(对应于不同颜色)的光可以入射在该超表面上,并且如在此所讨论的,该超表面在重定向特定波长的光时具有高选择性。如在此所讨论的,这种选择性可以基于第一层级2012和第二层级2014的特征的间距和物理参数来实现。在一些实施例中,突起2020的间距小于零阶反射的光重定向所期望的光的波长。在一些实施例中,几何尺寸和周期性随着波长变长而增加,并且突起2020和块体2030a、2030b中的一个或两个的高度或厚度也随着波长变长而增加。在一些实施例中,所示出的光线2050a、2050b和2050c对应于不同波长和颜色的光。在所示实施例中,该超表面具有导致光线2050b被反射的间距,而光线2050a和2050c传播通过基板2000和超表面2010。

[0094] 有利地,多层级超表面对于特定波长的光是高度选择性的。图10B示出具有图10A中所示的一般结构的超表面的透射和反射光谱的图。在该示例中,突起2020宽度为125nm,厚度为25nm,并由抗蚀剂形成;材料块体2030a和2030b厚度为75nm并且由氮化硅形成;间距是340nm;并且气隙将块体2030b分离。水平轴表示波长,水平轴表示透射(从0到1.00的范围内,从无反射到完全反射)。值得注意的是,对于窄波段而言看得到反射中的尖锐峰(在517nm处)以及伴随的透射的降低,而其他波长则是透射的。当波长与谐振波长(在本示例中约为517nm)相匹配时,光被反射。突起2020和覆盖结构2030以亚波长间隔布置,并且仅存在零阶反射和透射。如图10B所示,反射光谱在可见波长区域显示出尖锐峰,这是光学共振的特征。

[0095] 应该理解的是,可以改变超表面结构的间距(例如,突起2020和覆盖结构2030的间距)从而改变超表面的光重定向特性。例如,当间距较大时,共振波长处的光将在入射在超表面2010上时被衍射(或以非垂直角度偏转,例如相对于基板2000的表面小于90度)。在一些实施例中,在基板2000是波导的情况下,可以选择超表面结构的间距,使得谐振波长处的光以其通过全内反射(TIR)传播通过波导的角度进行偏转,而其他波长和颜色将通过超表面2010透射。在这样的布置中,超表面2010是内耦合光学元件并且可以被称为内耦合偏转的光。图11A至图11B示出将光内耦合到波导中的超表面的横截面侧视图的示例。

[0096] 图11A示出被内耦合的一个波长的光,而图11B示出被内耦合的不同波长的光。超

表面2010的共振波长可以通过改变其组成结构的几何尺寸来设计。例如,在红色光的波长处共振的超表面(图11B)与在绿色光的波长处共振的超表面(图11A)相比具有更大的几何尺寸和周期性。在一些实施例中,突起2020的间距是大约10nm-1 $\mu$ m、10-600nm、大约200-500nm、或大约300-500nm,每个层级的高度是大约10nm-1 $\mu$ m、大约10-500nm、大约50-500nm、或大约100-500nm。在一些实施例中,第二层级2014的高度不同于第一层级的高度。例如,第二层级2014的高度可以是约10nm-1 $\mu$ m或约10-300nm,并且第一层级的高度可以是约10nm-1 $\mu$ m、10-500nm。在一些实施例中,如所说明的,超表面2010可以形成内耦合光学元件1212、1222、1232(图9A)中的一个或多个,并且可以接收光线1240、1242、1244。

[0097] 应该理解的是,超表面2010也将偏转从光导2000内入射在超表面2010上的光。利用该功能,在一些实施例中,可以应用在此公开的超表面来形成外耦合光学元件。图12A至图12B示出外耦合来自波导的光的超表面的横截面侧视图的示例。图12A示出了外耦合一个波长的光,而图12B示出了外耦合不同波长的光。如在此所公开的,超表面2010的共振波长可以通过改变其组成结构的几何尺寸来设计,从而提供波长选择性。作为示例,可以使用较大几何尺寸和周期性(图12B)来提供在红色光的波长处的超表面共振,而可以使用相对较小的几何尺寸和周期性来提供在绿色光的波长处共振的超表面(图12A)。在一些实施例中,代替或除了形成内耦合光学元件,超表面2010可以形成外耦合光学元件282、284、286、288、290(图6)或1250、1252、1254(图9B)中的一个或多个。在不同的波导具有不同的相关联分量颜色的情况下,应当理解的是,与制成的每个波导相关联的外耦合光学元件和/或内耦合光学元件具有针对该波导被配置为传播的光的波长或颜色特定的几何尺寸和/或周期。因此,不同的波导可能具有不同的几何尺寸和/或周期性的超表面。作为示例,用于内耦合或外耦合红光、绿光或蓝光的超表面可以具有被配置为分别在638nm、520nm和455nm波长处重定向或衍射光的几何尺寸和/或周期性(间距)。

[0098] 在一些实施例中,超表面2010可以具有导致该超表面将光功率(optical power)赋予到衍射光上的几何尺寸和/或间距。例如,可以将超表面配置成使光以发散或会聚方向离开超表面。超表面的不同部分可以具有不同的间距,这导致不同的光线在不同的方向上偏转,例如使得光线发散或会聚。

[0099] 在一些其他实施例中,该超表面可以将光进行偏转,使得该光作为准直光线从该超表面传播离开。例如,当准直光以相似的角度入射到超表面上时,超表面可以具有贯穿整个超表面的一致的几何尺寸和一致的间距,从而以相似的角度偏转光。

[0100] 参考图11A至图12B,如图所示,超表面2010可以以“反射模式”偏转光,其中偏转的光在入射在超表面上之前和之后保持在超表面的同一侧上,而未被反射的波长的光透射穿过超表面的厚度。在一些实施例中,超表面可以以“透射模式”偏转光,其中偏转的光和未偏转的光均透射穿过该超表面的厚度,偏转的光的路径在离开该超表面之后不同,而未偏转的光的路径基本不变。应该理解的是,该超表面可以具有透射功能和反射功能,例如在一些实施例中,该超表面可以反射入射光的一部分,同时透射和偏转该光的另一部分。

[0101] 图13A至图13B示出以透射模式操作的超表面2010的示例。参照图13A,光线1240、1244基本上未被偏转地传播通过该超表面,而光线1242被偏转。光线1242可以处于超表面2010的共振波长处,而光线1240、1244则不处于该处。在一些实施例中,偏转可以用于内耦合或外耦合光线1240。图13B示出了被配置为在光内耦合的透射模式下操作的超表面的示

例。在一些实施例中,如图所示,光线1240、1242、1244各自具有不同的波长(例如,对应于不同的颜色),并且超表面1212、1222、1232各自是用于偏转特定波长或波长范围的选择。例如,超表面1212可以在透射模式下选择性地偏转光线1240,而透射光线1242和1244没有偏转。类似地,如图所示,超表面1222可以在透射模式下选择性地偏转光线1242,而透射光线1244没有偏转;并且超表面1232可以在透射模式下选择性地偏转光线1244。在一些其它实施例中,透射模式超表面也可以用作外耦合光学元件,例如外耦合光学元件282、284、286、288、290(图6)或1250、1252、1254(图9B)中的一个或多个。

[0102] 在透射模式中起作用的超表面可以在一些应用中提供优势,例如在与其它透射光学元件(诸如图9B的光分布元件1214、1224、1234和/或外耦合光学元件1250、1252、1254的一些实施例)被利用在波导上。这种透射模式的超表面可以如其他光学元件形成在基板的同侧上,这可以有利于制造超表面和光学元件,同时减少损坏超表面或光学元件的可能性(如果需要在基板的两侧进行处理可能发生)。

[0103] 图14A至图14D图示了用于形成超表面2010的工艺流程的示例。参照图14A,在基板2000上沉积例如抗蚀剂(例如,纳米压印抗蚀剂)的第一材料2020a。抗蚀剂2020a优选为光学透射的并且可以通过例如旋涂来沉积以形成抗蚀剂层。在一些实施例中,可以通过喷射涂覆(例如喷墨印刷)来沉积抗蚀剂2020a,其可以提供用于形成异常薄层的优点,以及具有不同组成和/或厚度的层的优点。如图所示,抗蚀剂2020a可以从抗蚀剂源2022输送到基板2000。

[0104] 参照图14B,使压印模板或母版2024与抗蚀剂2020a接触以图案化该抗蚀剂。应该理解的是,压印模板2024中的图案可以通过例如光刻形成,包括电子束光刻或EUV光刻。然而,可以重复使用相同的模板来在多个基板上图案化抗蚀剂,由此减少最终形成的超表面的每单位制造成本。

[0105] 在接触压印模板2024之后,抗蚀剂2020a呈现由模板2024中的开口限定的图案。在一些实施例中,抗蚀剂2020a可以例如通过暴露于光(诸如,UV光)和/或加热来固化以固定抗蚀剂。如图14C所示,模板2024然后可以缩回,留下图案化的抗蚀剂2020。

[0106] 参照图14D,随后将第二材料2030沉积在图案化的抗蚀剂2020上。用于第二材料2030的材料的示例包括半导体材料,包括含硅材料,例如硅、氮化硅、碳化硅;氧化物,包括氧化锆、氧化锌和氧化钛;以及光学透射抗蚀剂。如在此所公开的,第二材料2030优选为光学透射材料。第二材料2030可以通过各种工艺来沉积,包括毯式沉积、定向沉积以及旋涂或喷涂。毯式沉积的示例包括化学气相沉积(CVD),其中抗蚀剂暴露于同时存在于包含基板2000的沉积室以及原子层沉积(ALD)中的相互反应前体,其中抗蚀剂交替地暴露于前体。在期望高精度的情况下,ALD可以提供用于精确控制沉积层厚度的优点,并且还可以在低温下形成沉积材料。定向沉积的示例包括蒸发和溅射以将第二材料输送到纳米压印抗蚀剂2020和基板2000。

[0107] 现在参考图15,示出了在超表面的第一层级上的图案化材料2020的近视横截面图。如图所示,图案化的材料层可以具有保持未图案化的残留层厚度(RLT) 2021。这种残留层厚度在纳米压印中是典型的并且可以在本文的各种实施例中存在(虽然未示出)。在突起2020由压印的抗蚀剂形成的情况下,将理解的是,抗蚀剂可能对高温敏感。优选地,第二层级材料2030的沉积温度在抗蚀剂的玻璃化转变温度( $T_g$ )的30–50摄氏度内。更优选地,沉积

