



## (12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 108700697 B

(45) 授权公告日 2021.12.14

(21) 申请号 201780012895.2

(22) 申请日 2017.02.24

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108700697 A

(43) 申请公布日 2018.10.23

(30) 优先权数据

62/299,547 2016.02.24 US

62/299,601 2016.02.25 US

62/307,263 2016.03.11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.08.23

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2017/019510 2017.02.24

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/147527 EN 2017.08.31

(73) 专利权人 奇跃公司  
地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 B·J·西森

(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 5/30 (2006.01)  
G02B 27/10 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 2015159726 A1, 2015.10.22

WO 2015159726 A1, 2015.10.22

CN 1791815 A, 2006.06.21

US 2014176818 A1, 2014.06.26

US 2014176818 A1, 2014.06.26

CN 104781723 A, 2015.07.15

US 2012212400 A1, 2012.08.23

US 2015319342 A1, 2015.11.05

CN 104185809 A, 2014.12.03

CN 105122116 A, 2015.12.02

CN 103890639 A, 2014.06.25

US 2015205126 A1, 2015.07.23

审查员 王健

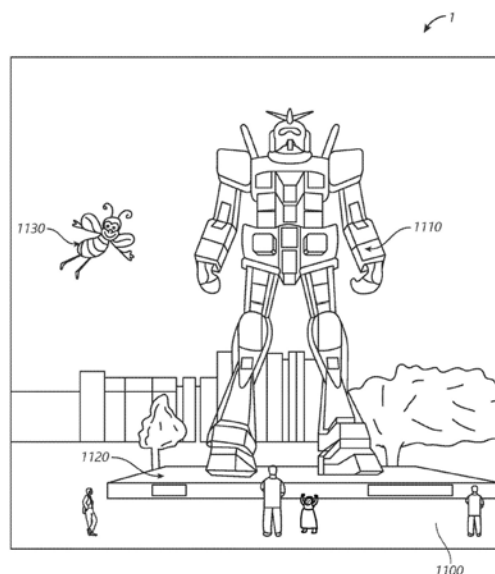
权利要求书2页 说明书15页 附图20页

(54) 发明名称

具有低光泄漏的偏振分束器

(57) 摘要

在一些实施例中,提供了一种偏振分束器。该分束器可包括具有第一相对面和第二相对面的光学透射间隔物,其中在第一相对面上具有第一偏振器,在第二相对面上具有第二偏振器。光学透射间隔物可以分离立方体型分束器的第一三角形棱镜和第二三角形棱镜,其中第一偏振器位于第一三角形棱镜和间隔物的第一相对面之间,第二偏振器位于第二三角形棱镜和间隔物的第二相对面之间。



1. 一种偏振分束器,包括:

具有第一相对面和第二相对面的光学透射间隔物,其中所述间隔物是被配置为通过在所述第一相对面与所述第二相对面之间的反射而传播光的波导;

位于第一相对面上的第一偏振器,其中,所述第一偏振器反射偏振光并泄露所述偏振光;

位于第二相对面上的第二偏振器;以及

在所述第一偏振器和所述第二偏振器之间以及所述间隔物内的插入的防反射偏振器,其中,所述插入的防反射偏振器被配置为优先吸收透射通过所述第一偏振器的泄漏光的所述偏振光,其中,所述防反射偏振器将所述间隔物分成第一部分和第二部分,所述第一部分包括所述第一相对面,所述第二部分包括所述第二相对面,并且

其中,所述防反射偏振器沿着所述间隔物的长度仅部分地延伸。

2. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述光学透射间隔物是板。

3. 根据权利要求2所述的偏振分束器,其中所述板是弯曲的板。

4. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述光学透射间隔物分离第一三角形棱镜和第二三角形棱镜,

其中所述第一偏振器位于所述第一三角形棱镜与所述间隔物的所述第一相对面之间,

其中所述第二偏振器位于所述第二三角形棱镜与所述间隔物的所述第二相对面之间。

5. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述第一三角形棱镜和所述第二三角形棱镜形成立方体型分束器。

6. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述防反射偏振器是吸收型偏振器。

7. 根据权利要求6所述的偏振分束器,其中所述吸收型偏振器平行于所述第一相对面和所述第二相对面延伸。

8. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述第一偏振器和所述第二偏振器被配置为传输具有相同偏振的光。

9. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述第一偏振器是选自由线栅偏振器、薄膜偏振器和多层双折射堆叠偏振器构成的组的偏振器。

10. 根据权利要求9所述的偏振分束器,其中所述第二偏振器是选自线栅偏振器、薄膜偏振器和多层双折射堆叠偏振器构成的组的偏振器。

11. 根据权利要求10所述的偏振分束器,其中所述第一偏振器和所述第二偏振器是相同类型的偏振器。

12. 根据权利要求1所述的偏振分束器,其中所述光学透射间隔物包括玻璃或聚合物中的一种或多种。

13. 一种显示系统,包括:

偏振分束器,包括:

具有第一相对面和第二相对面的光学透射间隔物,其中所述间隔物是被配置为通过在所述第一相对面与所述第二相对面之间的反射而传播光的波导;

位于所述第一相对面上的第一偏振器,其中,所述第一偏振器反射偏振光并泄露所述偏振光;

位于所述第二相对面上的第二偏振器;以及

在所述第一偏振器和所述第二偏振器之间以及所述间隔物内的插入的防反射偏振器，其中，所述插入的防反射偏振器被配置为优先吸收透射通过所述第一偏振器的泄漏光的所述偏振光，其中，所述防反射偏振器将所述间隔物分成第一部分和第二部分，所述第一部分包括所述第一相对面，所述第二部分包括所述第二相对面，并且其中，所述防反射偏振器沿着所述间隔物的长度仅部分地延伸；

光源；

空间光调制器；以及

反射器，

其中所述偏振分束器被配置为：

将来自所述光源的光反射朝向所述反射器；

将来自所述反射器的光传输到所述空间光调制器；以及

反射来自所述空间光调制器的光，使得所述光远离所述偏振分束器和所述光源传播。

14. 根据权利要求13所述的显示系统，其中所述反射器和所述空间光调制器位于所述偏振分束器的相对侧，并且其中所述光源定位成在垂直于从所述反射器延伸到所述空间光调制器的光路径的方向上将光输出到所述偏振分束器。

15. 根据权利要求14所述的显示系统，还包括折射光学部件，所述折射光学部件被配置为接收远离所述偏振分束器和所述光源传播的所述光，并且将所述光传输朝向观看者。

16. 根据权利要求14所述的显示系统，还包括波导，包括：

耦入光学元件；以及

耦出光学元件，

其中所述耦入光学元件被配置为接收和耦入远离所述分束器和所述光源传播的所述光，

其中所述耦出光学元件被配置为将所述耦入的光耦出朝向观看者。

17. 根据权利要求16所述的显示系统，还包括波导堆叠。

18. 根据权利要求17所述的显示系统，其中所述堆叠的每个波导被配置为与所述波导堆叠的一个或多个其他波导相比输出具有不同发散量的光。

19. 根据权利要求13所述的显示系统，其中所述光学透射间隔物是板。

20. 根据权利要求13所述的显示系统，其中所述光学透射间隔物分离第一三角形棱镜和第二三角形棱镜，

其中所述第一偏振器位于所述第一三角形棱镜与所述间隔物的所述第一相对面之间，

其中所述第二偏振器位于所述第二三角形棱镜与所述间隔物的所述第二相对面之间。

21. 根据权利要求13所述的显示系统，其中所述防反射偏振器是吸收型偏振器。

## 具有低光泄漏的偏振分束器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求下述中的每一者依据35U.S.C.§119(e)的优先权:2016年2月24日提交的名称为“POLARIZING BEAM SPLITTER WITH LOW LIGHT LEAKAGE”的美国临时申请No.62/299,547;2016年2月25日提交的名称为“POLARIZING BEAM SPLITTER WITH LOW LIGHT LEAKAGE”的美国临时申请No.62/299,601;2016年3月11日提交的名称为“POLARIZING BEAM SPLITTER WITH LOW LIGHT LEAKAGE”的美国临时申请No.62/307,263。这些优先权文件的公开内容通过引用整体并入本文。

[0003] 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] 本公开涉及光学装置,更具体地,涉及用于显示装置的偏振分束器。

### 背景技术

[0005] 偏振分束器可用于显示系统中以将偏振光引导至光调制器,然后将该光引导至观看者。一直需要减小显示系统的尺寸,因此,还需要减小显示系统的组成部分的尺寸,包括利用偏振分束器的组成部分。

### 发明内容

[0006] 在一些实施例中,提供了一种偏振分束器。分束器包括具有第一相对面和第二相对面的光学透射间隔物、位于第一相对面上的第一偏振器和位于第二相对面上的第二偏振器。在一些实施例中,光学透射间隔物是板。在一些其他实施例中,光学透射间隔物可以分离第一三角形棱镜和第二三角形棱镜,其中第一偏振器位于第一三角形棱镜与间隔物的第一相对面之间,以及第二偏振器位于第二三角形棱镜与间隔物的第二相对面之间。

[0007] 在其他实施例中,提供了一种显示系统。该显示系统包括偏振分束器。分束器包括具有第一相对面和第二相对面的光学透射间隔物、位于第一相对面上的第一偏振器和位于第二相对面上的第二偏振器。显示系统还包括光源;空间光调制器;以及反射器。偏振分束器被配置为将来自光源的光朝向反射器反射、将来自反射器的光传输至空间光调制器以及反射来自空间光调制器的光,使得光远离偏振分束器和光源传播。

