



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113608293 A

(43) 申请公布日 2021.11.05

(21) 申请号 202110907628.X

F21V 13/04 (2006.01)

(22) 申请日 2017.02.24

G02B 19/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02B 27/01 (2006.01)

62/300,742 2016.02.26 US

G02B 30/50 (2020.01)

(62) 分案原申请数据

H04N 13/315 (2018.01)

201780025706.5 2017.02.24

H04N 13/344 (2018.01)

(71) 申请人 奇跃公司

地址 美国佛罗里达州

(72) 发明人 B·J·西森 H·L·哈尔

K·库尔蒂斯

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 贺月娇 于静

(51) Int.Cl.

G02B 6/00 (2006.01)

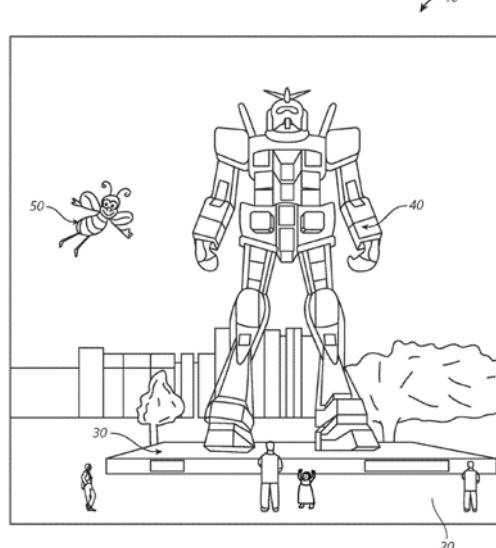
权利要求书1页 说明书19页 附图32页

(54) 发明名称

具有用于高度空间均匀的光输出的反射器
和透镜的光输出系统

(57) 摘要

本发明涉及具有用于高度空间均匀的光输出的反射器和透镜的光输出系统。在一些实施例中，具有反射器和靠近反射器的光输出开口的透镜的光学系统提供具有高度空间均匀性和高效的光输出。反射器被成形为提供基本上角度均匀的光输出，并且透镜被配置为将该角度均匀的光输出转换为空间均匀的光输出。光输出可以被导入光调制器中，光调制器调制光以投射图像。



1. 一种显示系统，包括：
光发射器；
反射器，其光学地耦合到所述光发射器并被配置为接收来自所述光发射器的光，所述反射器被配置为相对于从所述光发射器接收的光以增加的角度均匀性输出光；
透镜，其光学地耦合到所述反射器并被配置为接收来自所述反射器的光，所述透镜被配置为相对于从所述反射器输出的光以增加的空间均匀性输出光；以及
空间光调制器，其被配置为接收来自所述透镜的光并调制从所述透镜接收的光以产生图像。

具有用于高度空间均匀的光输出的反射器和透镜的光输出系统

[0001] 本申请是申请日为2017年2月24日、PCT国际申请号为PCT/US2017/019497、中国国家阶段申请号为201780025706.5、发明名称为“具有用于高度空间均匀的光输出的反射器和透镜的光输出系统”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请根据35U.S.C. §119 (e) 要求2016年2月26日提交的序列号为62/300,742, 名称为“LIGHT OUTPUT SYSTEM WITH REFLECTOR AND LENS FOR HIGHLY SPATIALLY UNIFORM LIGHT OUTPUT (具有用于高度空间均匀的光输出的反射器和透镜的光输出系统)”的美国临时专利申请的优先权益,该公开的全部内容通过引用并入此文。

[0004] 以下每个专利申请的全部内容也通过引用并入本申请:2014年11月27日提交的序列号为14/555,585的美国申请;2015年4月18日提交的序列号为14/690,401的美国申请;2014年3月14日提交的序列号为14/212,961的美国申请;以及2014年7月14日提交的序列号为14/331,218的美国申请。

技术领域

[0005] 本公开涉及光输出系统,更具体地说,涉及具有反射器和透镜的光输出系统。在一些实施例中,光输出系统可以是增强和虚拟现实成像和可视化系统的一部分。

背景技术

[0006] 成像和可视化系统可以利用将光输出到光调制装置中,然后该光调制装置调制和投射光以在观看者的眼睛中形成图像的系统。一直需要开发能够满足现代成像和可视化系统需求的光投射系统。

发明内容

[0007] 在一些实施例中,提供了一种光学系统。所述光学系统包括反射器,所述反射器包括光输入开口、光输出开口和在所述光输入开口以及反射内侧壁,所述光输出开口之间延伸。所述光学系统还包括透镜,所述透镜靠近所述反射器的光输出开口。所述反射器的侧壁可以被成形为提供基本上角度均匀的光输出,并且所述透镜可以被配置为将基本上角度均匀的光输出转换为基本上空间均匀的光输出。在一些实施例中,所述反射器是反射器阵列中的一者,每个反射器具有位于所述反射器的输出开口前方的关联透镜。

[0008] 所述光学系统可以进一步包括光调制装置,所述光调制装置被配置为通过所述透镜接收由所述反射器输出的光。所述光学系统还可以进一步包括波导堆叠,每个波导包括光耦入光学元件,所述光耦入光学元件被配置为接收来自所述光调制装置的光。如沿着所述光到所述堆叠的传播轴所示,每个波导的所述光耦入光学元件可以在空间上偏离其它波导的所述光耦入光学元件。如平面图所示,所述反射器的空间布置可以与所述光耦入光学元件的空间布置一一对应并对齐。