温度低于 $T_g$ 。在一些实施例中,每个突起的纵横比( $AR, h:w$ )小于约3至4(例如 $AR<3-4$ )。在一些实施例中,纵横比约为1。在一些实施例中,抗蚀剂的折射率在大约1.2-2.0之间。

[0108] 现在参考图16A1至16C,应当理解的是,可以利用用于沉积第二材料2030的各种方法来提供超表面2010的不同轮廓,其通过相对于突起2030,在包括不同的层级别的不同位置处提供第二材料2030。图16A1和图16B至图16C示出了超表面结构的横截面侧视图的示例,其中第二材料在突起的下层图案之上被沉积至不同厚度。在图16A1中,超表面2010由双层级结构限定,在突起2020和沉积在突起上的第二材料的块体2030a和2030b之间具有气隙。应该理解的是,在沉积是定向沉积工艺的情况下,第二材料基本上位于突起的顶表面上以及突起2020之间的空间中,在突起的侧面上没有或具有最少的材料。在沉积是共形、毯式沉积的情况下,第二材料2030沉积在突起2020的顶部、之间和侧面上。图16A1示出了突起2020的侧面上的一些第二材料,尽管侧面上的这种材料2030不一定是按比例。在一些实施例中,材料2030在包括突起2020的侧壁的所有表面上之形成具有基本恒定厚度的毯式层。如本文所讨论的,这样的毯式层可以通过例如ALD来沉积。

[0109] 图16A2示出具有图16A1中所示的一般结构的超表面的透射和反射光谱的图。水平轴表示光的入射角度,水平轴表示透射(按0-1的范围)。在这个示例中,突起2020由抗蚀剂形成并且具有100nm的厚度和130nm的宽度;上覆材料2030是具有60nm的基本恒定厚度的氮化硅共形毯式层;间距是382nm;并且气隙将块体2030b分开。如图16A2所示,该超表面在对光进行反射的入射角度上具有有利的宽范围。例如,该超表面高度反射相对于该超表面的法线(例如,相对于该超表面的厚度轴)具有大约 $\pm 0.25$ 弧度的角度的光。

[0110] 图16B示出由突起2020之间没有气隙的双层级结构限定的超表面。第二材料已经沉积到突起202之间的间隙已经被块体2030a完全填充的程度。实现所示的沉积是定向沉积,尽管共形的毯式沉积将实现类似的结构(伴随着在超表面结构的上层级上由材料2030形成的平台的一些变宽)。

[0111] 图16C示出由具有厚连续上层级层2030b的双层级结构限定的超表面。在一些实施例中,例如层2030b可以使用共形的毯式沉积来实现,共形的毯式沉积完全填充突起2020之间的间隙的,并且然后继续达到块体2030b在突起2020之上形成连续层的程度。

[0112] 图17A至图17C示出了超表面结构的横截面侧视图的示例,其中第二材料是通过旋涂或喷涂来沉积的抗蚀剂。优选地,抗蚀剂是折射率高于1.6、1.7、1.8或1.9的高折射率抗蚀剂。有利地,改变抗蚀剂的粘度和涂覆条件允许产生不同的结构。在图17A中,抗蚀剂沉积在突起2020上,但具有足够低的粘度,以致其沉降到突起之间的间隙中,由此形成具有块体2030a且无残留顶层的超表面。在图16B中,沉积足够量的抗蚀剂,使得突起2020之间的间隙被抗蚀剂的块体2030a填充,而不存在残留顶层。在图16C中,沉积足够量的抗蚀剂,使得突起2020之间的间隙被块体2030a填充,同时还由块体2030b形成连续的残留顶层。

[0113] 尽管在一些实施例中采取双层级结构的形式,但应该理解的是,在此公开的超表面可以包括多于两个层级。例如,超表面可以包括三个或更多个层级。这三个或更高层级结构可以使用阶梯状突起形成。较低层级(最靠近基板)可以包括由第一光学透射材料形成的突起部分和突起侧面处的第二光学透射材料块体,并且最高层级(离基板最远)优选仅包含第二光学透射材料,沉积在突起的最高台阶的顶表面上。优选地,为了形成n层级的超表面,利用n-1层级的阶梯状突起,其中每个连续层级上的台阶具有比紧邻的下一层级上的台阶

更小的宽度。在一些实施例中,如在横向于突起的伸长轴线所截取的横截面侧视图所见,这些台阶关于延伸突起的高度的轴线对称。可以设想,这三个或更高层级超表面可以如双层级超表面应用在相同的应用中(例如,作为内耦合和/或外耦合光学元件)。

[0114] 图18A至图18B示出了具有多于两个层级的超表面的横截面侧视图的示例。图18A示出了分别具有第一层级2012、第二层级2014和第三层级2016的超表面2010。三层级超表面2010使用阶梯状突起2020形成,每个阶梯状突起2020均在两个层级之上延伸,其中每个层级上一个台阶,并且第二层级上的台阶宽度小于第一层级上的台阶宽度。第二光学透射材料的块体2030a形成在第一层级2012上的突起2020的侧面处,并且优选地从一个突起2020连续地延伸到紧邻的突起2020。第二光学透射材料的块体2030b形成在第二层级2014上的突起2020的侧面处。在第三层级上,第二光学透射材料的块体2030c形成在突起2020的顶表面上。如图所示,沉积的第二光学透射材料的量连同突起2020的台阶的高度使得第二光学透射材料不具有占据给定层级的整个高度的厚度。在某种意义上,气隙存在于紧邻的突起2020之间的空间中的给定层级上。

[0115] 图18B示出了类似于图18A的超表面的超表面,不同之处在于突起的侧面未被暴露。应该理解的是,可以通过沉积足够量的第二光学透射材料来覆盖突起2020的侧面,以完全填充每个层级上紧邻的突起2020之间的空间。

[0116] 图19A至图19D示出了用于形成具有多于两个层级的超表面的工艺流程的示例。在一些实施例中,除了压印模板2026是被配置用于压印多层级突起的多层级结构之外,工艺流程可以使用与图14A至图14D的工艺流程类似的工艺进行。这样的多层级压印模板2026可以由例如多重曝光光刻形成,包括多重曝光电子束光刻或多重曝光EUV光刻。在一些实施例中,每次曝光可以用于在针对多层级突起的负的台阶或层级上进行图案化。

[0117] 简而言之,参照图19A,在基板2000上沉积例如抗蚀剂(诸如,纳米压印抗蚀剂)的第一材料2020a。抗蚀剂2020a优选为光学透射性的,并且可以如上文关于图14A所讨论的那样沉积。

[0118] 参照图19B,使压印模板或母版2026与抗蚀剂2020a接触以图案化该抗蚀剂。在接触压印模板2026之后,抗蚀剂2020a呈现包含阶梯状突起2020的图案。如在此所述,在缩回模板2026之前,抗蚀剂可以被固化以将它固定。图19C示出所得到的阶梯状多层级突起。

[0119] 参照图19D,随后将第二材料沉积在图案化的抗蚀剂上。如在此所述,用于第二材料的材料的示例包括半导体材料,包括含硅材料,例如硅、氮化硅、碳化硅;氧化物,包括氧化锆、氧化锌和氧化钛;以及光学透射抗蚀剂。第二材料优选为光学透射材料。如上面关于图14D所讨论的,第二材料可以通过各种工艺来沉积,包括毯式沉积、定向沉积以及旋涂或喷涂。

[0120] 虽然没有示出,但应该理解,适当选择沉积工艺、沉积时间和/或沉积条件,可以改变超表面的物理结构,如图16A1和16B至图17C所示。关于那些图16A1和图16B至图17C中的任何一个所指出的沉积可以应用于三个或更高层级的超表面。例如,突起2020之间的气隙的存在可以通过没有达到特定层级的整个高度的沉积来实现。可选地,可沉积足够的第二光学透射材料以完全填充金属表面的所有层级,使得第二材料的连续层在突起2020的顶部上延伸。

[0121] 在一些实施例中,可以使用具有超表面2010(作为内耦合和/或外耦合光学元件)

的波导2000来形成显示系统,例如在此公开的系统1000(图6)。例如,在制造了超表面2010之后,波导2000可以光学耦合到光管,诸如用于将图像信息注入到波导中的光管。在一些实施例中,光管可以是光纤。光管的示例包括图像诸如装置200、202、204、206、208(图6)和扫描光纤。在一些实施例中,可以提供各自具有超表面2010的多个波导,并且这些波导中的每一个波导可以光学地耦合到一个或多个图像注入装置。

[0122] 在此描述了本发明的各种示例实施例。以非限制性的方式参考这些示例。提供它们是为了说明本发明的更广泛适用的方面。在不脱离本发明的真实精神和范围的情况下,可以对所描述的发明进行各种改变并且可以替换等同物。

[0123] 例如,虽然有利地与在多个深度平面上提供图像的AR显示器一起使用,但是在此公开的增强现实内容还可以由在单个深度平面上提供图像的系统来显示。此外,虽然被图示为位于基板的单个表面上,但应该理解,可以将该超表面设置在多个基板表面上(例如,在波导的相对主表面上)。在将多路复用图像信息(例如,不同颜色的光)引导到波导中的一些实施例中,可以在波导上提供多个超表面,例如对于每种颜色的光有一个超表面起作用(active)。在一些实施例中,形成超表面的突起的间距或周期性和/或几何尺寸可以在整个超表面上变化。这种超表面可在重定向不同波长的光时起作用,这取决于光入射到超表面上的位置处的几何形状和间距。在一些其他实施例中,超表面特征的几何形状和间距被配置为变化,使得即使具有相似波长的偏转光线以不同角度传播远离超表面。还应当理解的是,多个分离的超表面可以设置在基板表面上,在一些实施例中每个超表面具有相同的几何形状和间距,或者在一些其他实施例中至少一些超表面具有与其他超表面不同的几何形状和/或间距。

[0124] 另外,虽然有利地应用于诸如可穿戴式显示器的显示器,但是可以将该超表面应用于需要紧凑、低轮廓的光重定向元件的各种其他设备。例如,金属表面通常可以用于形成光学板(例如,玻璃板)、光纤、显微镜、传感器、手表、相机和图像投影设备的光重定向部分。