### 附图说明

[0008] 图1示出了通过AR装置的增强现实(AR)的用户视图。

[0009] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。

[0010] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。

[0011] 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。

- [0012] 图5A-5C示出了曲率半径与焦点半径之间的关系。
- [0013] 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。
- [0014] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。
- [0015] 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。
- [0016] 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。
- [0017] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。
- [0018] 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。
- [0019] 图10A和10B示出了包括偏振分束器、光源和光调制器的偏振分束器(PBS)显示组件的示意平面图。
- [0020] 图11示出了包括偏振分束器、光源、光调制器和反射器的双折叠(twin-fold)PBS显示组件的示意平面图。
- [0021] 图12示出了具有光泄漏的双折叠PBS显示组件的示意平面图。
- [0022] 图13A-13B示出了具有不会到达观看者的具有光泄漏的PBS显示组件的示意平面图。
- [0023] 图14A-14B示出了具有到达观看者的具有光泄漏的PBS显示组件的示意横截面图。
- [0024] 图14C示出了光强度映射(map),该映射示出了光泄漏对图像的影响。
- [0025] 图15示出了具有两个间隔开的偏振器的PBS显示组件。
- [0026] 图16示出了具有两个间隔开的偏振器的PBS显示组件,该偏振器具有插入的(intervening)防反射偏振器。
- [0027] 图17示出了在光学透射间隔物的相对表面上具有两个间隔开的偏振器的板型分束器。
- [0028] 图18示出了在光学透射间隔物的相对表面上具有两个间隔开的偏振器的弯曲板型分束器。
- [0029] 图19示出了包含插入的防反射偏振器的板型分束器。
- [0030] 提供附图是为了说明示例实施例,而不是为了限制本公开的范围,并且不一定按比例绘制。相同的附图标记始终表示相同的特征。

## 具体实施方式

[0031] 在一些显示装置中,偏振分束器可以用于将来自光源的光引导至光调制器,然后光调制器可以通过偏振分束器将光调制并反射回观看者。应当理解,光调制器对光的调制可以说是用图像信息对光进行编码,然后将光传播给观看者。图10A和10B示出了偏振分束器(PBS)显示组件500a和500b的示意平面图,上述显示组件已经被开发以经由波导组件1200向观看者提供图像信息。显示组件500a和500b包括偏振分束器(PBS)510、光源(例如,发光二极管或LED)和光调制器。如所示出的,可以在PBS 510和光源之间提供预偏振器。预偏振器可以被配置为选择性地透射s偏振光到PBS 510,PBS 510然后将s偏振光反射到光调制器,例如,空间光调制器,其既调制光以形成图像并且通过PBS 510将调制光反射到波导组件1200的耦合光学元件,该波导组件1200将光传递给观看者的眼睛210。应当理解,光调

制器将接收的s偏振光转换为p偏振光,并且PBS 510选择性地反射s偏振光( $R_s$ )并透射p偏振光( $T_p$ )。可以在PBS 510与波导组件1200之间提供清除(clean-up)偏振器以去除无意透射的光。

[0032] 图10B示出了可选的布置,其中预偏振器透射p偏振光到PBS 510。p偏振光行进通过PBS 510,被光调制器反射并调制回PBS 510作为s偏振光。然后,PBS 510将s偏振光反射朝向波导组件1200。

[0033] 作为本文中参考图中所示的光线的惯例,字母s和p表示具有唯一偏振的光(例如,分别具有s偏振态光和具有p偏振态的光),字母T和R分别表示透射光和反射光。由此, $T_p$ 表示具有p偏振态的透射光, $R_s$ 表示具有s偏振态的光。

[0034] 应当理解,由于光学限制,光源可能需要与PBS 510间隔开一定距离。不希望的是,这可能增加PBS显示组件500a、500b占据的体积,其中距离长。

[0035] 本文提供了更紧凑的PBS显示器组件。图11示出了包括偏振分束器610、光源620、光调制器和反射器或反射光学部件(optic)的双折叠PBS显示器组件600的示意平面图。在一些实施例中,光源620是发光二极管(LED)。在一些其他实施例中,光源620可以是但不限于荧光灯或白炽灯。如所示出的,可以在光源和PBS 610之间提供预偏振器。预偏振器透射具有一种偏振的光(例如,s偏振光,S)到PBS 610,然后PBS 610将s偏振光( $R_s$ )反射到反射光学部件。反射光学部件将光反射通过PBS 610到达光调制器,例如,空间光调制器。优选地,光调制器是空间光调制器,其调制入射光以形成图像并且还反射和改变入射光的偏振。在一些实施例中,光调制器是反射型液晶显示器,诸如硅上液晶(LCOS)显示器。来自光调制器的调制和反射光被反射回PBS 610,然后PBS 610将该光反射朝向波导组件1200。

[0036] 继续参考图11,在一些实施例中,四分之一波片(QWP)可以设置在PBS 610和反射光学部件之间。另外,在一些实施例中,补偿器可以设置在光调制器和PBS 610之间。在一些实施例中,可以在PBS 610和波导组件1200之间提供清除偏振器以去除无意透射的光。在一些实施例中,折射光学部件(例如,一个或多个透镜结构)可以设置在清除偏振器和波导组件1200之间。例如,清除偏振器可以位于PBS 610面向清除偏振器的光输出面上,或者在PBS 610和波导组件1200之间的光路径中可以与PBS 610间隔开设置。

[0037] 有利地,相对于没有反射折射光学部件的配置(诸如图10A和10B中所示的那些),反射折射光学部件与PBS 610、光源620和光调制器的组合的使用通过减小光源620和PBS 610之间所需的间隔来提供紧凑的PBS显示器组件600。由于组件中光的多次反射,PBS显示组件600也可称为双折叠组件。有利地,相对于图10A和10B的显示组件500a和500b,多次反射在更紧凑的包装中向光调制器提供光的长路径长度。

[0038] 然而,应当理解,PBS在反射和/或透射特定偏振的光方面可能不是完全选择性的。例如,不是将来自光源620的所有s偏振光反射到反射折射光学部件,而是该光中的一些可以透射通过PBS 610直接朝向观看者(经由波导组件1200),从而引起可能降低对比度的眩光。图12示出了具有光泄漏的双折叠PBS显示组件600的示意平面图。如所示出的,来自光源620的s偏振光作为 $T_s$ 透射到PBS 610。来自光源620的大部分s偏振光被PBS 610反射到反射光学部件,然而,一小部分可以透射通过PBS 610直接朝向波导组件1200。这种直接透射的光不被光调制器调制并且可能导致图像质量和眩光的感知降低。

[0039] 已经发现,在不使用反射光学部件的较大PBS显示器组件中不存在这种眩光和图

像质量的降低。例如,图13A-13B示出了具有不到达观看者眼睛210的光泄漏的PBS显示组件500a和500b的示意平面图。然而,由于观看者的眼睛210相对于光源620的取向,由PBS 610无意传输的光在不同于朝向波导组件1200的方向上传播。

[0040] 另一方面,图14A-14B示出了具有不经由波导组件1200到达观看者的光泄漏的PBS显示组件600的示意横截面视图。图14A示出了泄漏的光如何被聚焦并且图14B示出了如何聚焦用于生成图像的光。值得注意,泄漏的光形成了可由观看者看到的两个不同的热点。图14C示出了光强度的映射,该映射示出了光泄漏对图像的影响。如所示出的,由光泄漏引起的热点900是显而易见的。

[0041] 有利地,在一些实施例中,可以使用具有两个间隔开的偏振器的PBS来减轻光泄漏。图15示出了PBS显示组件700,其具有由间隙720分离的两个间隔开的偏振器710a和710b。图15示出了隔离的显示组件700的PBS 710。偏振器710a和710b将PBS 710分成两个部分730a和730b。除了用PBS 710替换PBS 610之外,PBS显示组件700的部件可以类似于PBS显示组件600的部件(图11)。在一些实施例中,除了PBS 710替换PBS显示组件600中的PBS 610之外,PBS显示组件700可以类似于PBS显示组件600并且具有图11中讨论和说明的一些或所有部件。除了存在偏振器710a和710b以及插入间隙720之外,PBS 710本身可以与PBS 610类似或相同。

[0042] 继续参考图15,在一些实施例中,PBS 710可具有矩形固体的整体形状,例如,立方体。固体可以沿着在固体的两个相对面上对角延伸的线分成两个部分。在一些实施例中,PBS 710可以由两个三角形部分或棱镜730a和730b形成,它们一起形成矩形固体,例如,立方体。两个三角形部分或棱镜730a和730b可以通过粘合剂(例如,指数匹配的粘合剂)接合在一起。三角形部分730a和730b可以由光学透射材料形成,例如,玻璃和塑料中的一种或多种。类似地,粘合剂可以是光学透射的。

[0043] 在一些实施例中,偏振器710a和710b可以是线栅偏振器,其例如由平行布线(诸如金属布线)的图案形成。在其他实施例中,偏振器710a和710b可以是薄膜PBS涂层(例如,二向色的(例如,MacNeille PBS)。在一些其他实施例中,偏振器710a和710b可以是多层双折射堆叠。应理解,在一些实施例中,偏振器710a和710b是相同类型的偏振器(例如,偏振器710a和710b都可以是线栅偏振器)。在一些其他实施例中,偏振器710a和710b可以是不同类型的偏振器(例如,一个可以是线栅偏振器,另一个可以是薄膜PBS涂层)。

[0044] 继续参考图15,间隙720可以填充有折射率匹配的材料,例如,具有与部分730a和730b的折射率匹配的折射率的材料。例如,间隙720中的材料的折射率可以与部分730a和730b的折射率相差约0.1或更小、约0.05或更小、约0.03或更小、或者约0.02或更小。在一些实施例中,折射率匹配的材料是折射率匹配的粘合剂,其将部分730a和730b接合在一起。在一些实施例中,间隙的宽度为约10nm或更大、50nm或更大、100纳米或更大、200nm或更大、500nm或更大、1 $\mu$ m或更大、5 $\mu$ m或更大、或者10 $\mu$ m或更大。另外,在一些实施例中,宽度为20 $\mu$ m或更小、或者15 $\mu$ m或更小。应当理解,填充间隙720的材料可以形成光学透射间隔物722。

[0045] 有利地,相对的偏振器710a和710b可以减少光泄漏并显著增加对比度。例如,在一些实施例中,在没有偏振器710a和710b的情况下,泄漏的光量可以是1.7%,这对应于60:1的对比度。在存在偏振器710a和710b的情况下,对比度理论上可以通过分子的平方增加到3600:1。在一些实施例中,实际对比度可以是500:1或更高、1000:1或更高、或者2000:1或更

高。有利地,当使用偏振器710a和710b时,由泄漏的光的透射引起的热点在视觉上是不可辨别的。

[0046] 继续参考图15,填充偏振器710a和710b之间的间隙720的间隔物722可以用作波导。例如,由于在偏振器710a和710b的相互面对的相对表面处的反射(例如,全内反射),光可以在间隔物722内传播。这种反射可能是不期望的并且可能导致图像伪影。