附图说明

- [0009] 图1示出了用户通过AR装置的增强现实(AR)视图。
- [0010] 图2示出了可穿戴显示系统的示例。
- [0011] 图3示出了用于为用户模拟三维图像的常规显示系统。
- [0012] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。
- [0013] 图5A至图5C示出了曲率半径和焦半径之间的关系。
- [0014] 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。
- [0015] 图7示出了由波导输出的出射光束的示例。
- [0016] 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成分颜色形成的图像。
- [0017] 图9A示出了一组堆叠波导的示例的横截面侧视图,每个堆叠波导包括耦入光学元件。
- [0018] 图9B示出了图9A的多个堆叠波导的示例的透视图。
- [0019] 图9C示出了图9A和图9B的多个堆叠波导的示例的俯视平面图。
- [0020] 图10示出了具有复合抛物面聚光器(CPC)的轮廓的反射器的示例。
- [0021] 图11示出了具有反射器和透镜的光学系统的示例。
- [0022] 图12示出了具有光发射器、反射器和透镜的光学系统的示例。
- [0023] 图13示出了来自图11至图12的光学系统的光输出的示例。
- [0024] 图14A至图14F示出了具有形状不同的光输入开口和光输出开口的反射器的示例。
- [0025] 图15A和图15B分别示出了图14A至图14C和图14D至图14F的反射器的光输出的均匀性图的示例。
- [0026] 图16示出了图的示例,该图示出了图14A至图14C的反射器结合透镜在角度空间中的光输出强度。
- [0027] 图17A至图17B分别示出了图14A至图14C和14D至图14F的反射器阵列的示例的透视图。
- [0028] 图18示出了具有光发射器、反射器和透镜阵列的光学系统以及掩模的示例的透视图。
- [0029] 图19示出了具有的反射器和用于诸如布线之类的光发射器结构的凹口阵列的材料体的示例的透视图。
- [0030] 图20A至图20b示出了具有不同高度的反射器的材料体的示例的透视图。
- [0031] 图21A至图21E示出了反射器的示例的各种视图。
- [0032] 图22A至图22B示出了图21的反射器的其它透视图。
- [0033] 图22C至图22D示出了如分别从反射器的光输出开口侧和光输入开口侧所示的图21的反射器的透视图。
- [0034] 图23A和图23B分别示出了具有圆形轮廓和在内侧壁的相交处具有尖角的反射器的光输出的均匀性图的示例。
- [0035] 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。

具体实施方式

[0036] 显示系统可以通过调制来自光发射器的光，然后投射该光以供观看者观看来形成图像。一些成像系统可以利用光发射器阵列，每个光发射器阵列独立地向光调制器提供光。光发射器提出了各种挑战。例如，具有光发射器阵列的系统可能很复杂，利用多个结构来引导光向光调制器传播。由于组件的复杂性，系统可能难以制造。

[0037] 另外，应当理解，由显示系统形成的图像的亮度均匀性可以取决于光调制器从光发射器接收的光的空间均匀性。因此，为了显示具有良好亮度均匀性的图像，需要由光调制器接收的光在空间上是均匀的。

[0038] 有利地，根据一些实施例，具有反射器和靠近反射器的光输出开口的透镜的光学系统提供具有高空间均匀性和高效率的光输出。优选地，反射器成形为提供基本上角度均匀的光输出，并且透镜被配置为将该角度均匀的光输出转换为空间均匀的光输出。反射器具有光输入开口，该光输入开口用于容纳和/或接收来自光发射器的光，以及光输出开口，该光输出开口用于输出所接收的光。在一些实施例中，光发射器发射具有朗伯(Lambertian)角分布的光。在一些实施例中，光发射器是扩展光源，并且例如可以是发光二极管。在一些实施例中，光输入和输出开口的形状可以不同。在一些实施例中，透镜靠近反射器的光输出开口(例如，位于透镜前方)。

[0039] 在一些实施例中，如横截面侧视图所示，反射器的内部反射表面的曲率可以遵循椭圆形、双曲线形或双锥形的轮廓。在一些实施例中，当反射器从相对大的光输出开口变到较小的光输入开口时，反射器的内部反射表面可具有大致线性的轮廓。优选地，反射器的反射表面成形为基本上准直与固定在发射器表面中的设计形状或子孔径对应的一组边缘光线。应当理解，在反射器的设计中可以包括一组以上的边缘光线。例如，被设计为允许+/-50微米的轴向光发射器偏移的反射器可以通过跨越该范围的若干组边缘光线进行设计，其中，反射器形状被选择为基本上准直每组边缘光线。在一些实施例中，反射器的反射表面的最终形状可略微偏离理想化的离轴抛物线部分，但可基本上类似于复合抛物面聚光器(CPC)的形状。应当理解，可以联合选择透镜和光发射器的形状和参数，以实现所需水平的空间均匀的光输出和效率。

[0040] 在一些实施例中，反射器的反射内表面具有复合抛物面聚光器(CPC)的轮廓(如横截面侧视图所示)，其中，该轮廓或曲率至少在沿着沿反射器的高度轴线延伸的两个中平面截取的横截面中呈现，其中，这些中平面彼此正交。应当理解，反射器的高度是光输入开口与光输出开口之间的距离。

[0041] 在一些优选实施例中，反射器的内表面可以具有多个侧面，并且所有这些侧面可以具有CPC轮廓，如侧视图所示。另外，如沿着横向于反射器的高度轴线的平面截取的横截面侧视图所示，所有内侧壁可以是线性的或平坦的。因此，内侧壁可以被认为是小平面并且在这些内侧壁的相交处形成拐角。如上所述，优选地，由于侧壁的线性特性，内侧壁的相交处的这些拐角是尖角。在一些实施例中，两个相对的内侧壁可具有与其它内侧壁不同的CPC轮廓。在一些实施例中，所有这些其它内侧壁具有相同CPC轮廓。在一些其它实施例中，至少两个内侧壁或所有内侧壁基本上线性地从反射器的光输入端延伸到光输出端。优选地，内侧壁的总数为6个或更多，或者更优选地为8个或更多。

[0042] 在一些实施例中，多个反射器和关联透镜形成阵列，该阵列将离散的、空间分离的

光源输出提供给例如光调制器。例如,不同的光发射器可以将光输出到每个反射器和关联透镜中。在一些实施例中,可以在透镜的前方提供掩模,以提供具有期望的横截面形状的光输出。在一些实施例中,至少一些光发射器可以发射与其它光发射器不同波长的光。在一些实施例中,至少一些反射器可以具有与其它反射器不同的高度。在一些实施例中,反射器、透镜和/或掩模可以在单独的材料板中形成,这些材料板随后可以组装成光输出模块。