[0125] 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范围的情况下,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,其可容易地与其他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。

[0126] 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。这种提供可由用户执行。换言之,“提供”动作仅需要用户的获得、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。

[0127] 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。

[0128] 为了便于描述,在此使用指示特征的相对位置的各种词语。例如,各种特征可被描述为在其他特征“上”、“之上”、“侧面”、“较高”或“较低”。也可以使用其他相对位置的词语。用于描述目的,相对位置的所有这些词语都假定由特征形成的集合结构或系统作为参考点

作为整体处于某个方位,但是应该理解的是,在使用中,该结构可以侧向放置、翻转或处于任何其他方位。

[0129] 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。

[0130] 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個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。

[0131] 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。

[0132] 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。

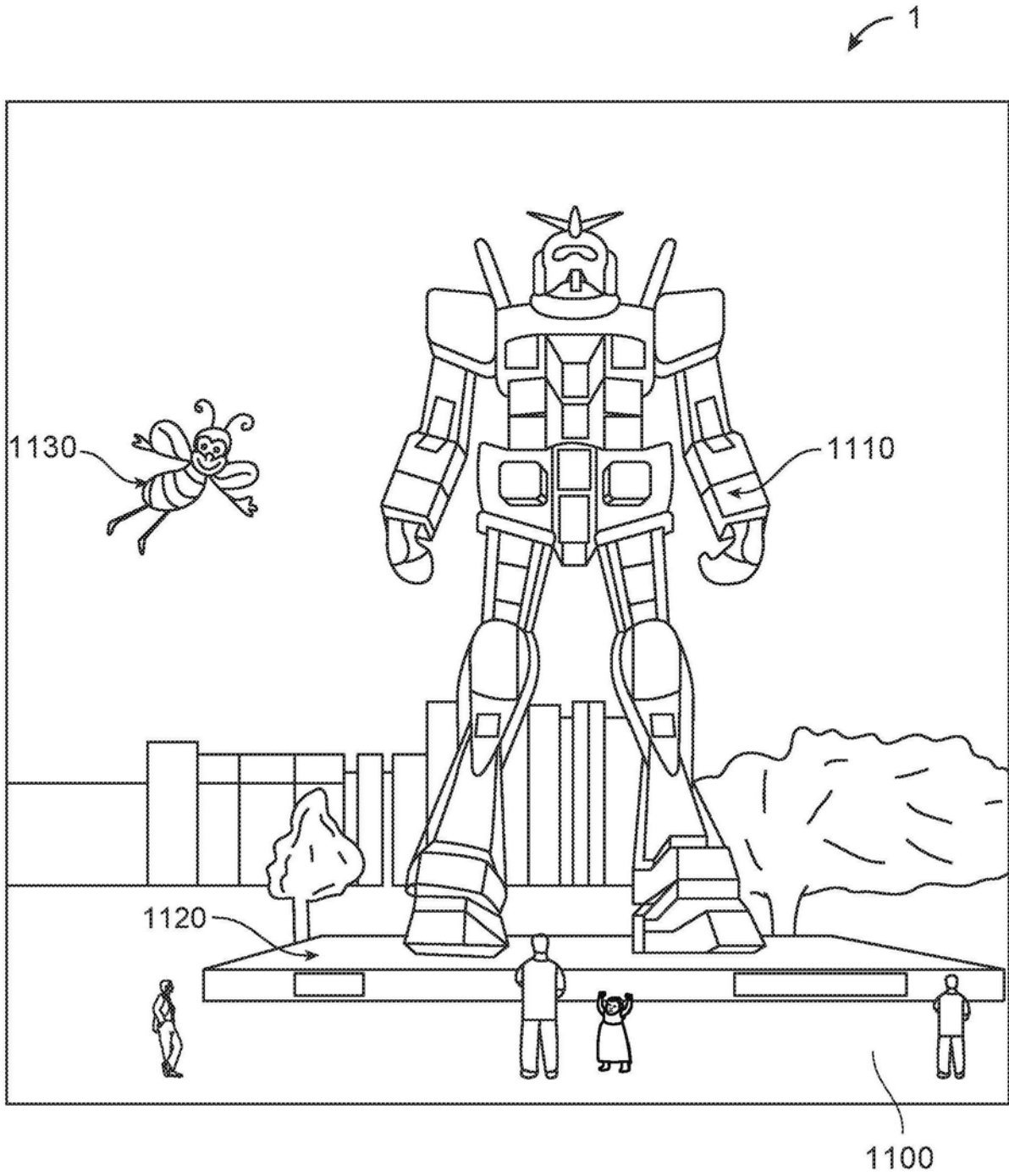


图1



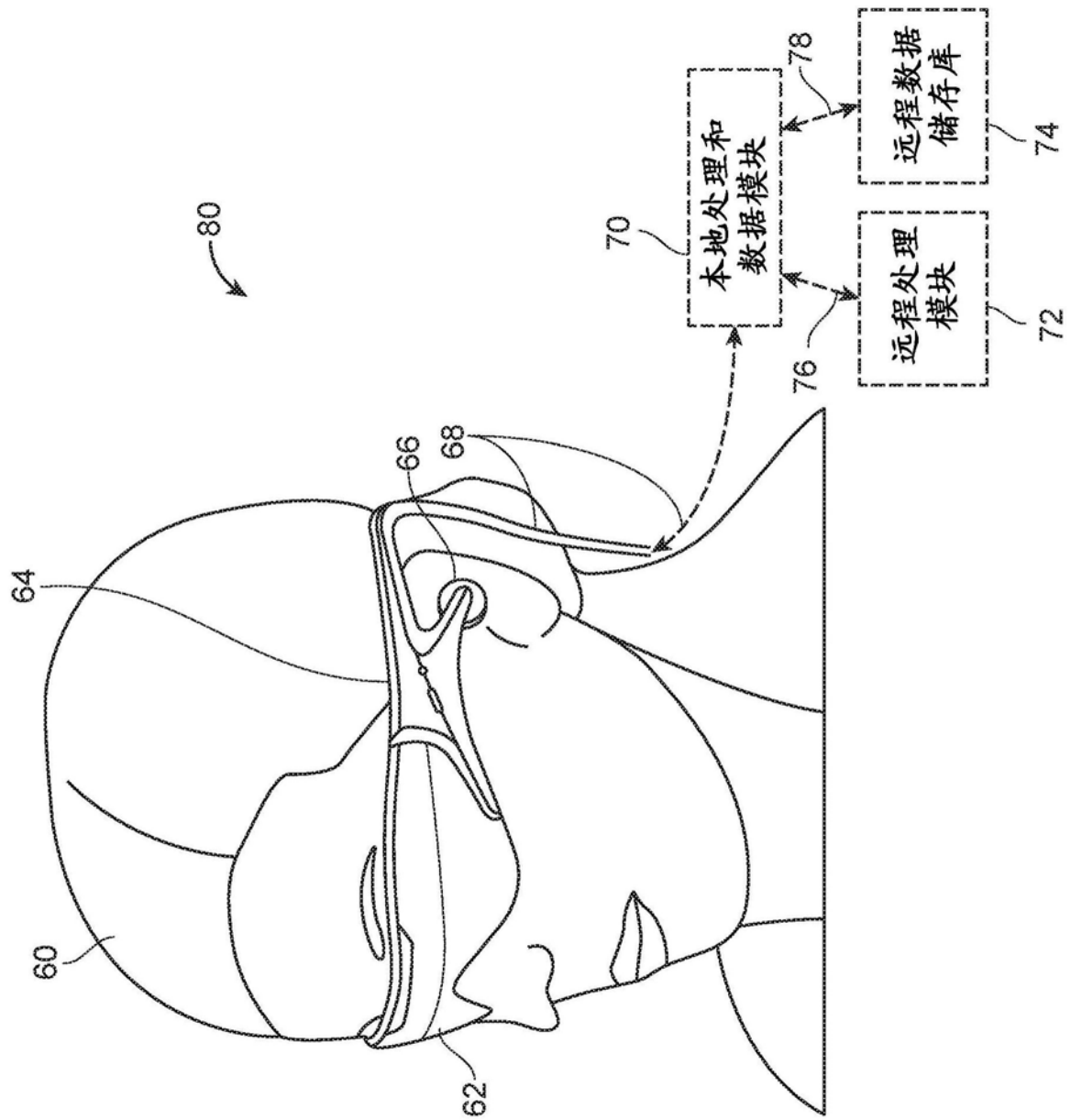


图2

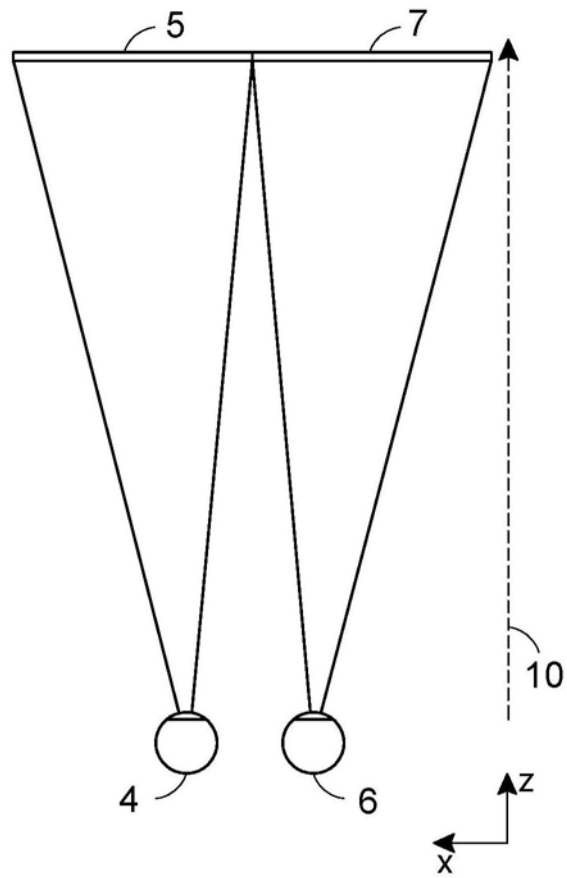


图3

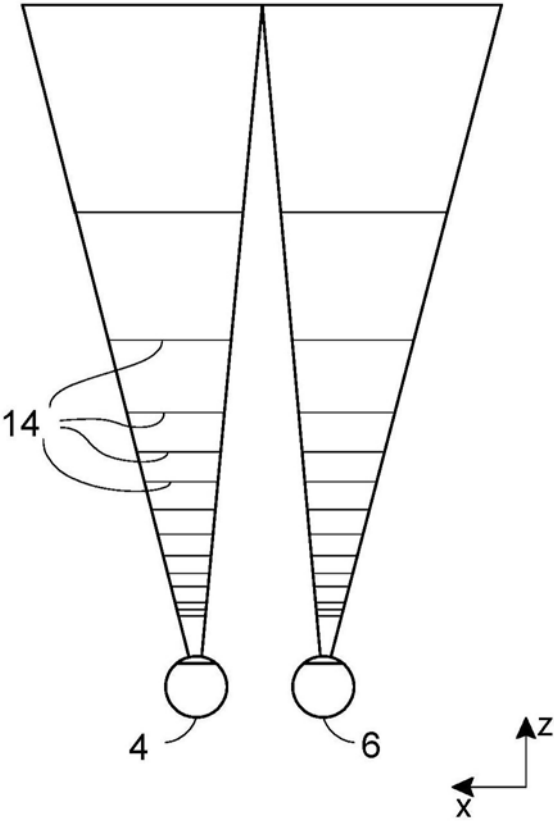


图4

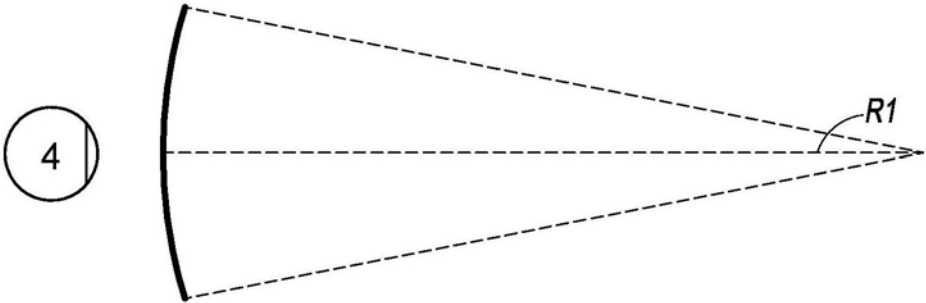


图5A

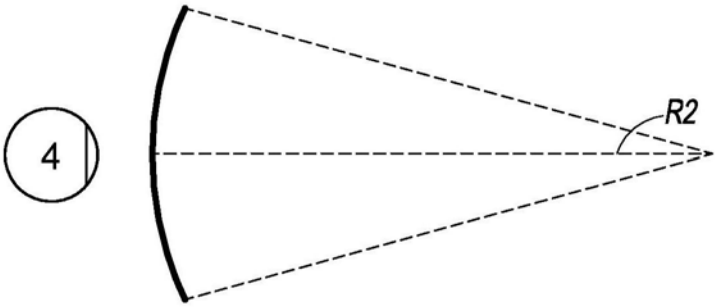


图5B

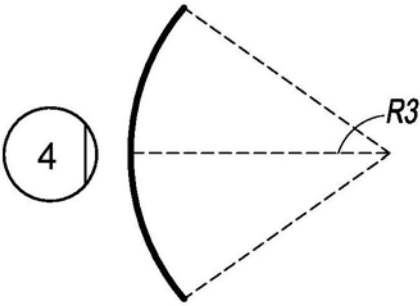


图5C



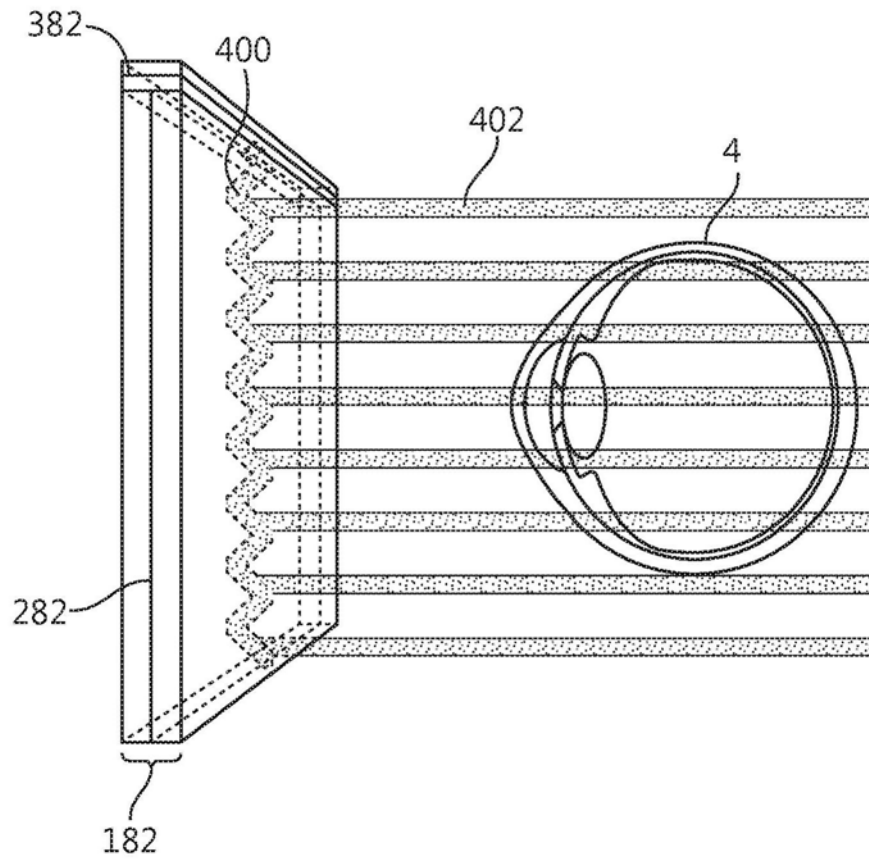


图7

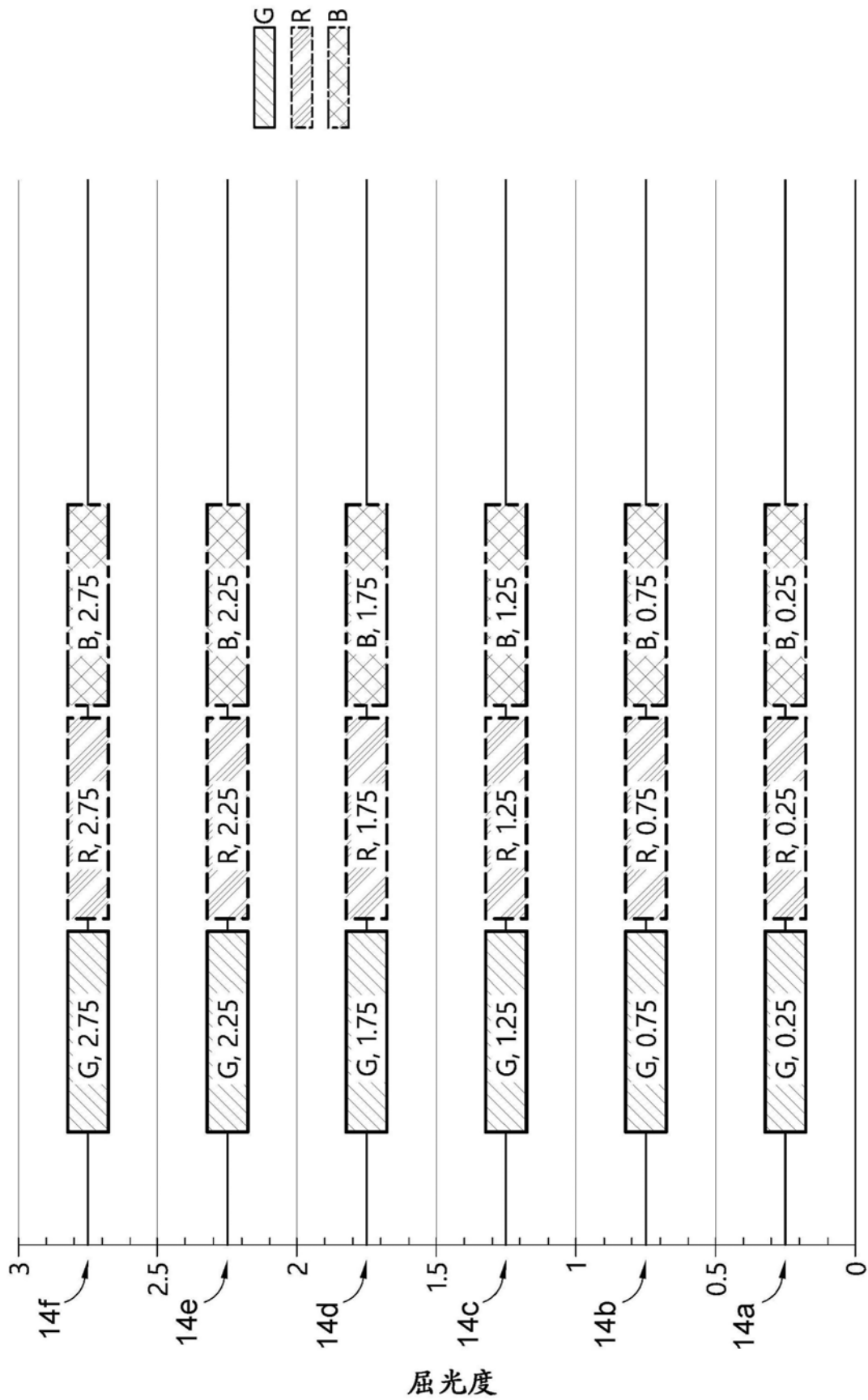


图8

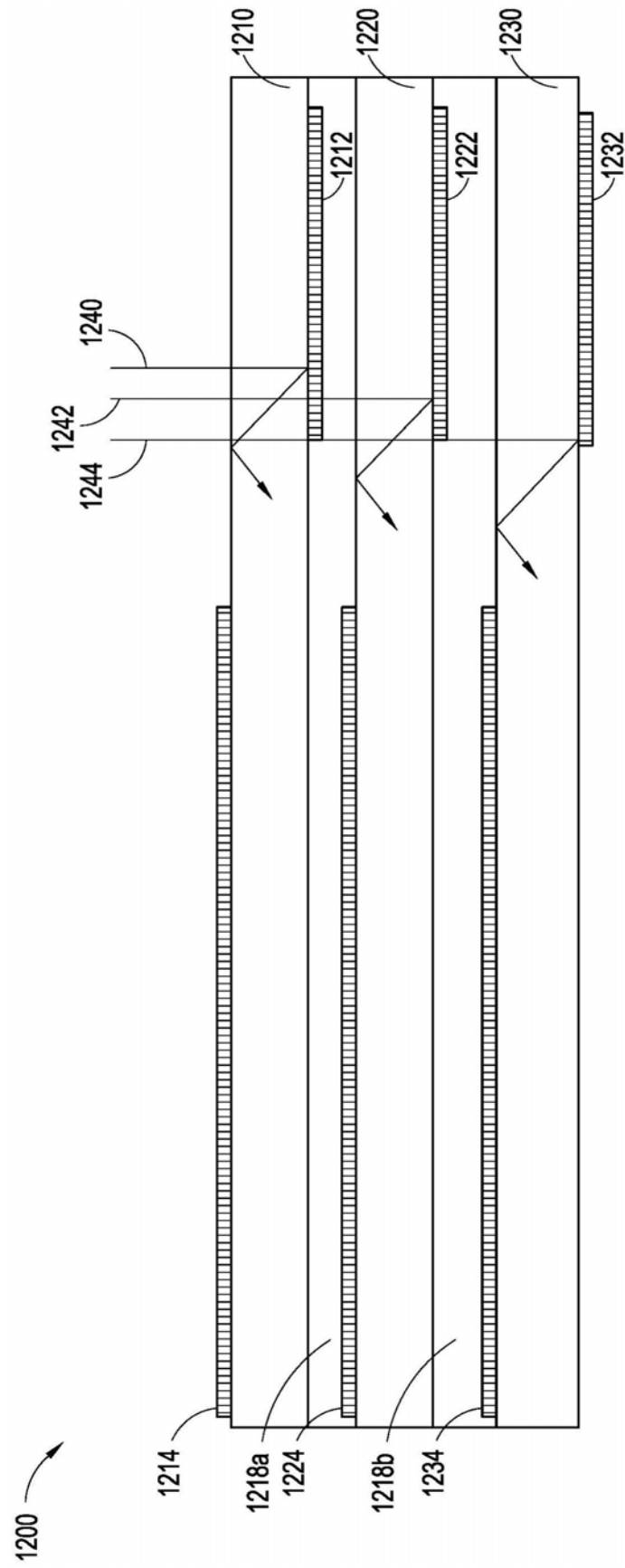