[0047] 在一些实施例中,吸收型偏振器可以设置在间隔物722内、在偏振器710a和710b之间。图16示出了具有两个间隔开的偏振器710a和710b的PBS显示组件700,其中两个间隔开的偏振器710a和710b具有插入的防反射偏振器740。防反射偏振器740可以被配置为吸收偏振器710a和710b之间的间隙中的光,从而防止或减少偏振器710a和710b之间的反射。可以选择防反射偏振器的偏振以优先吸收由偏振器710a透射的偏振光,该偏振器710a在第一实例中从光源接收光。例如,防反射偏振器740可以优先吸收 $T_s$ 。 $T_s$ 的最小化是该偏振器740的主要功能。防反射偏振器740可以沿间隙720的长度完全或仅部分地延伸。在一些实施例中,防反射偏振器740是吸收型偏振器。在一些其他实施例中,防反射偏振器740是e模式偏振器、o模式偏振器或具有颜色选择性的偏振堆叠。在一些实施例中,防反射偏振器740可以是上述偏振器和/或偏振堆叠的组合。有利地,防反射偏振器740与偏振器710a和710b的使用可以提供2000:1或更高的对比度。

[0048] 继续参考图16,防反射偏振器740通过间隙720a和720b与间隔开的偏振器710a和710b分离。在一些实施例中,间隙720a和720b各自具有约10nm或更大、50nm或更大、100nm或更大、200nm或更大、500nm或更大、1 $\mu$ m或更大、5 $\mu$ m或更大、或者10 $\mu$ m或更大的宽度。另外,在一些实施例中,每个间隙720a和720b的宽度为20 $\mu$ m或更小。换句话说,防反射偏振器740设置在间隔物722内并将间隔物722分隔成部分722a和722b。部分722a具有厚度720a,部分722b具有厚度720b。

[0049] 应当理解,在一些实施例中,间隔物722本身可以是支撑间隔开的偏振器的基板。在这样的实施例中,间隔物优选地采用具有足够刚度和机械稳定性的板的形式,以在间隔物的任一侧上支撑间隔开的偏振器而不是棱镜。图17示出了板型分束器810,其在光学透射间隔物820的相对表面或面820a和820b上具有两个间隔开的偏振器710a和710b。光学透射间隔物820可以由例如玻璃或光学透射聚合物形成。应当理解,在一些实施例中,分束器810可以代替显示组件600的分束器610。

[0050] 间隔开的偏振器710a和710b可以如本文所述。如上所述,在一些实施例中,偏振器710a和710b可以是线栅偏振器,其由例如平行布线(诸如金属布线)的图案形成。在一些实施例中,偏振器710a和710b可以是薄膜PBS涂层(例如,二向色涂层,诸如MacNeille PBS)。在一些其他实施例中,偏振器710a和710b可以是多层双折射堆叠。偏振器710a和710b可以是相同类型的偏振器(例如,偏振器710a和710b都可以是线栅偏振器)。在一些其他实施例中,偏振器710a和710b可以是不同类型的偏振器(例如,一个可以是线栅偏振器,另一个可以是薄膜PBS涂层)。

[0051] 继续参考图17,在一些实施例中,间隔物820可以具有矩形板的形状并且板可以是平坦的。相对面820a和820b可以各自是平面的并且可以基本上彼此平行,这进而可以使偏振器710a和710b基本上彼此平行。

[0052] 在一些其他实施例中,间隔物820可具有弯曲的板的形状。图18示出了弯曲的板型



分束器810,其在间隔物820的相对表面820a和820b上具有两个间隔开的偏振器710a和710b。如所示出的,间隔物820可以沿着间隔物820的长度尺寸弯曲。在一些实施例中,相对表面820a和820b与偏振器710a和710b一样基本上彼此平行。应当理解,在一些实施例中,间隔物820可以是弯曲的,以便为偏振器710a和710b提供曲率,这然后可以有利地为被偏振器710a和710b反射的光提供一定程度的光束成形。

[0053] 如本文所讨论的,在一些情况下,间隔物820可能不合需要地用作波导,其中光在表面820a和820b之间来回反射。为了减少这种反射,在一些实施例中,可以在间隔物820内提供防反射偏振器。图19示出了包含插入的防反射偏振器740的板型分束器810。防反射偏振器740可以如本文所述。例如,在一些实施例中,防反射偏振器740可以是吸收型偏振器。在一些其他实施例中,防反射偏振器740可以是e模式偏振器、o模式偏振器或具有颜色选择性的偏振堆叠,如本文所公开的。在一些实施例中,防反射偏振器740可以是上述偏振器和/或偏振堆叠的组合。

[0054] 继续参考图19,防反射偏振器740可以完全或仅部分地沿着板型分束器810的长度延伸。在一些实施例中,防反射偏振器740可以将间隔物820分成两部分820a和820b。这些部分可以通过例如光学透射粘合剂(诸如折射率匹配的粘合剂)接合在一起。应当理解,虽然为了便于说明而示出为平板,但是间隔物820也可以如上面参考图18所述的那样弯曲。在这样的实施例中,防反射偏振器740可以遵循间隔物820的曲线。

[0055] 示例显示系统

[0056] 应当理解,PBS组件可以用在需要小体积组件的各种照明应用中。例如,PBS组件可以有利地用于便携式,例如,头戴式显示系统。

[0057] 在一些实施例中,PBS组件可用于增强或虚拟现实显示系统中的图像生成。在一些实施例中,这些显示系统可以是可穿戴的和便携的,并且可以在多个深度平面上呈现图像。

[0058] 参考图1,描绘了增强现实场景1。应当理解,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。

[0059] 继续参考图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。除了这些项目之外,AR技术的用户同样感知到他“看到”站在真实世界平台1120上的机器人雕像1110,以及飞过的卡通式化身角色1130,该化身角色看起来是大黄蜂的化身,即使这些元素1130、1110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、丰富呈现是具有挑战性的。

[0060] 图2示出了可穿戴显示系统80的示例。显示系统80包括显示器62、以及支持该显示器62的功能的各种机械和电子模块和系统。显示器62可以与框架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(在一些实施例中,另一扬声器(未示出)位于用户的另一耳道附近以提供立体声/可塑形声音控制)。在一些实施例中,显示系统还可以包括一个或多个麦克风67或其它设备以检测声音。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。

[0061] 继续参考图2,显示器62可操作地(诸如通过有线引线或无线连接)被耦接68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,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。

[0062] 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。

[0063] 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)。

[0064] 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,瞳孔向着彼此或远离彼此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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] 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250可以被认为是光场显示器。

[0069] 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。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。

[0070] 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。

[0071] 在一些实施例中,注入到波导182、184、186、188、190中的光由包括光输出模块209a的PBS显示组件209提供,光输出模块209a可包括光源,诸如发光二极管(LED)或荧光灯泡。应当理解,PBS显示组件209可以对应于PBS显示组件600(图12)和700(图15和16),其中光输出模块209a对应于光源620和光调制器209c对应于PBS显示组件600(图12)和700(图15和16)的光调制器。来自光输出模块209a的光可以导向光调制器209c并且经由PBS 209b通过光调制器209c(例如,空间光调制器)修改。光调制器209c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。应当理解,示意性示出了图像注入装置360、370、380、390、400,以及在一些实施例中,这些图像注入装置可以表示公共投影系统中的不同光路径和位置,该公共投影系统被配置为将光输出到相关联的波导270、280、290、300、310的一个中。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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)。

[0078] 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。

[0079] 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)。

[0080] 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。

[0081] 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9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,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和/或可以减少色差。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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,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1224、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,耦合入光学元件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),特别是在那些耦合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,耦合入光学元件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,耦合入光学元件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,耦合入光学元件1212、1222、1232可以设置在它们相应的波导1210、1220、1230的其他区域中。

[0087] 如所示出的,耦合入光学元件1212、1222、1232可以彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦合入光学元件可以偏移,使得它接收光而光不通过另一耦合入光学元件。例如,每个耦合入光学元件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合入光学元件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合入光学元件1212、1222、1232的光。



[0088] 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。

[0089] 波导1210、1220、1230可以由气体和/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的材料折射率比形成波导1210、1220、1230的材料折射率小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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] 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、1222、1232各自使入射光偏转,使得光通过TIR传播通过波导1210、1220、1230中的相应一个波导。在一些实施例中,耦入光学元件1212、1222、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。

[0093] 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。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被配置为偏转具有第二波长或波长范围的光。同样地,光线1244被耦入光学元件1232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。

[0094] 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。



[0095] 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。

[0096] 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)。应当理解,OPE可以被配置为在至少一个轴上增加眼箱的尺寸,并且EPE可以在例如与OPE的轴正交的轴上增加眼箱。例如,每个OPE可以被配置为将入射(strike)OPE的光的一部分重定向到相同波导的EPE,同时允许光的剩余部分继续沿波导向下传播。在再次入射OPE之后,剩余光的另一部分被重定向到EPE,并且该部分的剩余部分继续沿波导向下进一步传播,等等。类似地,在入射EPE之后,一部分入射光被引导出波导朝向用户,并且该光的剩余部分继续传播通过波导直到它再次入射EP,此时入射光的另一部分被引导出波导,等等。因此,每当光的一部分被OPE或EPE重定向时,可以“复制”单束耦入光,从而形成克隆光束的场,如图6所示。在一些实施例中,OPE和/或EPE可以被配置为修改光束的尺寸。

[0097] 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1242(例如,绿光)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,蓝光和红光)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。

[0098] 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。

[0099] 在此描述了本发明的各种示例性示例。在非限制性意义上参考这些示例。提供这些示例以说明本发明的更广泛的应用方面。可以在不脱离本发明的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可替换等同物。

[0100] 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,但是本文公开的增强现实内容也可以由在单个深度平面上提供图像的系统显示。

[0101] 另外,可以进行许多修改以使特定情况、材料、物质的组成、过程、一个或多个过程动作或一个或多个步骤适应于本发明的一个或多个目的、精神或范围。此外,如本领域技术人员将理解的,在不脱离本发明的范围或精神的情况下,在此所描述和示出的各个变型中的每一个具有分离的组件和特征,其可以容易地与其它若干实施例中的任一特征分离或组合。所有这些修改旨在处于与本公开相关联的权利要求的范围内。

[0102] 本发明包括可以使用主题装置执行的方法。该方法可以包括提供这种合适的装置的动作。这种提供可以由用户执行。换句话说,“提供”动作仅仅需要用户获得、访问、接近、定位、设置、激活、开启或以其它方式提供在该方法中的必要装置。在此所述的方法可以按逻辑上可能的所述事件的任何顺序以及按照所记载的事件顺序进行。