[0043] 应当理解,CPC通常被用于例如在太阳能采集器中采集光,或者用于在聚光照明应用中输出光。CPC的输出光具有良好的角度均匀性,但是光可以在圆形内部形成具有低光强度的圆形形状,特别是在CPC的输出开口处呈圆形形状的情况下。这类圆形形状表示不可接受的空间不均匀的光输出,这阻止了在成像系统中使用CPC提供光。

[0044] 然而,已经发现,可以使用具有与透镜协同提供角度均匀的光输出的轮廓的反射器来提供高度空间均匀的光输出。在一些实施例中,透镜利用反射器的高度角度均匀的光输出并对该光执行傅里叶 (Fourier) 变换,使得光在穿过透镜之后被转换为高度空间均匀的光。

[0045] 有利地,高度空间均匀性允许光输出系统被用于需要高度空间均匀的光输出的各种光学系统。例如,光学系统可以是显示系统,并且光输出系统可以将光输出到光调制装置中以形成图像。光输出系统还可以提供高效率,这可以增加图像亮度。例如,可以选择光输入和输出表面的形状以分别与光发射器和接收输出光的表面的形状匹配。这种匹配有利于实现高效率,使得来自光发射器的特别高的比例的光到达接收表面。另外,反射器可以在一个或多个单一材料体中形成,这可以提供简化制造优势和提供紧凑结构的优势,同时阻止反射器之间的光逸出。另外,诸如掩模开口之类的其它关联结构也可以在能够叠置反射器的单一体上形成,这可以简化这些结构的制造,以及简化随后将这些结构组装成集成光学系统。在一些实施例中,配置反射器和透镜以实现4D光成形。

[0046] 现在将参考附图,其中,相同的参考标号通篇表示相同的特征。

[0047] 参考图1,示出了增强现实场景1。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”体验的系统开发,其中,数字再现图像或其部分以看起来是真实的或可以被感知为真实的方式呈现给用户。虚拟现实或“VR”场景通常涉及以对其他实际的真实世界视觉输入不透明的方式呈现数字或虚拟图像信息;增强现实或“AR”场景通常涉及将数字或虚拟图像信息呈现为对用户周围真实世界的可视化的增强。混合现实或“MR”场景是一种AR场景,通常涉及集成到自然世界中并对自然世界做出响应的虚拟对象。例如,MR场景可以包括AR图像内容,其看起来被真实世界中的对象阻挡或者以其它方式被感知为与对象交互。图1示出了增强现实场景1,其中,AR技术的用户看到以人、树木、背景中的建筑物和混凝土平台30为特征的真实世界公园状设置20。用户还感知到他“看到”“虚拟内容”,诸如站在真实世界平台1120上的机器人雕像40,以及看起来是大黄蜂的化身的正在飞行的卡通式化身角色50。这些元素50、40是“虚拟的”,因为它们在真实世界中不存在。因为人类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真实世界图像元素中舒适、感觉自然、丰富呈现的AR技术是极具挑战的。

[0048] 图2示出了可穿戴显示系统60的示例。显示系统60包括显示器70,以及支持该显示器70的功能的各种机械和电子模块及系统。显示器70可以被耦接到框架80,该框架可由显示系统用户或观看者90穿戴,并被配置为将显示器70定位在用户90的眼睛的前方。在一些

实施例中，显示器70可以被视为眼镜。在一些实施例中，扬声器100被耦接到框架80并被配置为位于邻近用户90的耳道(在一些实施例中，另一扬声器(未示出)可选择性地位于邻近用户的另一耳道，以提供立体/可塑形的声音控制)。显示系统还可以包括一个或多个麦克风110或其它检测声音的设备。在一些实施例中，麦克风被配置为允许用户向系统60提供输入或命令(例如，语音菜单命令的选择、自然语言问题等)，和/或可以允许与其它人(例如，与类似的显示系统的其它用户)进行音频通信。麦克风可以进一步被配置为外围传感器以收集音频数据(例如，来自用户和/或环境的声音)。在一些实施例中，显示系统还可以包括外围传感器120a，该传感器120a可以与框架80分离，并且被附接到用户90的身体(例如，在用户90的头部、躯干、四肢等上)。在一些实施例中，外围传感器120a可以被配置为获取表征用户90的生理状态的数据。例如，传感器120a可以是电极。

[0049] 继续参考图2，显示器70通过通信链路130(诸如，通过有线引线或无线连接)可操作地耦接到本地数据处理模块140，本地数据处理模块140可以以各种配置安装，例如固定地附接到框架80，固定地附接到用户戴的头盔或帽子，嵌入耳机中，或以其它方式(例如，以背包式配置、腰带耦接式配置)可移除地附接到用户90类似地，传感器120a可以通过通信链路120b(例如通过有线引线或无线连接)可操作地连接到本地处理和数据模块140。本地处理和数据模块140可以包括硬件处理器以及数字存储器，诸如非易失性存储器(例如，闪存或硬盘驱动器)，两者都可被用于辅助数据的处理、缓存和存储。这些数据包括a)从传感器(其可以例如可操作地耦接到框架80或以其它方式附接到用户90)捕获的数据，传感器诸如为图像捕获设备(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、陀螺仪和/或本文公开的其它传感器；和/或b)使用远程处理模块150和/或远程数据存储库160(包括与虚拟内容有关的数据)获取和/或处理的数据，这些数据可以在被执行完这样的处理或检索之后传送到显示器70。本地处理和数据模块140可以通过通信链路170、180诸如经由有线或无线通信链路可操作地连接到远程处理模块150和远程数据存储库160，使得这些远程模块150、160可操作地与彼此耦接，并且作为资源可用于本地处理和数据模块140。在一些实施例中，本地处理和数据模块140可以包括图像捕获装置、麦克风、惯性测量单元、加速度计、指南针、GPS单元、无线电设备和/或陀螺仪中的一者或者。在一些其它实施例中，这些传感器中的一者或者可以被附接到框架80，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140通信的独立结构。