图9A



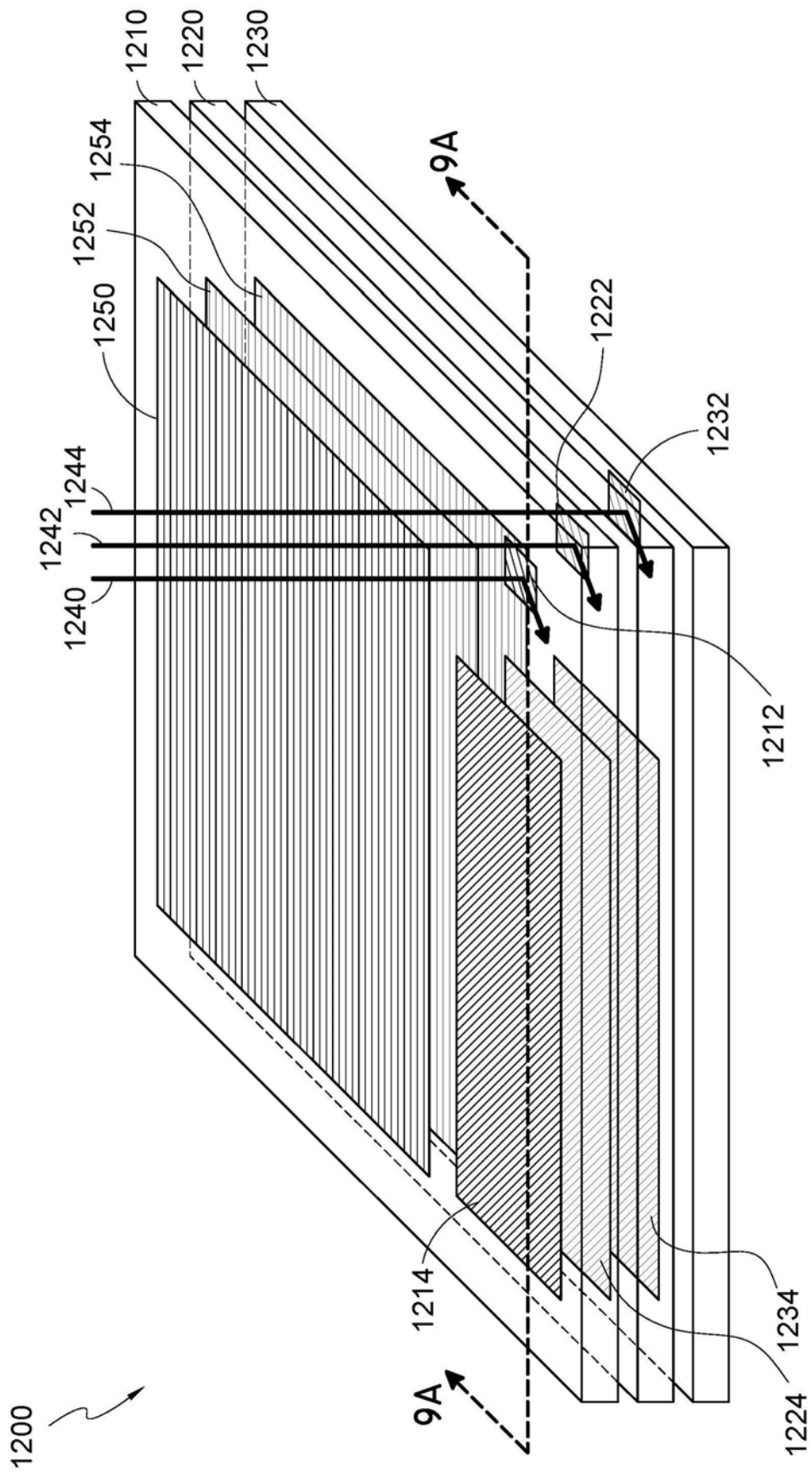


图9B

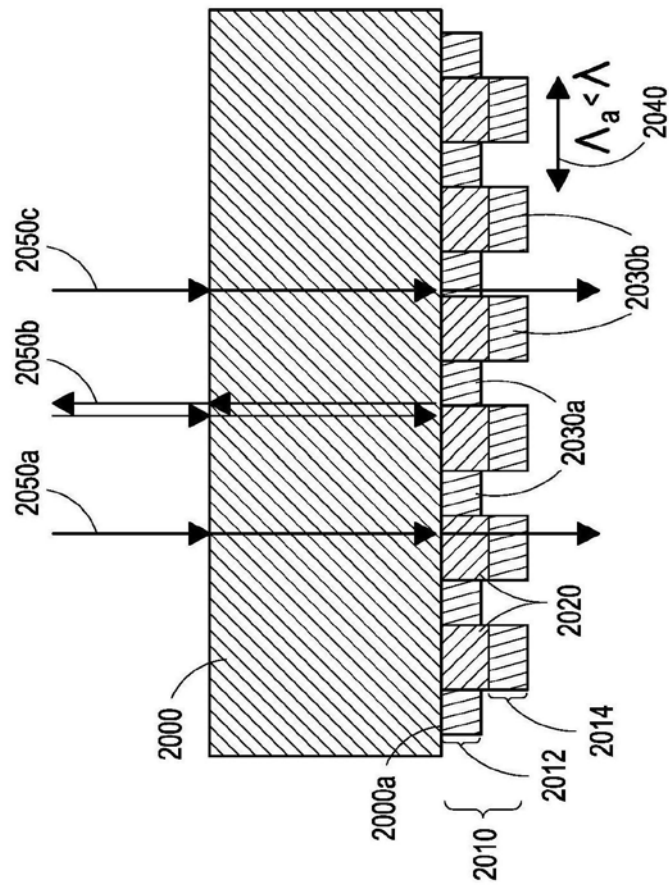


图10A

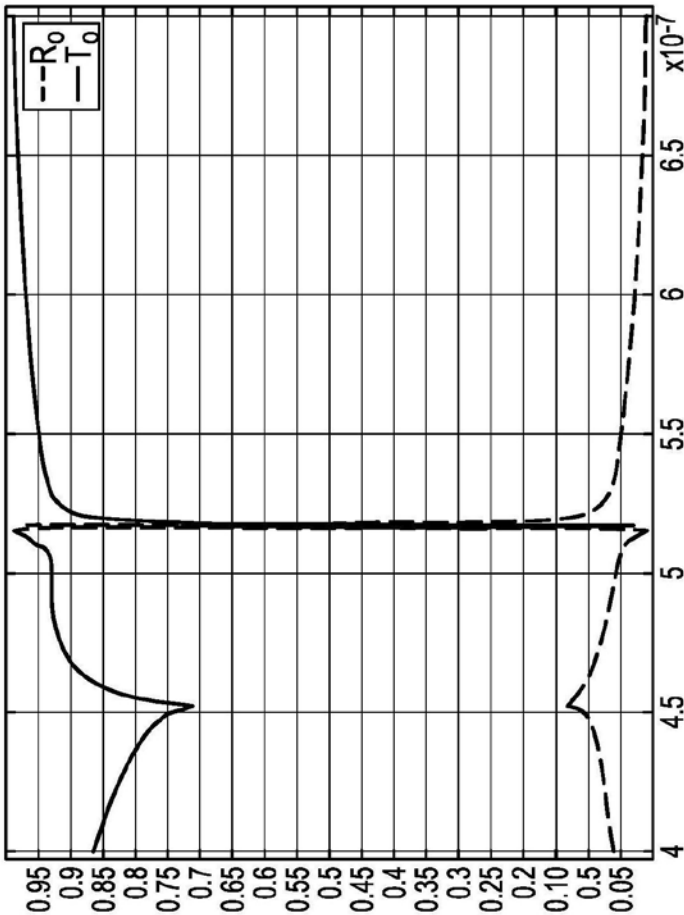


图10B

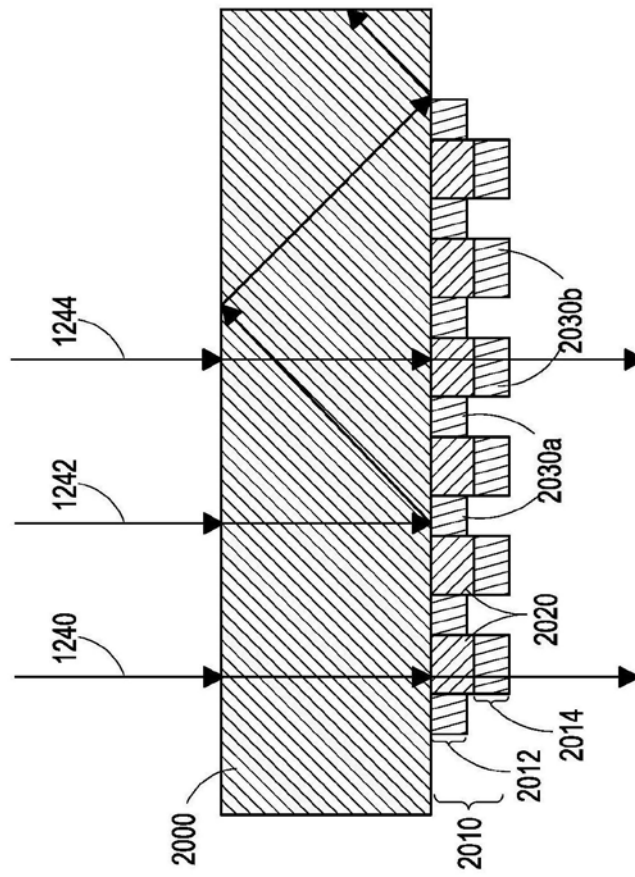


图11A

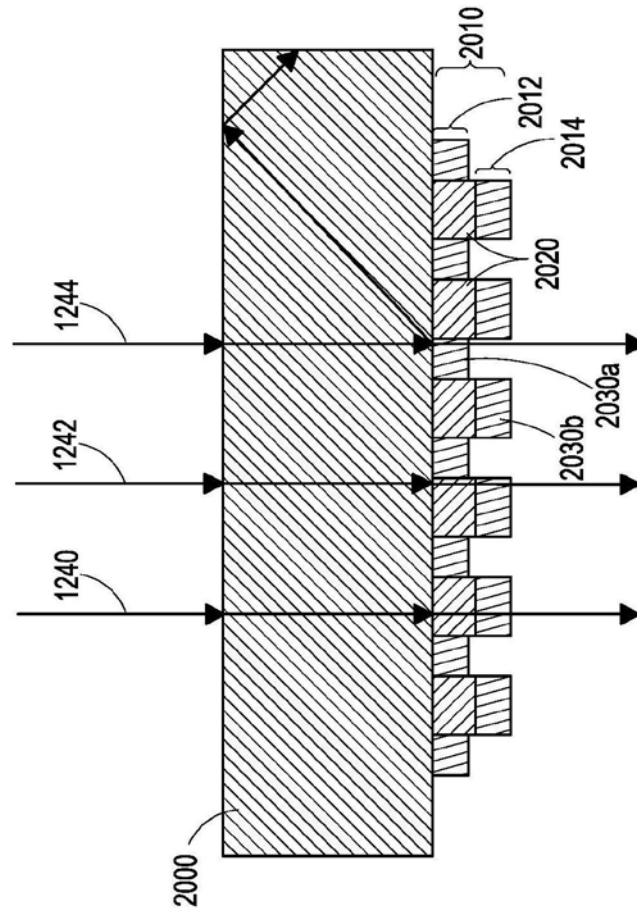


图11B

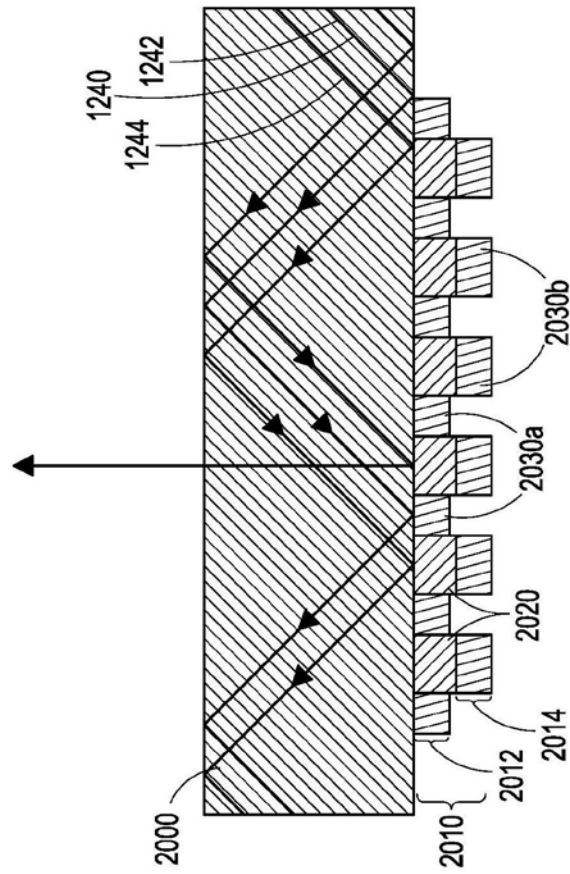


图12A

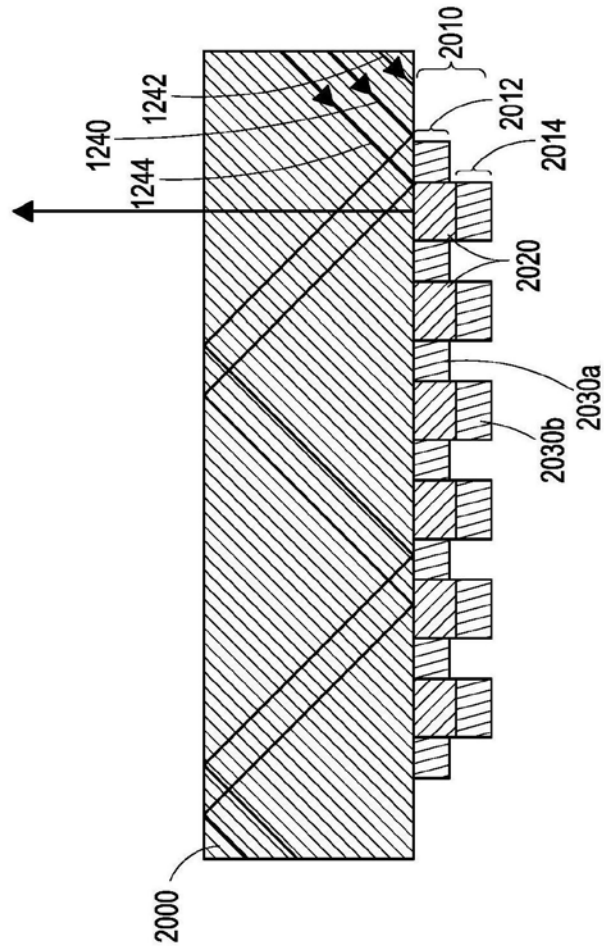


图12B

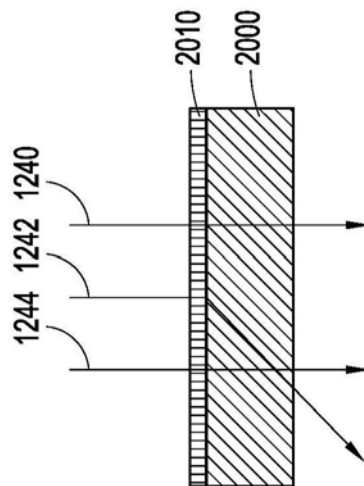


图13A

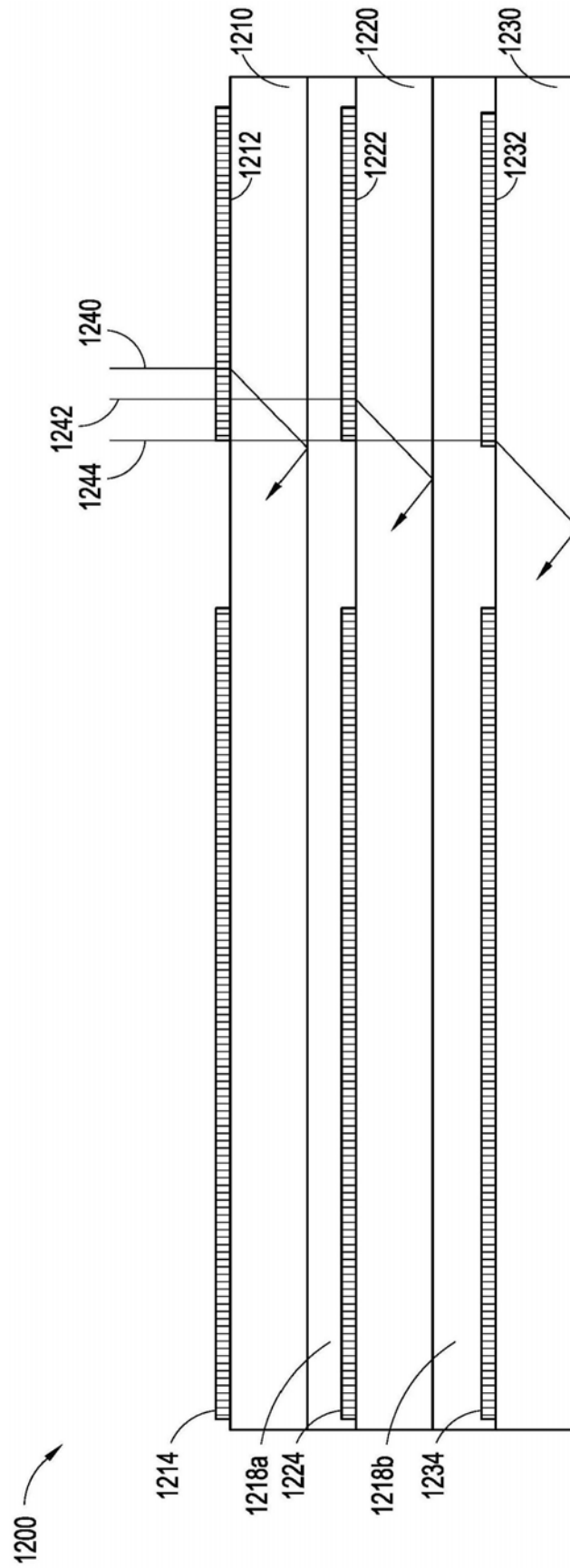