[0103] 以上已经阐述了本发明的示例性方面以及关于材料选择和制造的细节。关于本发明的其它细节,可以结合上述参考的专利和出版物以及本领域技术人员通常所知或理解的来理解这些。关于根据本发明的基础方法的方面在通常或逻辑上利用的附加动作方面同样可以成立。

[0104] 另外,虽然已经参考可选地并入各种特征的若干示例描述了本发明,但是本发明不限于针对本发明的每个变型所构想的描述或指示的发明。在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对所描述的本发明进行各种改变,并且可以替代等同物(为了简洁起见,不论在此是否包括)。此外,在提供了值的范围的情况下,应当理解,在该范围的上限和下限之间的每个中间值以及在该所述范围内的任何其它所述或中间值都包含在本发明内。

[0105] 另外,可构想的是所描述的本发明变形的任何可选特征可独立地或与在此所描述的特征中的任何一个或多个相结合来陈述和要求权利。引用单数项包括可能存在相同项的复数。更具体地,如在此和关联权利要求书所使用的,单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”包括复数对象,除非另有明确说明。换句话说,在上述描述以及与本公开关联的权利要求中,允许使用冠词的“至少一个”目标项。进一步应注意,可以起草这种权利要求以排除任何可选要素。因此,结合权利要求要素或使用“负面”限制,本声明旨在作为使用“单独地”、“仅”等排他性术语的先行基础。

[0106] 在不使用这种排他性术语的情况下,与本公开相关联的权利要求中的术语“包括”应允许包括任何附加元素,不考虑在这种权利要求中是否列举了给定数量的要素或添加特征可以被认为是改变在权利要求中所述的元素的性质。除了在此具体定义之外,应在保持权利要求有效性的同时给定在此使用的所有技术和科学术语尽可能广泛的通常理解含义。