[0050] 继续参考图2，在一些实施例中，远程处理模块150可以包括被配置为分析和处理数据和/或图像信息的一个或多个处理器。在一些实施例中，远程数据存储库160可以包括数字数据存储设施，该设施可以通过因特网或“云”资源配置中的其它网络配置获得。在一些实施例中，远程数据存储库160可以包括一个或多个远程服务器，这些服务器向本地处理和数据模块140和/或远程处理模块150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，并执行所有计算，允许来自远程模块的完全自主地使用。

[0051] 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“3D”。图3示出了用于模拟用户的三维图像的常规显示系统。向用户输出两个不同图像190、200，每个图像针对一只眼睛210、220。图像190、200沿着与观看者视线平行的光轴或z轴与眼睛210、220相隔距离230。图像190、200是平坦的，眼睛210、220可以通

过假设单个调节状态而聚焦在图像上。这样的3D显示系统依赖于人类视觉系统来组合图像190、200以提供组合图像的深度和比例的感知。

[0052] 然而,应当理解,人类视觉系统更复杂,并且提供真实的深度感知更具挑战性。例如,常规的“3D”显示系统的许多观看者发现这样的系统不舒适或者根本无法感知到深度感。不受理论的限制,可以认为对象的观看者可能由于辐辏和调节的组合而将对象感知为“三维的”。两只眼睛相对于彼此的辐辏动作(即,使得瞳孔彼此靠近或远离以使眼睛的视线会聚固定在对象上的眼睛的转动)与眼睛的晶状体和瞳孔的聚焦(或“调节”)密切相关。在正常情况下,根据被称为“调节-辐辏反射”的关系,改变眼睛的晶状体的焦点或调节眼睛以将焦点从一个对象改变到不同距离处的另一对象将自动导致到同一距离的辐辏匹配变化,以及瞳孔放大或收缩。同样,在正常条件下,辐辏的变化将引发晶状体形状和瞳孔大小的调节发生匹配变化。如本文所述,许多立体或“3-D”显示系统向每只眼睛使用略微不同的呈现(因此使用略微不同的图像)来显示场景,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适的,由于它们尤其是仅提供不同的场景呈现,但是眼睛在单个调节状态下观看所有图像信息,并且对违反“调节-辐辏反射”起作用。在调节与辐辏之间提供更好匹配的显示系统可以形成更逼真和舒适的三维图像模拟。

[0053] 图4示出了使用多个深度平面模拟三维图像的方法的各方面。参考图4,z轴上距眼睛210、220不同距离处的对象由眼睛210、220调节,以使这些对象对焦。眼睛210、220假定特定的调节状态,以对沿z轴不同距离处的对象聚焦。因此,可以认为特定的调节状态与深度平面240中的特定一者相关联,具有相关联的焦距,使得当眼睛针对特定深度平面处于调节状态时,该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,可以通过为每只眼睛210、220提供图像的不同呈现,并且还可通过提供与每个深度平面对应的图像的不同呈现来模拟三维图像。尽管为了清楚地说明而示出为是分开的,但是应当理解,眼睛210、220的视野可以重叠,例如随着沿z轴的距离增加。此外,尽管为了便于说明而示出为平坦的,但是应当理解,深度平面的轮廓在物理空间中可以是弯曲的,使得深度平面中的所有特征在眼睛处于特定调节状态时对焦。

[0054] 对象与眼睛210或眼睛220之间的距离也可以改变来自该眼睛所观看到的对象的光的发散量。图5A至图5C示出了距离和光线发散之间的关系。对象与眼睛210之间的距离按照递减的次序由距离R1、R2和R3表示。如图5A至图5C所示,随着到对象的距离减小,光线变得更加发散。随着距离的增加,光线变得更加准直。换句话说,可以认为由点(对象或对象的部分)产生的光场具有球面波前曲率,该球面波前曲率是该点距用户眼睛的距离的函数。随着对象与眼睛210之间的距离减小,曲率增加。因此,在不同的深度平面上,光线的发散度也不同,发散度随着深度平面与观看者眼睛210之间的距离的减小而增加。尽管在图5A至5C和本文中的其它图中为了清楚地说明而仅示出单只眼睛210,但是应当理解,有关眼睛210的讨论可以应用于观看者的双眼210和220。

[0055] 不受理论的限制,可以认为人眼通常可以解释有限数量的深度平面以提供深度感。因此,可以通过向眼睛提供与这些有限数量的深度平面中的每一者对应的图像的不同呈现来实现高度可信的感知深度模拟。不同的呈现可以由观看者的眼睛单独聚焦,从而有助于基于使位于不同深度平面上的场景的不同图像特征对焦所需的眼睛调节和/或基于观察不在焦点上的不同深度平面的不同的图像特征,为用户提供深度线索。

[0056] 图6示出了用于将图像信息输出给用户的波导堆叠的示例。显示系统250包括波导的堆叠或堆叠波导组件260，该波导的堆叠或堆叠波导组件260可被用于使用多个波导270、280、290、300、310向眼睛/大脑提供三维感知。在一些实施例中，显示系统250是图2的系统60，图6更详细地示意性地示出了该系统60的一些部分。例如，波导组件260可以是图2的显示器70的部分。应该理解，在一些实施例中，显示系统250可以被视为光场显示器。此外，波导组件260也可以被称为目镜。