图13B



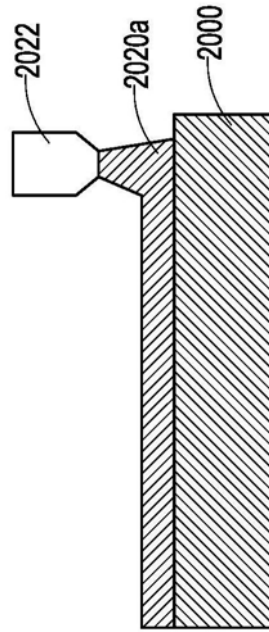


图14A

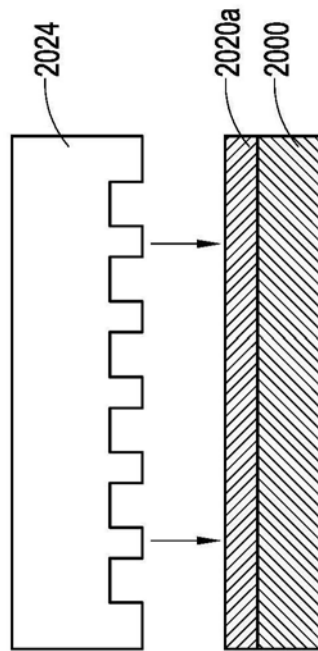


图14B

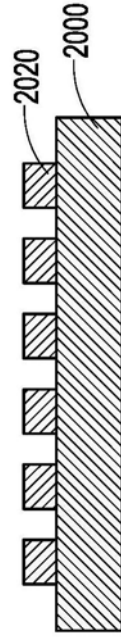


图14C

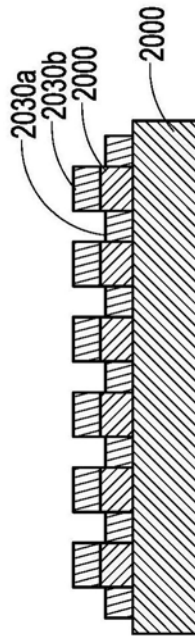


图14D

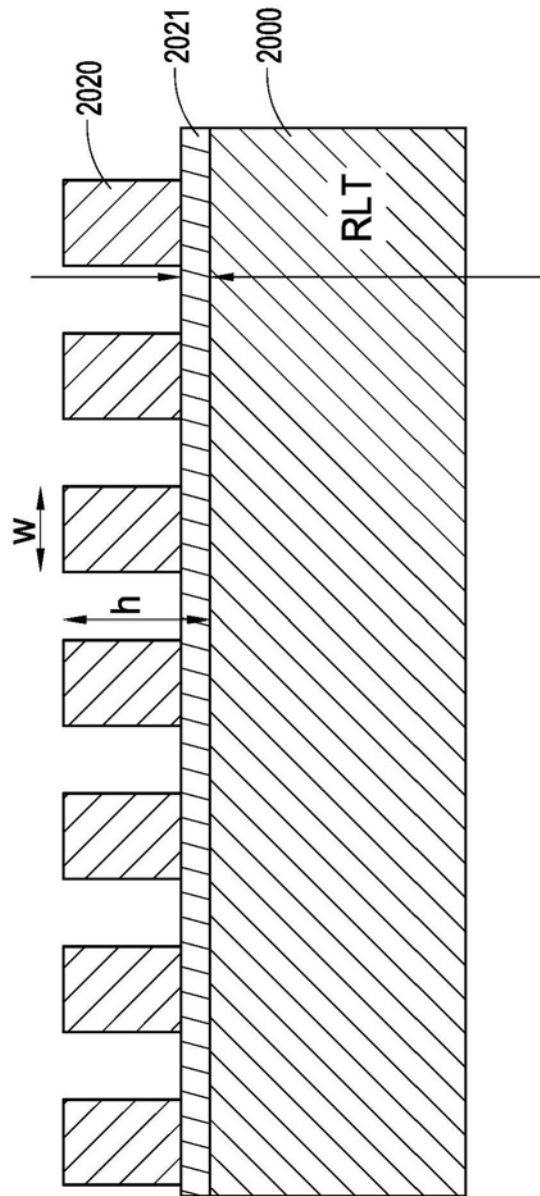


图15

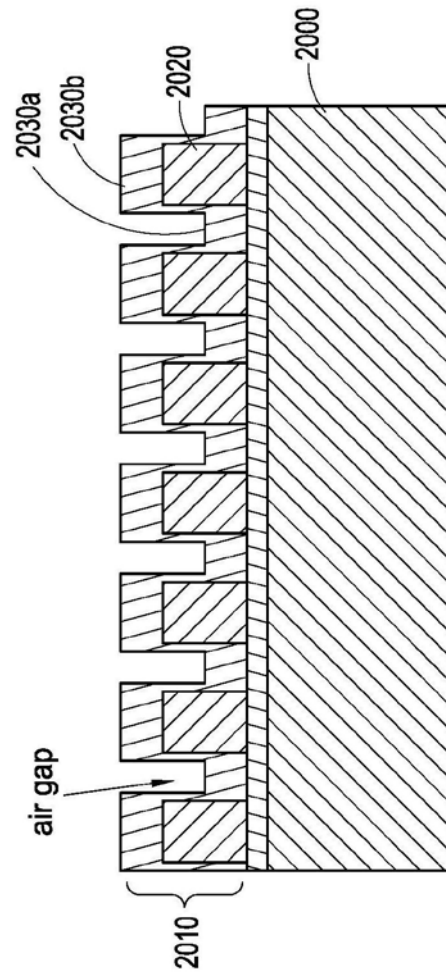


图16A1

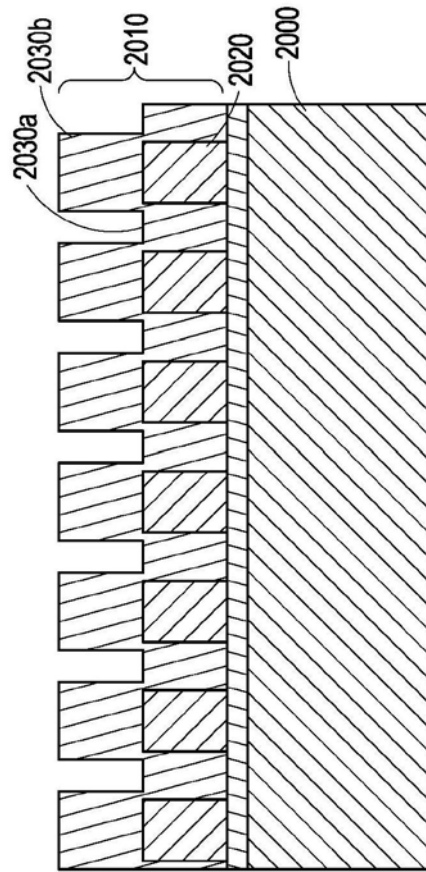


图16B

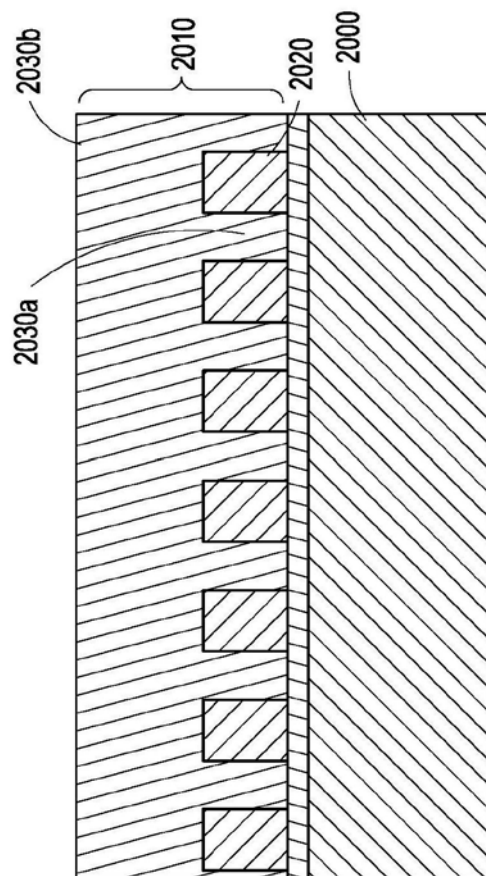


图16C

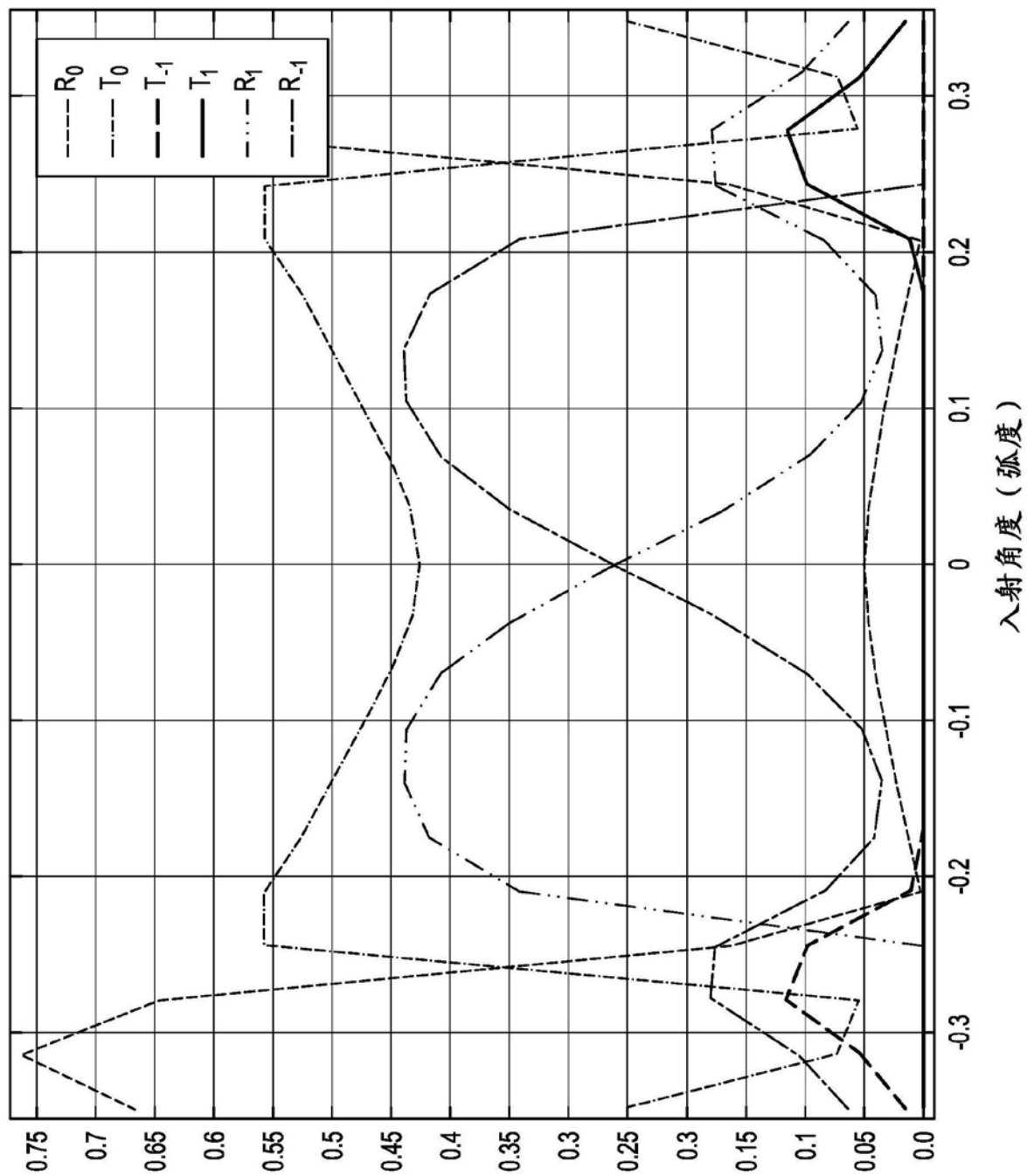