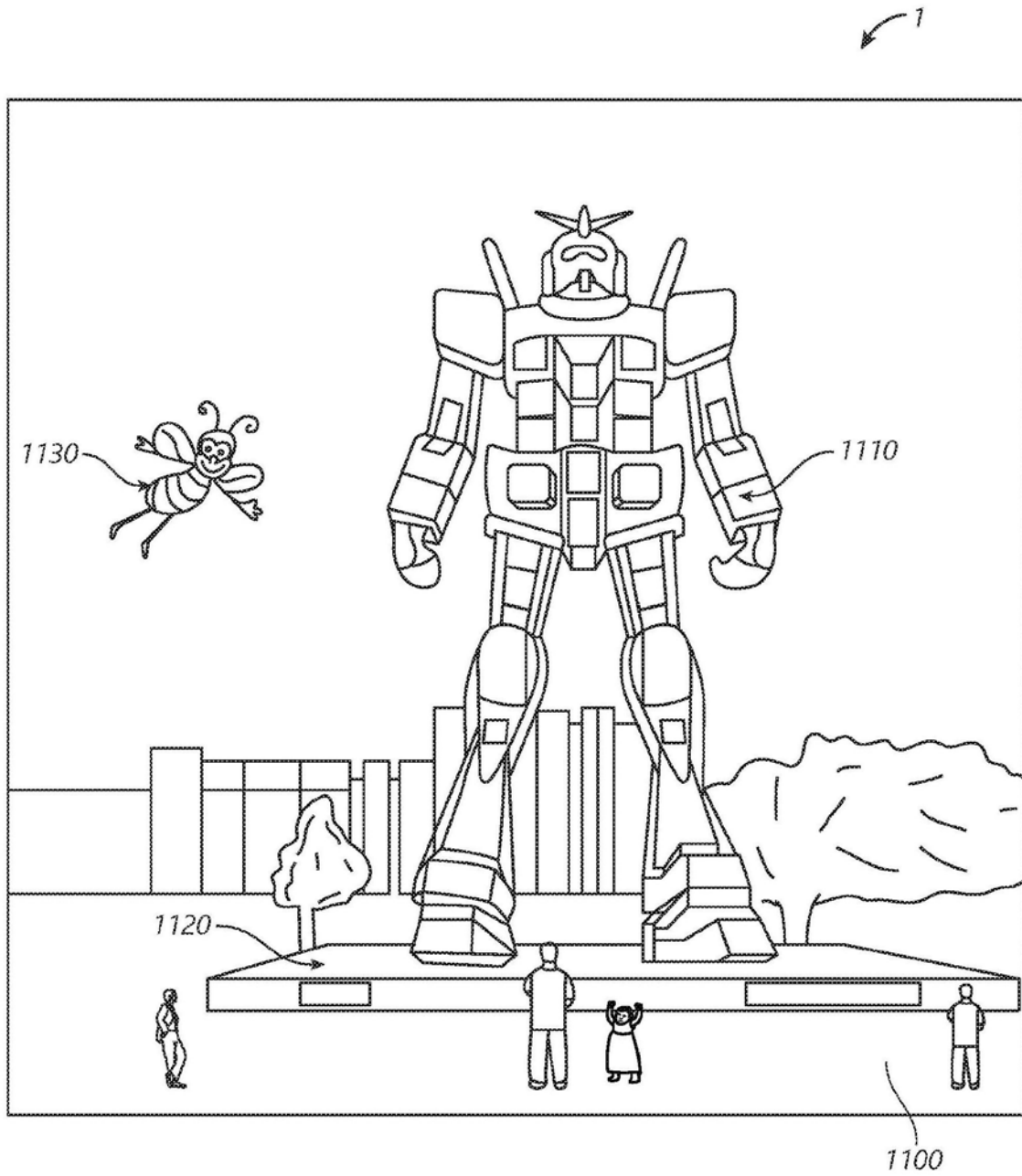


图1

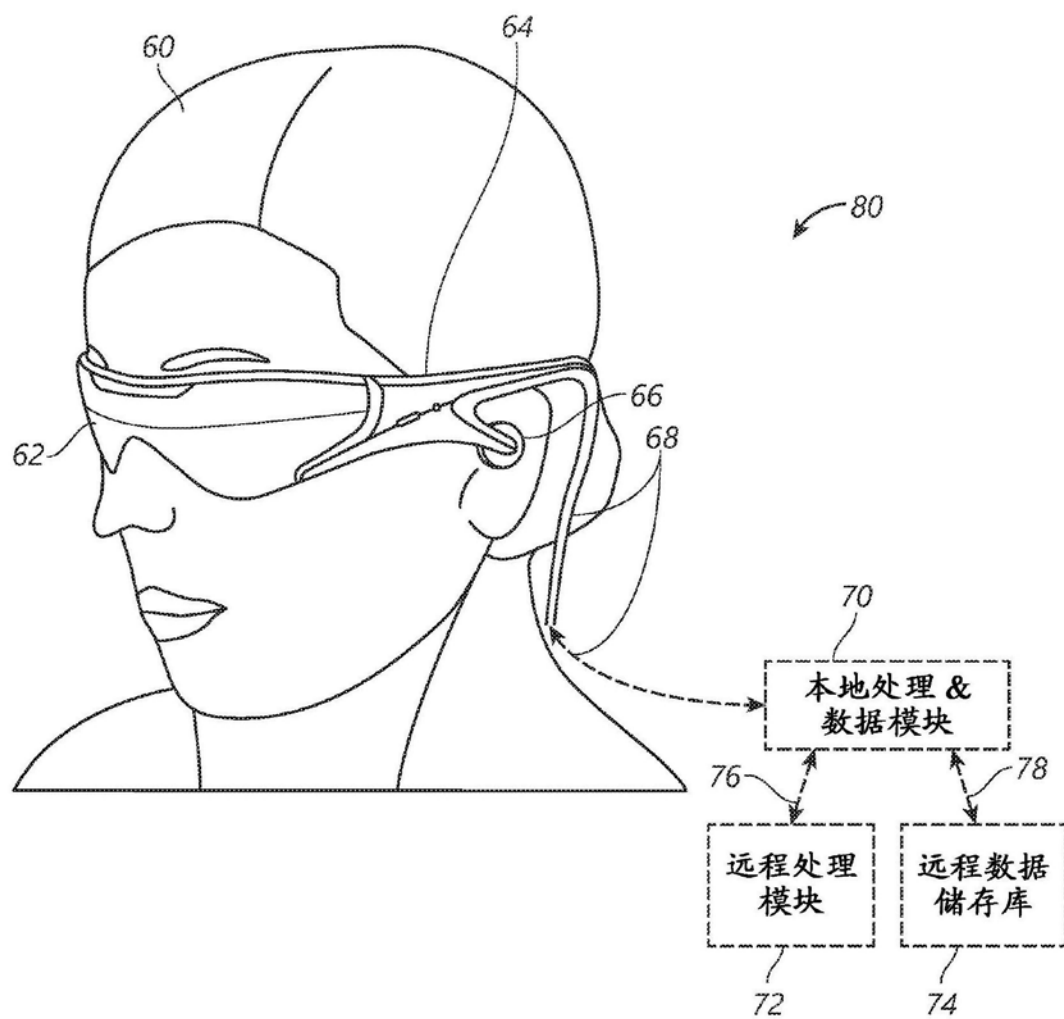


图2

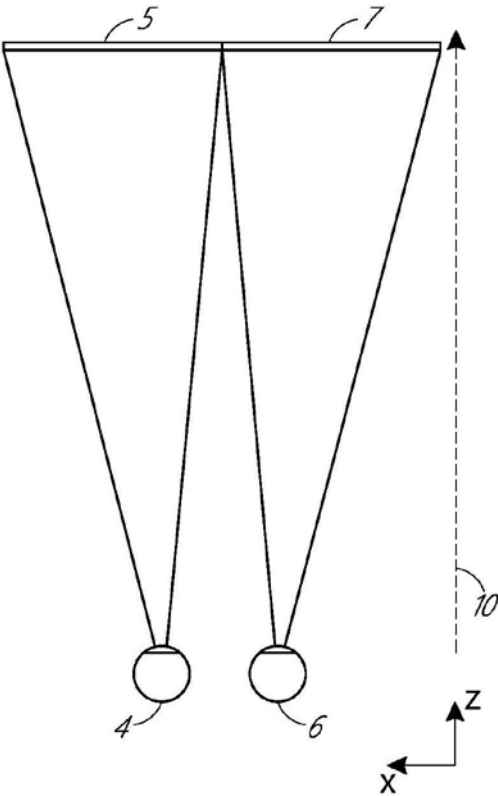


图3

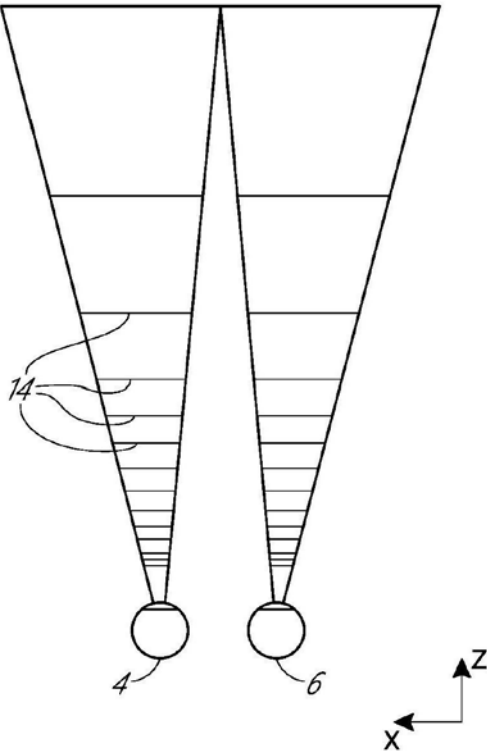


图4

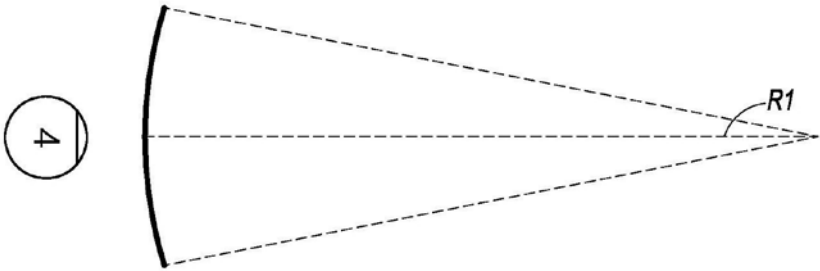


图5A

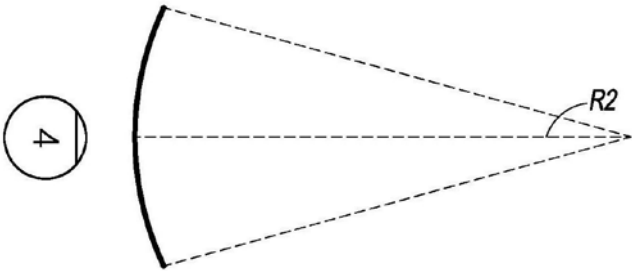