[0057] 继续参考图6，波导组件260还可以包括在波导之间的多个特征320、330、340、350。在一些实施例中，特征320、330、340、350可以是一个或多个透镜。波导270、280、290、300、310和/或多个透镜320、330、340、350可以被配置为用各种级别波前曲率或光线发散度向眼睛发送图像信息。每个波导级别可以与特定深度平面相关联，并且可以被配置为输出对应于该深度平面的图像信息。图像注入装置360、370、380、390、400可以用作波导的光源，并且可被用于将图像信息注入波导270、280、290、300、310中，如本文所述，每个波导可以被配置为将入射光分布在每个相应的波导上以便朝着眼睛210输出。光从图像注入装置360、370、380、390、400的输出表面410、420、430、440、450射出，并且注入波导270、280、290、300、310的对应输入表面460、470、480、490、500。在一些实施例中，输入表面460、470、480、490、500中的每一者可以是对应波导的边缘，或者可以是对应波导的主表面的部分（即，直接面向世界510或观看者眼睛210的波导表面中的一者）。在一些实施例中，可以将单个光束（例如准直光束）注入每个波导中以输出整个克隆的准直光束场，这些准直光束以对应于与特定波导相关联的深度平面的特定角度（和发散量）导向眼睛210。在一些实施例中，图像注入装置360、370、380、390、400中的一者可以与波导270、280、290、300、310中的多个（例如，三个）相关联，并将光注入其中。

[0058] 在一些实施例中，图像注入装置360、370、380、390、400是分立显示器，每个显示器产生用于分别注入对应波导270、280、290、300、310中的图像信息。在一些其它实施例中，图像注入装置360、370、380、390、400是单个多路复用显示器的输出端，这些显示器例如可以经由一个或多个光学导管（例如光纤光缆）将图像信息管道传输到图像注入装置360、370、380、390、400中的每一者。应当理解，由图像注入装置360、370、380、390、400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。

[0059] 在一些实施例中，注入波导270、280、290、300、310中的光由光投射器系统520提供，光投射器系统520包括光模块540，该光模块540可包括诸如发光二极管（LED）之类的光发射器。来自光模块540的光可以经由光束分离器550被光调制器530（例如，空间光调制器）引导和修改。光调制器530可以被配置为改变注入波导270、280、290、300、310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），该液晶显示器（LCD）包括硅基液晶（LCOS）显示器。应当理解，图像注入装置360、370、380、390、400被示意性地示出，并且在一些实施例中，这些图像注入装置可以表示公共投射系统中的不同光路和位置，该公共投射系统被配置为将光输出到波导270、280、290、300、310中的关联波导中。

[0060] 在一些实施例中，显示系统250可以是扫描光纤显示器，该扫描光纤显示器包括一个或多个扫描光纤，这些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270、280、290、300、310中，并最终投射到观看者的眼睛210。在一些实施例中，所示的图像注入装置360、370、380、390、400可示意性

地表示单个扫描光纤或扫描光纤束,单个扫描光纤或扫描光纤束被配置为将光注入一个或多个波导270、280、290、300、310中。在一些其它实施例中,所示的图像注入装置360、370、380、390、400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者被配置为将光注入波导270、280、290、300、310中的关联波导中。应当理解,一个或多个光纤可以被配置为将光从光模块540传输到一个或多个波导270、280、290、300、310。应当理解,可以在一个或多个扫描光纤与一个或多个波导270、280、290、300、310之间提供一个或多个居间光学结构,以例如将从扫描光纤射出的光重定向到一个或多个波导270、280、290、300、310中。

[0061] 控制器560控制堆叠波导组件260中的一者或者的操作,包括图像注入装置360、370、380、390、400,光源540和光调制器530的操作。在一些实施例中,控制器560是本地数据处理模块140的部分。控制器560包括编程(例如,非暂时性介质中的指令),该编程根据例如本文公开的各种方案中的任何方案,调整定时和向波导270、280、290、300、310提供图像信息。在一些实施例中,控制器可以是单个集成装置,或者是通过有线或无线通信信道连接的分布式系统。在一些实施例中,控制器560可以是处理模块140或150(图2)的部分。

[0062] 继续参考图6,波导270、280、290、300、310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270、280、290、300、310可以各自是平面的或具有另一形状(例如,弯曲的),具有顶部主表面和底部主表面以及在这些顶部主表面和底部主表面之间延伸的边缘。在所示的配置中,波导270、280、290、300、310可各自包括耦出(out-coupling)光学元件570、580、590、600、610,耦出元件570、580、590、600、610被配置为通过重定向来从波导中提取光,在各自对应的波导内部传播,从波导出射已将图像信息输出到眼睛210。所提取的光也可以被称为耦出光,并且耦出光学元件也可以被称为光提取光学元件。在波导内传播的光照射光提取光学元件的位置处,可以由波导输出所提取的光束。耦出光学元件570、580、590、600、610可以例如是光栅,光栅包括本文进一步所讨论的衍射光学特征。尽管为了便于描述和描绘清楚而示出了设置在波导270、280、290、300、310的底部主表面处,但是在一些实施例中,如本文进一步所讨论的,耦出光学元件570、580、590、600、610可以被设置在顶部和/或底部主表面处,和/或可以被直接设置在波导270、280、290、300、310的体中。在一些实施例中,耦出光学元件570、580、590、600、610可以在附接到透明基板的材料层中形成,从而形成波导270、280、290、300、310。在一些其它实施例中,波导270、280、290、300、310可以是单片材料,并且耦出光学元件570、580、590、600、610可以形成在该片材料的表面上和/或内部中。

[0063] 继续参考图6,如本文所讨论的,每个波导270、280、290、300、310被配置为输出光以形成对应于特定深度平面的图像。例如,最靠近眼睛的波导270可以被配置为将准直光(其被注入到这样的波导270)传递到眼睛210。该准直光可以代表光学无限远焦平面。下一上行波导280可以被配置为发出准直光,该准直光可到达眼睛210之前传输通过第一透镜350(例如,负透镜);这样的第一透镜350可以被配置为产生微凸的波前曲率,使得眼睛/大脑将来自该下一上行波导280的光解释为来自从光学无限远向内更靠近眼睛210的第一焦平面。类似地,第三上行波导290使其输出光在到达眼睛210之前传输通过第一透镜350和第二透镜340两者;第一透镜350和第二透镜340的组合光焦度(optical power)可以被配置为产生另一波前曲率增量,使得眼睛/大脑将来自第三波导290的光解释为来自从光学无限远