图16A2

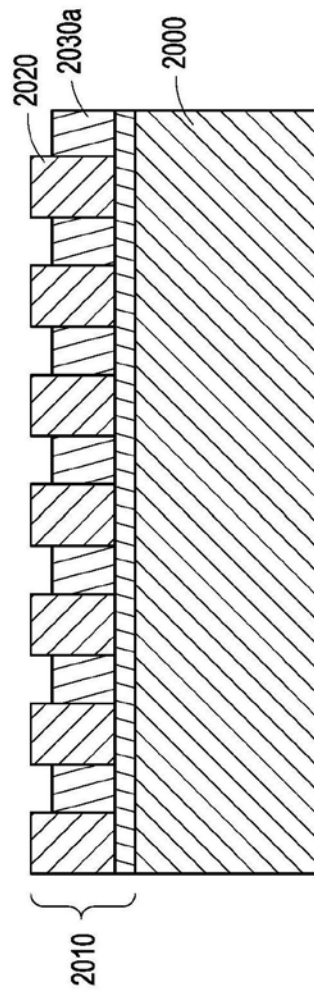


图17A



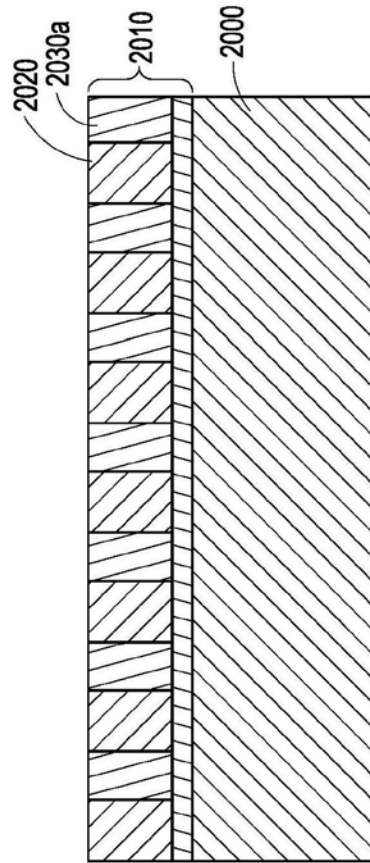


图17B

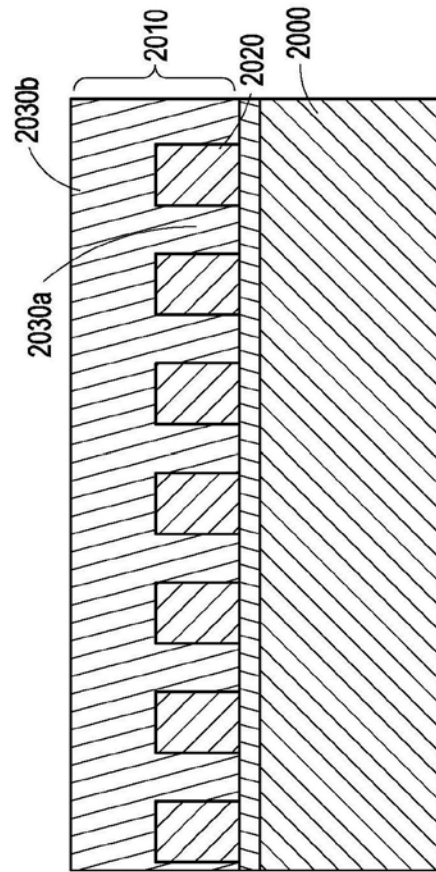


图17C

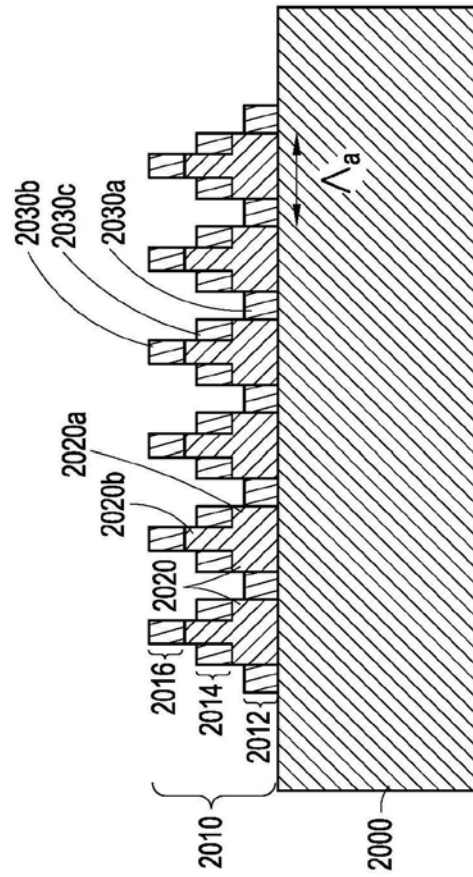


图18A

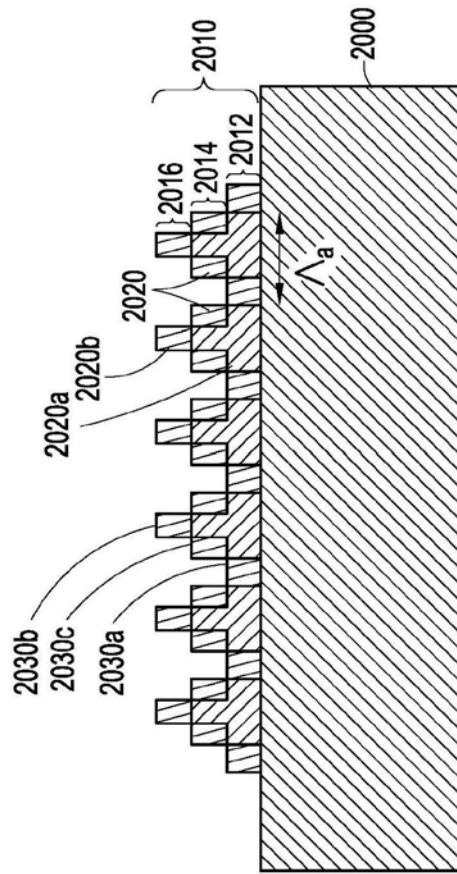


图18B

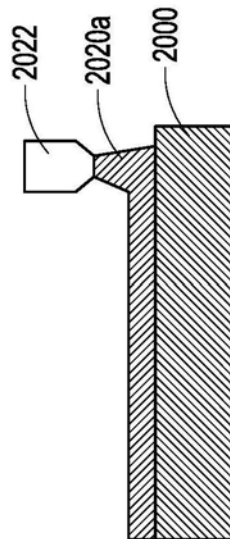


图19A

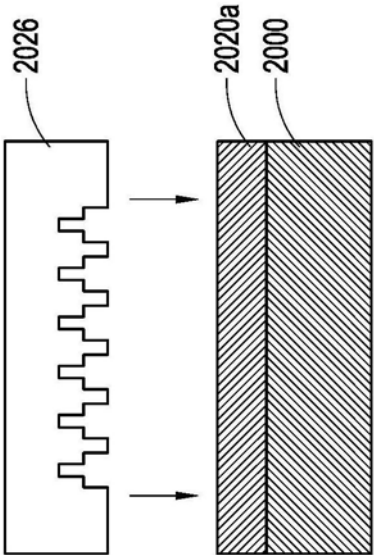


图19B

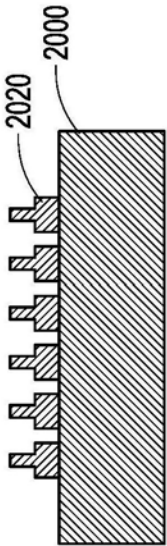


图19C

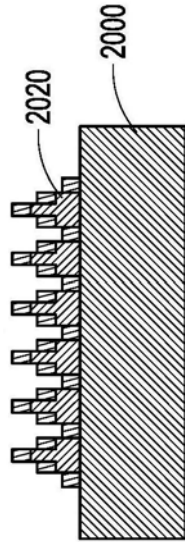


图19D