图5B

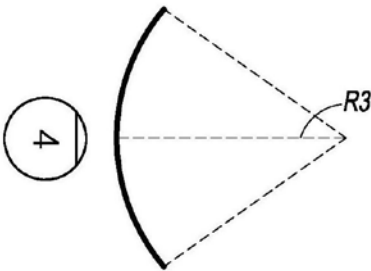


图5C



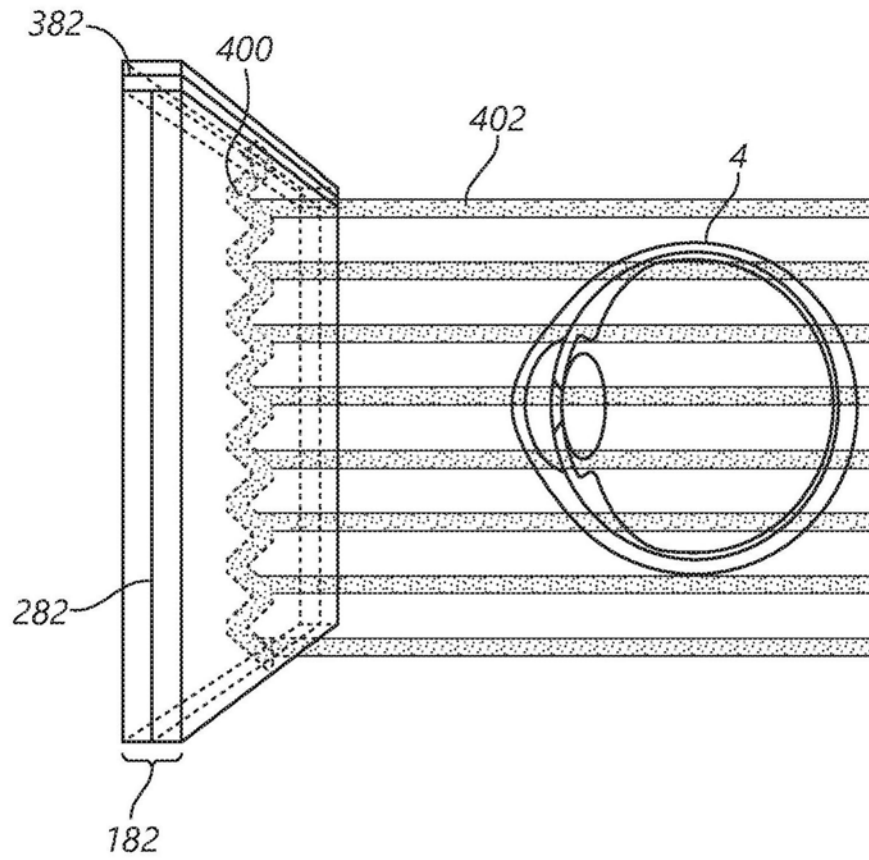


图7



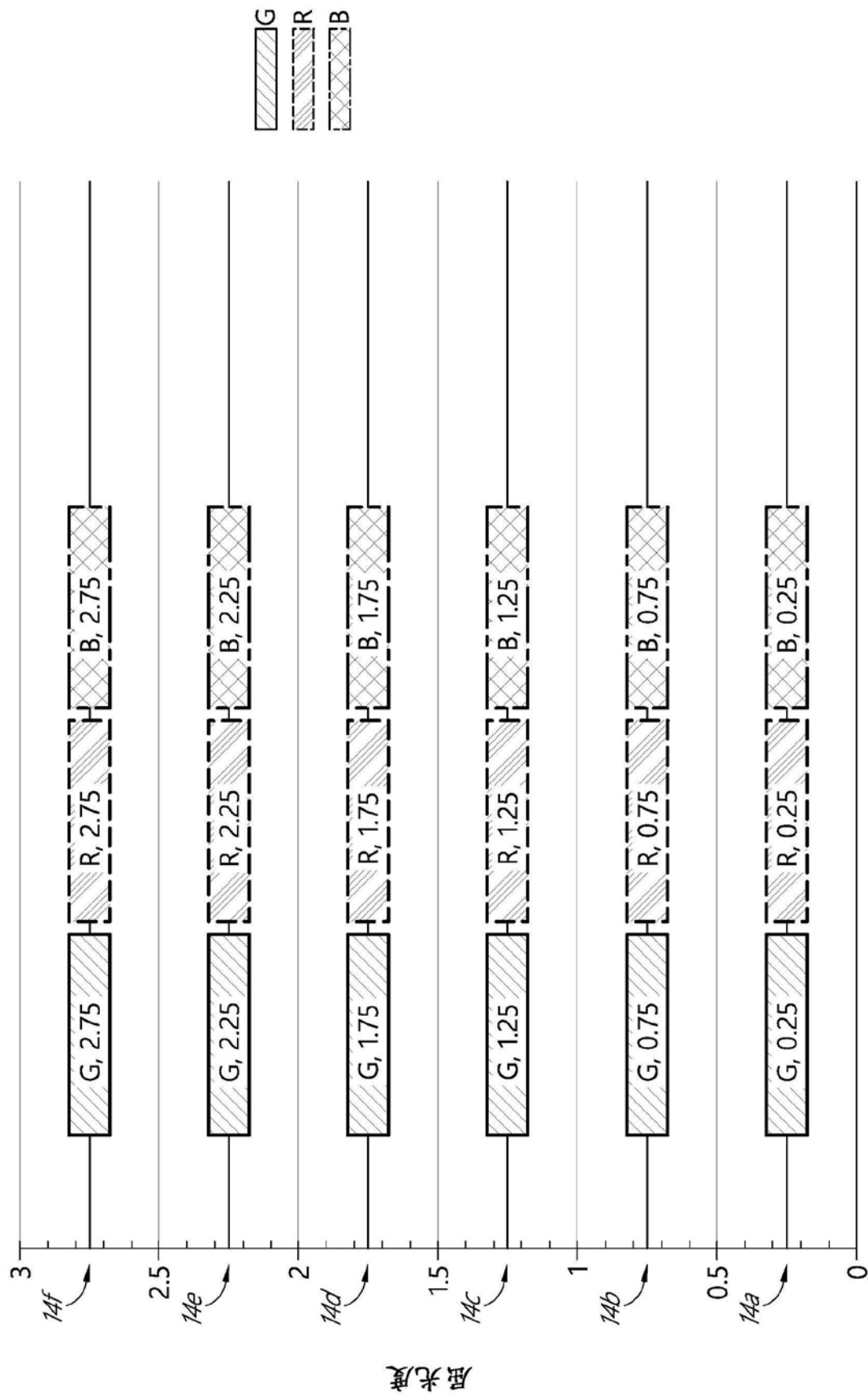


图8

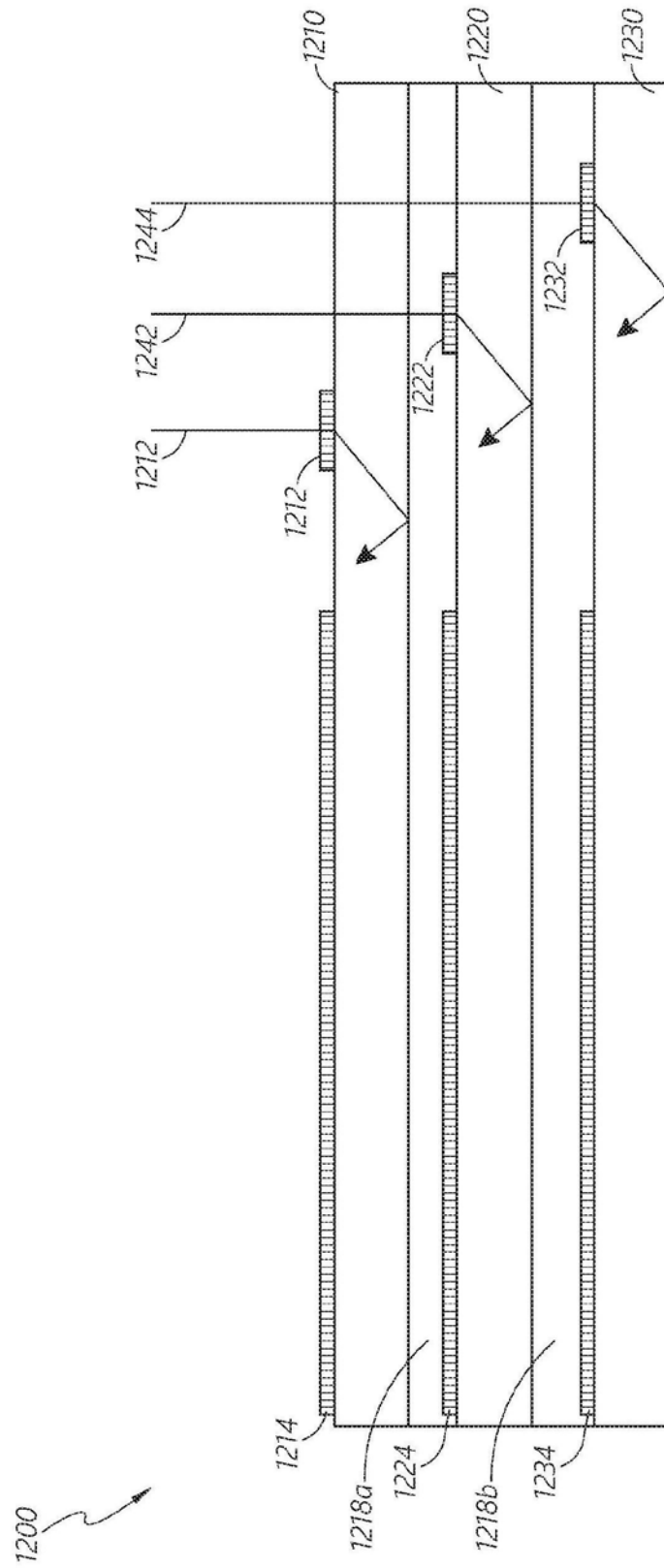


图9A



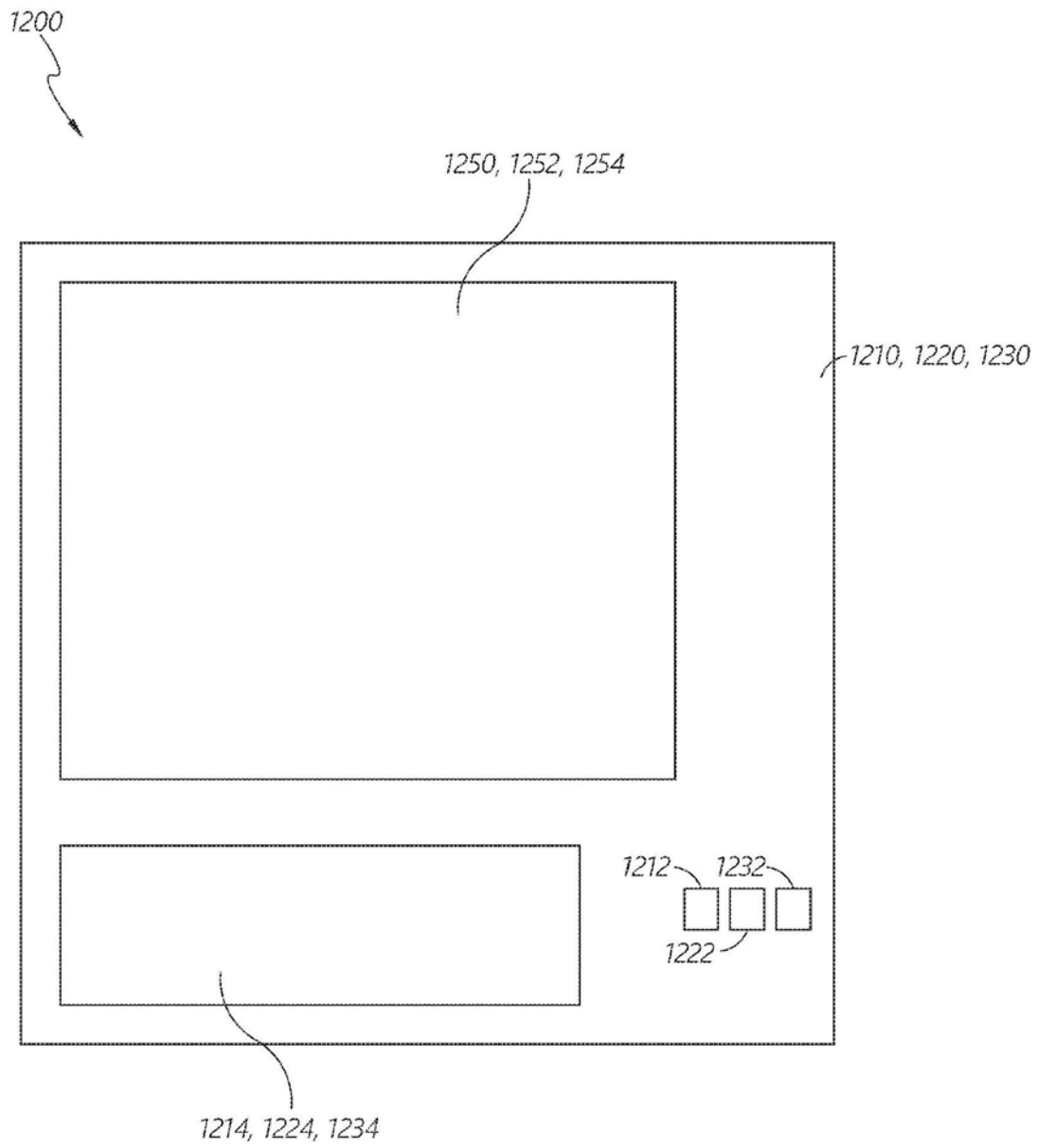


图9C

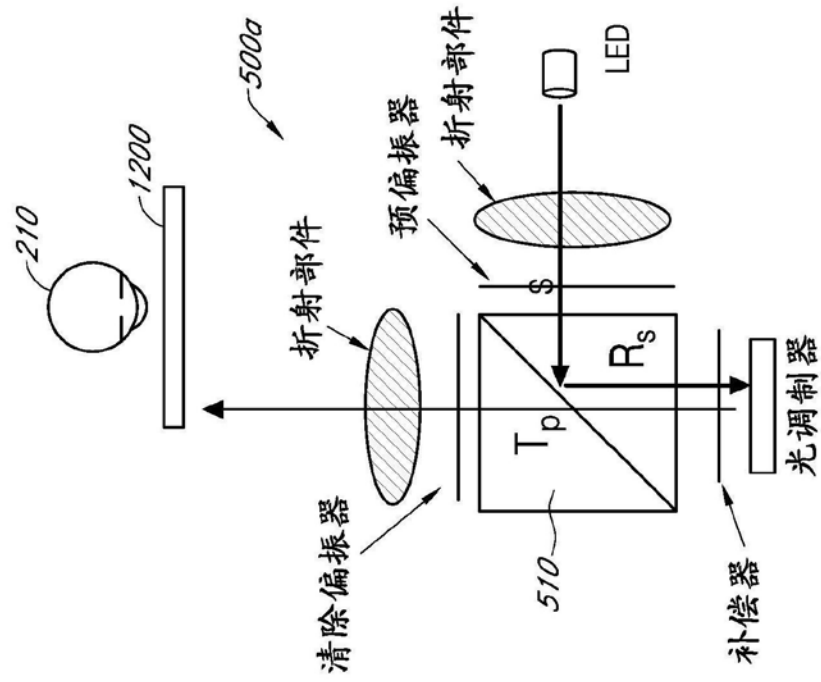