向内进一步更靠近人的第二焦平面，而不是来自下一上行波导280的光。

[0064] 其它波导层300、310和透镜330、320被类似地配置，其中堆叠中的最高波导310将其输出发送通过其与眼睛之间的所有透镜，以获得代表距人最近的焦平面的总光焦度。为了在观看/解释来自堆叠波导组件260的另一侧上的世界510的光时补偿透镜320、330、340、350的堆叠，可以在堆叠的顶部设置补偿透镜层620，以补偿下面的透镜堆叠320、330、340、350的总光焦度。这种配置提供与可用的波导/透镜配对一样多的感知焦平面。波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面都可以是静态的(即，不是动态的或电活性的)。在一些替代实施例中，使用电活性特征，波导的耦出光学元件和透镜的聚焦方面中的一者或两者可以是动态的。

[0065] 在一些实施例中，波导270、280、290、300、310中的两者或更多者可具有相同的相关深度平面。例如，多个波导270、280、290、300、310可以被配置为将图像集输出到相同的深度平面，或者波导270、280、290、300、310的多个子集可以被配置为将图像集输出到相同的多个深度平面，每个深度平面一个集。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视野的。

[0066] 继续参考图6，耦出光学元件570、580、590、600、610可以被配置为既将光重定向出它们相应的波导之外，也未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。因此，具有不同关联深度平面的波导可以具有不同配置的耦出光学元件570、580、590、600、610，不同配置的耦出光学元件570、580、590、600、610根据关联的深度平面输出具有不同发散量光。在一些实施例中，耦出光学元件570、580、590、600、610可以是体积特征或表面特征，其可以被配置为以特定角度输出光。例如，耦出光学元件570、580、590、600、610可以是体全息、表面全息和/或衍射光栅。在一些实施例中，特征320、330、340、350可以不是透镜；相反，它们可以仅仅是间隔物(例如，包层和/或用于形成气隙的结构)。

[0067] 在一些实施例中，耦出光学元件570、580、590、600、610是形成衍射图案的衍射特征，或“衍射光学元件”(在本文中也被称为“DOE”)。优选地，DOE具有足够低的衍射效率，使得只有一部分光束借助DOE的每个交叉点向眼睛210偏转，而其余部分经由TIR继续前进通过波导。因此，携带图像信息的光被分成多个相关的出射光束，这些出射光束在多个位置处从波导出射，并且针对在波导内弹跳的此特定准直光束，结果是形成向眼睛210出射的相当均匀的图案。

[0068] 在一些实施例中，一个或多个DOE可以在他们活跃地衍射的“开启”状态与不明显衍射的“关闭”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，微滴包括在主体介质中的衍射图案，并且微滴的折射率可以被切换为基本匹配主体材料的折射率(在这种情况下，图案不会显著地衍射入射光)或者微滴可以被切换为与主体介质的折射率失配的折射率(在这种情况下，图案活跃地衍射入射光)。

[0069] 在一些实施例中，可提供相机组件630(例如，数码相机，包括可见光和红外光相机)以捕获眼睛210和/或眼睛210周围的组织的图像，以例如检测用户输入和/或监测用户的生理状态。如本文所使用的，相机可以是任何图像捕获装置。在一些实施例中，相机组件630可以包括图像捕获装置和光源，以将光(例如，红外光)投射到眼睛，然后光可以由眼睛反射并由图像捕获装置检测到。在一些实施例中，相机组件630可以被附接到框架80(图2)并且可以与处理模块140和/或150电连通，处理模块140和/或处理模块150可以处理来自相

机组件630的图像信息。在一些实施例中,每只眼睛可以使用一个相机组件630以分别监测每只眼睛。

[0070] 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,但是应当理解,波导组件260(图6)中的其它波导可以发挥类似的作用,其中,波导组件260包括多个波导。光640在波导270的输入表面460处注入波导270,并通过TIR在波导270内传播。在光640照射DOE 570上的点处,一部分光作为出射光束650从波导出射。出射光束650被示为基本上平行,但是如本文所讨论的,它们也可以被重定向为以一角度(例如,形成发散的出射光束)传播到眼睛210,该角度取决于与波导270相关联的深度平面。应当理解,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,输出光学元件将光耦出以形成看起来设置在距离眼睛210的较远距离处(例如,光学无限远)的深度平面上的图像。其它波导或耦出光学元件的其它集合可以输出更加发散的出射光束图案,这将需要眼睛210适应更近的距离以使更加发散的出射光束图案聚焦在视网膜上并且将被大脑解释为来自比光学无限远更靠近眼睛210的距离处的光。

[0071] 在一些实施例中,可以通过在组分颜色(例如,三种或更多种组分颜色)中的每一者中叠加图像来在每个深度平面处形成全色图像。图8示出了堆叠波导组件的示例,其中,每个深度平面包括使用多种不同组分颜色形成的图像。所示的实施例示出了深度平面240a-240f,但也可以预期更多或更少的深度。每个深度平面可以具有与其相关联的三种或更多种组分颜色图像,其中包括:第一颜色G的第一图像;第二颜色R的第二图像;以及第三颜色B的第三图像。对于字母G,R和B之后的屈光度(dpt),在图中通过不同的数字表示不同的深度平面。仅作为示例,这些字母中的每一者后面的数字表示屈光度(1/m),或该深度平面距观看者的距离倒数,并且图中的每个框表示单独的组分彩色图像。在一些实施例中,为了考虑眼睛对不同波长的光的聚焦的差异,不同组分颜色的深度平面的精确放置可以变化。例如,给定深度平面的不同组分颜色图像可以被放置在与距用户不同距离相对应的深度平面上。这样的布置可以增加视敏度和用户舒适度,和/或可以减少色差。

[0072] 在一些实施例中,每种组分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为提供三个波导,其中为每个深度平面提供三个组分彩色图像。尽管为了便于描述,在此图中与每个深度平面相关联的波导被示出为彼此邻近,但是应当理解,在物理装置中,波导可以全部布置为每层具有一个波导的堆叠形式。在一些其它实施例中,多个组分颜色可以由相同的波导输出,使得每个深度平面例如可以仅提供单个波导。