图10A

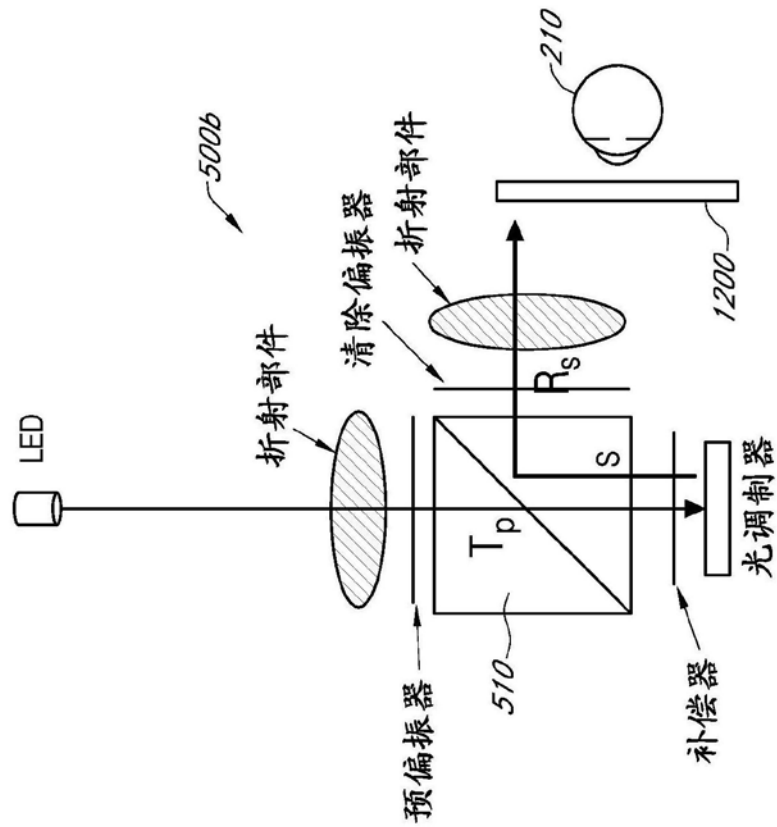


图10B

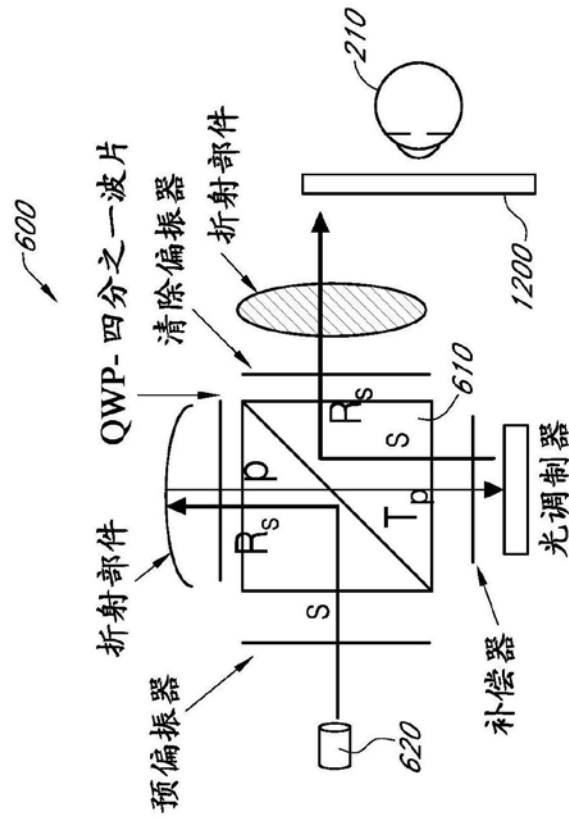


图11



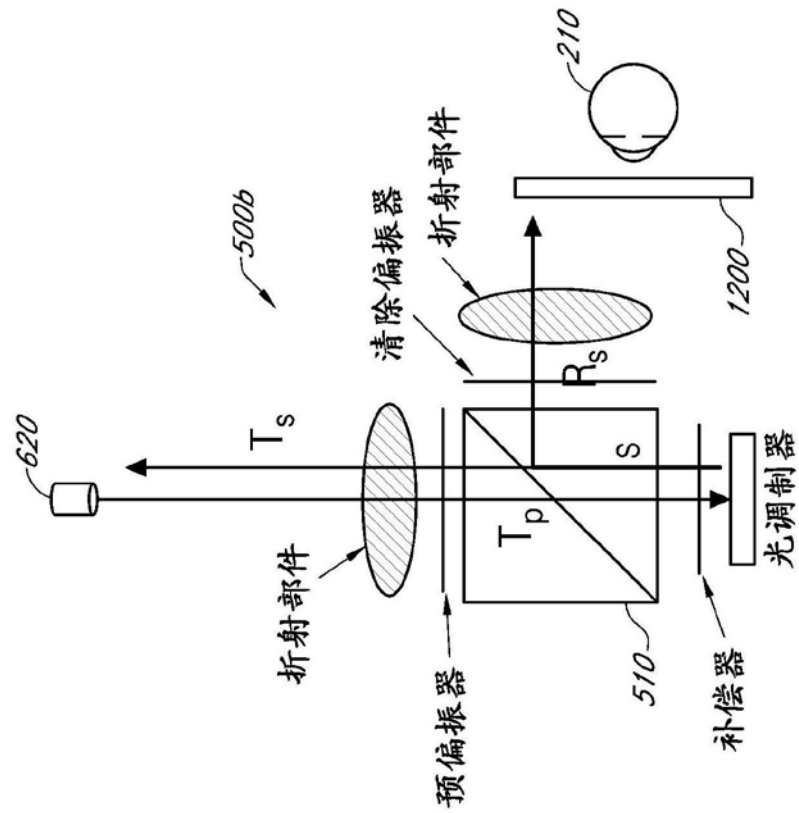


图13B



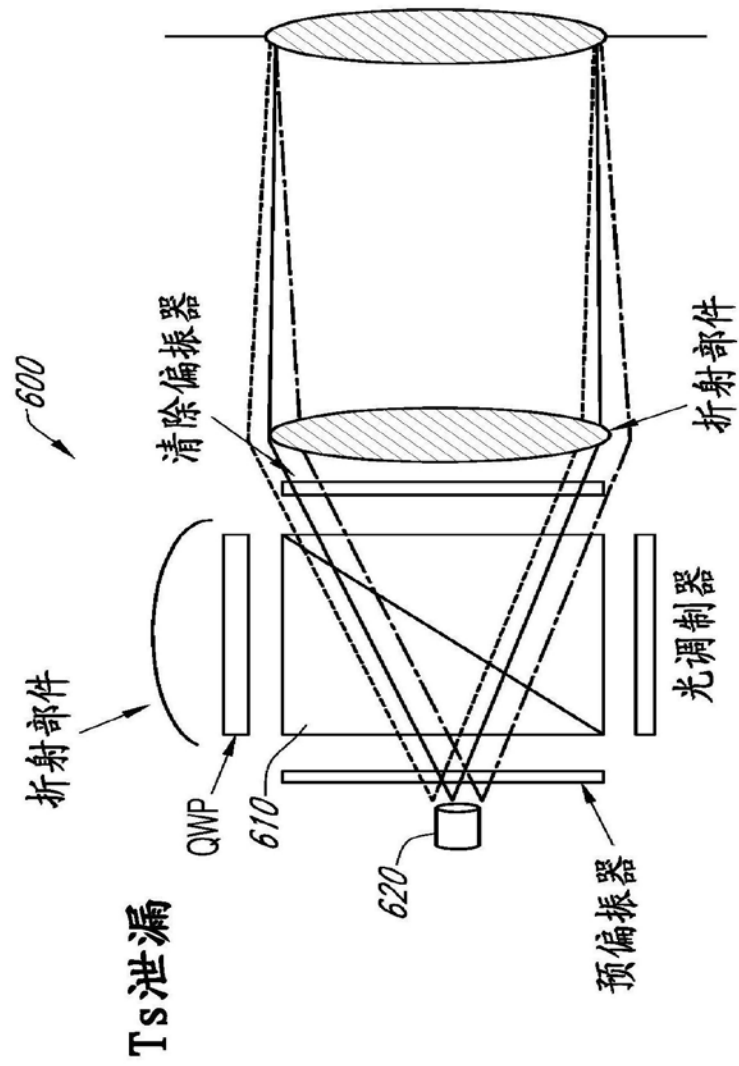


图14A

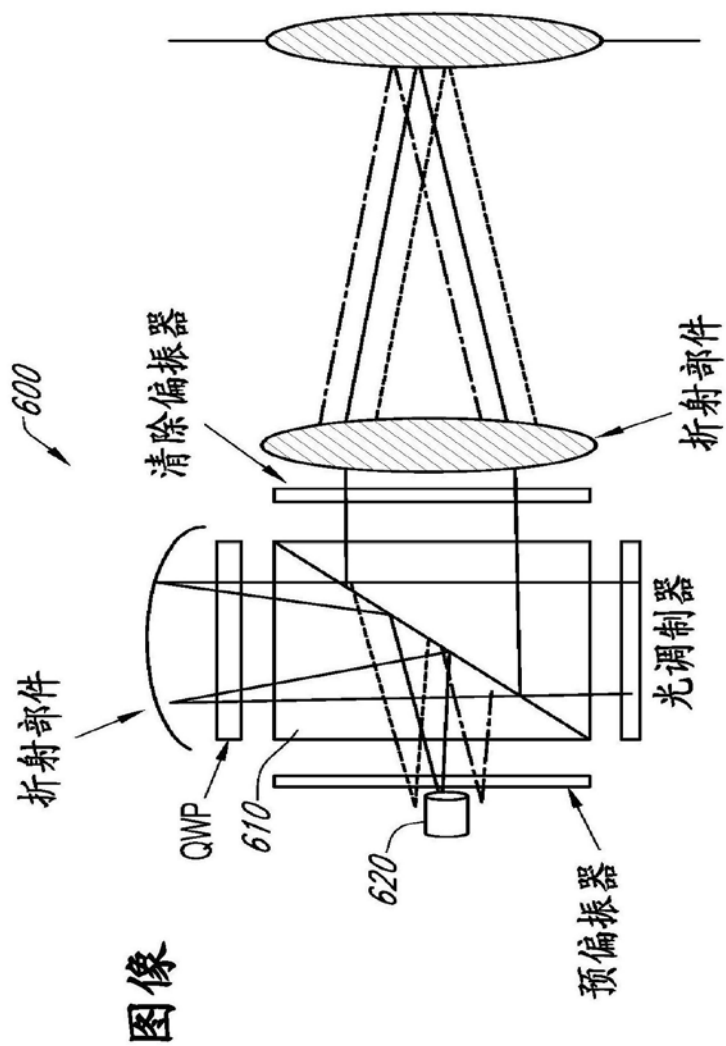


图14B