[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。在一些其它实施例中,除了红色、绿色或蓝色之外,可以使用与其它波长的光(包括品红色和青色)相关联的其它颜色,或者这些其它颜色可以替代红色、绿色或蓝色中的一种或多种。

[0074] 应当理解,贯穿本公开对给定颜色的光的引用将被理解为包括被观看者感知为具有该给定颜色的光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,蓝光可以包括在约435-493nm的范围内的一个或多个波长的光。

[0075] 在一些实施例中,光源540(图6)可以被配置为发射观看者视觉感知范围之外的一

个或多个波长(例如,红外和/或紫外波长)的光。此外,显示器250的波导的耦入、耦出和其它光重定向结构可以被配置为引导此光,并使此光从显示器出射朝向用户的眼睛210,例如用于成像和/或用户刺激应用。

[0076] 现在参考图9A,在一些实施例中,可能需要将照射在波导上的光重定向以将该光耦入到波导中。可以使用耦入光学元件将光重定向并且将光耦入到其对应的波导中。图9A示出了多个堆叠波导或堆叠波导组660的示例的横截面侧视图,每个堆叠波导包括耦入光学元件。波导可以被各自配置为输出一个或多个不同波长的光,或一个或多个不同波长范围的光。应当理解,堆叠660可以对应于堆叠260(图6),并且除了来自一个或多个图像注入装置360、370、380、390、400的光从需要光被重定向以耦入的位置被注入波导中之外,所示的堆叠660的波导可以与多个波导270、280、290、300、310的部分对应。

[0077] 图示的堆叠波导组660包括波导670、680和690。每个波导包括关联的耦入光学元件(其也可以被称为波导上的光输入区域),其中例如耦入光学元件700被设置在波导670的主表面(例如,顶部主表面)上、耦入光学元件710被设置在波导680的主表面(例如,顶部主表面)上,以及耦入光学元件720被设置在波导690的主表面(例如,顶部主表面)上。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720中的一者或者可以被设置在相应波导670、680、690的底部主表面上(特别是在一个或多个耦入光学元件是反射性的偏转光学元件的情况下)。如图所示,耦入光学元件700、710、720可以被设置在其相应的波导670、680、690(或下一层波导的顶部)的顶部主表面上,特别是在这些耦入光学元件是透射的偏转光学元件的情况下。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720可以被设置在相应的波导670、680、690的体中。在一些实施例中,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720。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,同时透射其它波长的光。尽管在其相应的波导670、680、690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700、710、720可以被设置在其相应的波导670、680、690的其它区域中。

[0078] 如图所示,耦入光学元件700、710、720可以被彼此横向偏移。在一些实施例中,每个耦入光学元件可以被偏移,使得耦入光学元件接收光,而无需通过另一耦入光学元件。例如,如图6所示,每个耦入光学元件700、710、720可以被配置为从不同的图像注入装置360、370、380、390和400接收光,并且可以从其它耦入光学元件700、710、720分开(例如,横向间隔开),使得该耦入光学元件基本上不接收来自耦入光学元件700、710、720中的其它光学元件的光。

[0079] 每个波导还包括关联的光分布元件,其中,例如,光分布元件730被设置在波导670的主表面(例如,顶部主表面)上、光分布元件740被设置在波导680的主表面(例如,顶部主表面)上,以及光分布元件750被设置在波导690的主表面(例如,顶部主表面)上。在一些其它实施例中,光分布元件730、740、750可以被分别设置在关联的波导670、680、690的底部主表面上。在一些其它实施例中,光分布元件730、740、750可以被分别设置在关联的波导670、680、690的顶部主表面和底部主表面上;或者光分布元件730、740、750可以被分别设置在不同的关联波导670、680、690中的顶部主表面和底部主表面中的不同主表面上。

[0080] 波导670、680、690可以被例如气体、液体和/或固体材料层间隔开并分隔开。例如,如图所示,层760a可以使波导670和波导680分隔开;并且层760b可以使波导680和波导690分隔开。在一些实施例中,层760a和760b由低折射率材料(即,具有比形成紧邻的波导670、

680、690中的一个波导的材料的折射率低的材料)形成。优选地,形成层760a、760b的材料的折射率与形成波导670、680、690的材料的折射率相差0.05或更大,或者0.10或更小。有利地,较低折射率层760a、760b可以作为包层,包层促进通过波导670、680、690的光的全内反射(TIR)(例如,在每个波导的顶部主表面与底部主表面之间的TIR)。在一些实施例中,层760a、760b由空气形成。尽管未示出,但应理解,所示的波导组660的顶部和底部可包括紧邻的包层。

[0081] 优选地,为了便于制造和处于其它考虑,形成波导670、680、690的材料相似或相同,并且形成层760a、760b的材料相似或相同。在一些实施例中,形成波导670、680、690的材料在一个或多个波导之间可以是不同的,和/或形成层760a、760b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770、780、790入射在波导组660上。应当理解,光线770、780、790可以通过一个或多个图像注入装置360、370、380、390、400(图6)注入波导670、680、690中。

[0083] 在一些实施例中,光线770、780、790具有不同的特性,例如,对应于不同的颜色的不同的波长或不同的波长范围。耦入光学元件700、710、720各自使入射光偏转,使得光通过TIR传播通过波导670、680、690中的相应一者。在一些实施例中,耦入光学元件700、710、720各自选择性地使一个或多个特定波长的光偏转,同时将其它波长透射到下面的波导和关联的耦入光学元件。

[0084] 例如,耦入光学元件700可以被配置为使具有第一波长或波长范围的光线770偏转,同时分别透射具有不同的第二波长或第二波长范围780和第三波长或波长范围的光线790。透射光线780照射在耦入光学元件710上并被其偏转,该耦入光学元件710被配置为使第二波长或波长范围的光偏转。光线790被耦入光学元件720偏转,该耦入光学元件720被配置为选择性地使第三波长或第三波长范围的光偏转。