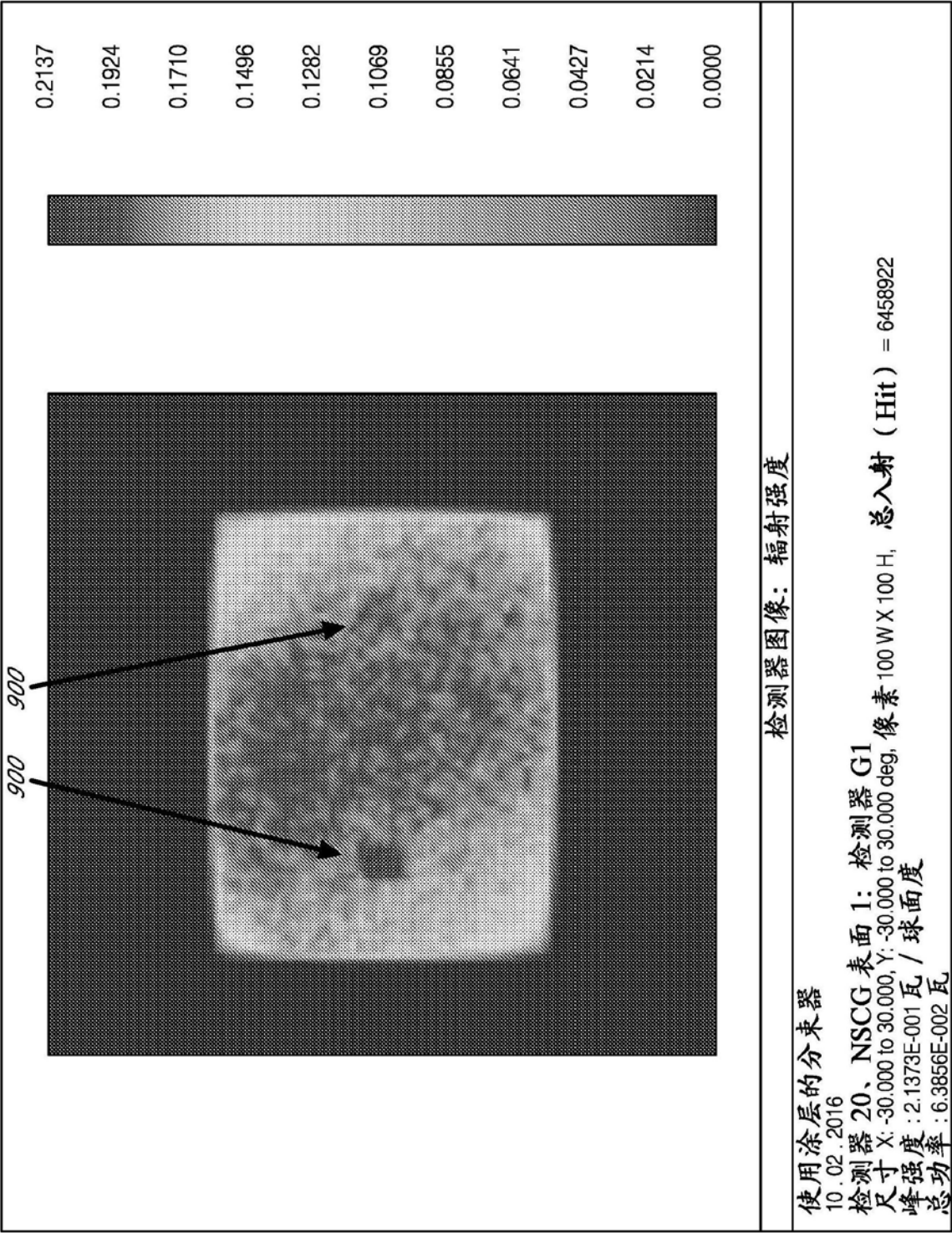


图14C

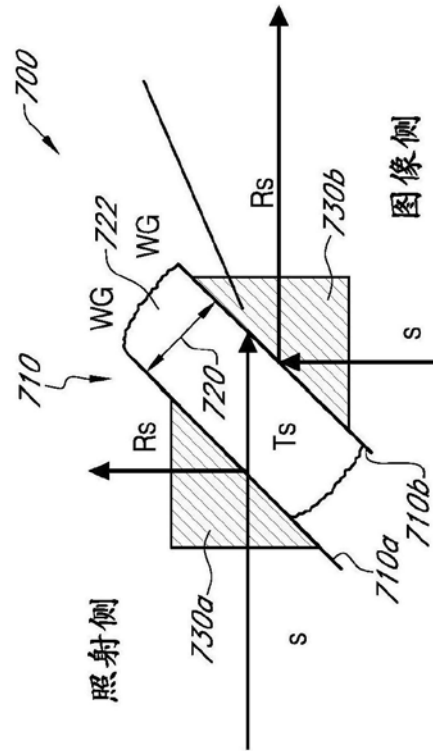


图15

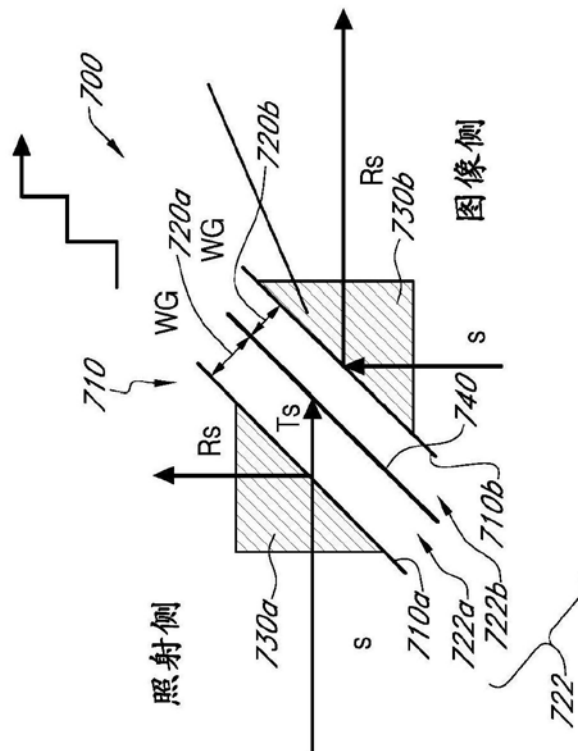


图16

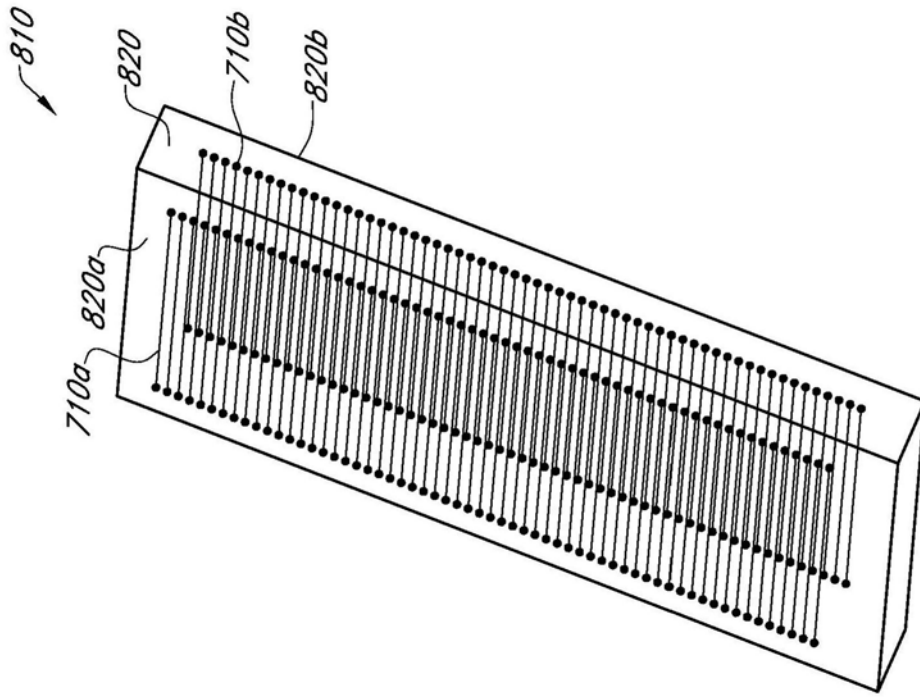


图17

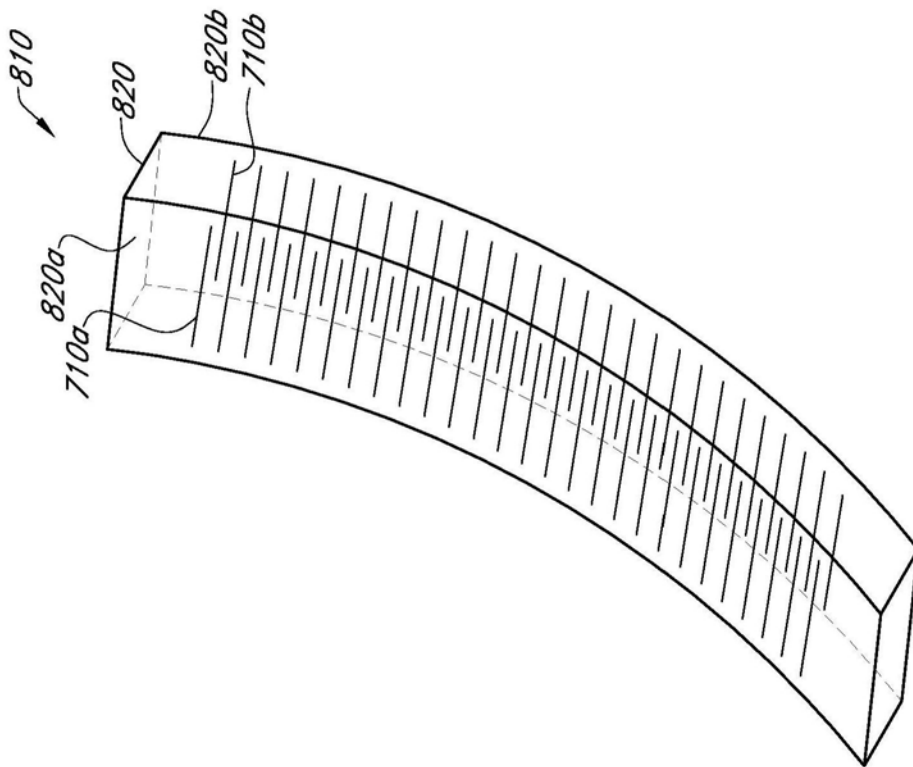


图18

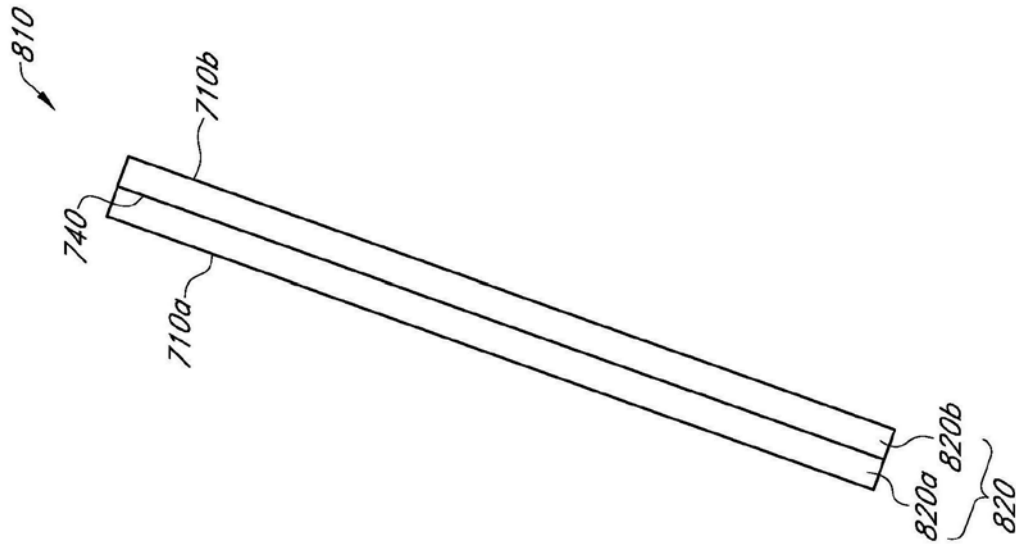


图19