[0085] 继续参考图9A,偏转的光线770、780、790被偏转为使得它们传播通过对应的波导670、680、690;也就是说,每个波导的耦入光学元件700、710、720将光偏转到该对应的波导670、680、690中,以将光耦入到该对应的波导中。光线770、780、790以一定角度偏转,该角度使光通过TIR传播通过相应的波导670、680、690。光线770、780、790通过TIR传播通过相应的波导670、680、690,直到照射到波导的对应的光分布元件730、740、750上。

[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770、780、790分别被耦入光学元件700、710、720偏转,然后分别在波导670、680、690内通过TIR传播。然后,光线770、780、790分别照射在光分布元件730、740、750上。光分布元件730、740、750使光线770、780、790偏转,使得光线770、780、790分别朝向耦出光学元件800、810、820传播。

[0087] 在一些实施例中,光分布元件730、740、750是正交光瞳扩展器(OPE)。在一些实施例中,OPE将光偏转或分布到耦出光学元件800、810、820,并且在一些实施例中,还可以在光向耦出光学元件传播时增加该光的光束或光斑尺寸。在一些实施例中,可以省略光分布元件730、740、750,并且耦入光学元件700、710、720可以被配置为将光直接偏转到耦出光学元件800、810、820。例如。参考图9A,光分布元件730、740、750可分别被耦出光学元件800、810、820代替。在一些实施例中,耦出光学元件800、810、820是出射光瞳(EP)或出射光瞳扩展器

(EPE), 其将光导入观看者的眼睛210(图7)。应当理解,OPE可以被配置为在至少一个轴上增大眼动(eye box)范围的尺寸,并且EPE可以在与OPE的轴相交(例如正交)的轴上增大眼动范围。例如,每个OPE可以被配置为将到达OPE的光的一部分重定向到同一波导的EPE,同时允许光的剩余部分继续沿波导传播。当再次照射到OPE时,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进一步传播,以此类推。类似地,在到达EPE时,照射光的一部分被朝向用户导出波导,并且该光的剩余部分继续传播通过波导,直到它再次照射EP,此时照射光的另一部分被导出波导,以此类推。因此,每当单束耦入光的一部分被OPE或EPE重定向时,该光可以“被复制”,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。

[0088] 因此,参考图9A和9B,在一些实施例中,波导组660包括:波导670、680、690;耦入光学元件700、710、720;光分布元件(例如,OPE)730、740、750;以及耦出光学元件(例如,EP)800、810、820,用于每种分量颜色。波导670、680、690可以进行堆叠有每个波导之间中间的气隙/包层。耦入光学元件700、710、720将入射光(其中不同耦入光学元件接收不同波长的光)重定向或偏转到其波导中。然后光以一角度传播,该角度将导致相应波导670、680、690内的TIR。在所示的示例中,光线770(例如,蓝光)以被第一耦入光学元件700偏转,然后继续沿波导反弹,与先前描述的方式与光分布元件(例如,OPE)730和耦出光学元件(例如,EP)800相互作用。光线780和光线790(例如,分别为绿光和红光)将传输通过波导670,其中,光线780照射在耦入光学元件710上并被其偏转。光线780然后经由TIR沿波导680反弹,前进到其光分布元件(例如,OPE)740,然后前进到耦出光学元件(例如,EP)810。最后,光线790(例如,红光)传输通过波导690而照射在波导690的光耦入光学元件720上。光耦入光学元件720使光线790偏转为使得该光线通过TIR传播到光分布元件(例如,OPE)750,然后通过TIR传播到耦出光学元件(例如,EP)820。然后,耦出光学元件820最终将光线790耦出到观看者,观看者还从其它波导670、680接收耦出光。

[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。如图所示,波导670、680、690以及每个波导的关联光分布元件730、740、750和关联的耦出光学元件800、810、820可以垂直对准。然而,如本文所讨论的,耦入光学元件700、710、720不是垂直对准的;相反,耦入光学元件优选地是不重叠的(例如,当在俯视图中观看时,横向地间隔开)。如本文进一步所讨论的,该不重叠的空间布置有助于将来自不同资源的光一对地注入到不同波导中,从而允许特定光源被唯一地耦合到特定波导。在一些实施例中,包括不重叠的空间分离的耦入光学元件的布置可以被称为移位的光瞳系统,并且这些布置内的耦入光学元件可以对应于子光瞳。

[0090] 在一些实施例中,来自光发射器的光使用反射器和透镜成形。图10示出了具有复合抛物面聚光器(CPC)的轮廓的反射器2000的示例。反射器2000具有光输入开口2002和光输出开口2004,两者都可以是圆形的。光输入开口可以从光发射器(未示出)接收光(例如,光线2010、2020、2030)。光从反射器的壁2040反射,以通过光输出开口2004从反射器2000射出。值得注意的是,输出的光线2010、2020、2030具有高度角度均匀性并且可以基本上彼此平行地从反射器射出。因此,边缘光线由CPC准直。然而,输出光的空间均匀性差。不理想地,从反射器2010射出的光可以形成环形热点。

[0091] 参考图11至图12,可以利用透镜(例如,傅里叶变换透镜)将反射器的角度均匀的

光输出转换为空间均匀的光输出。图11示出了具有反射器2110和透镜2120的光学系统2100的示例。反射器2110具有光输入开口2102和光输出开口2104，其中，内侧壁2112a、2112b从光输入开口2102延伸到光输出开口2104。内侧壁2112a、2112b是弯曲的，以向透镜2120提供角度均匀的光输出。在一些实施例中，侧壁2112a、2112b具有CPC轮廓；也就是说，内侧壁2112a、2112b的曲率遵循复合抛物面聚光器的曲率。应当理解，在一些实施例中，内侧壁2112a、2112b可以遵循椭圆形、双曲线或双锥形的轮廓。在一些其它实施例中，内侧壁2112a、2112b可以是基本线性的，已经发现其为透镜2120提供足够角度均匀的光输出以输出高度空间均匀的光。应当理解，侧壁2112a、2112b在所示的横截面中示出为分开的，但是在实际的三维反射器中，2112a和2112b仅仅是连续表面的相对侧。优选地，侧壁2112a、2112b是镜面反射器。在一些实施例中，侧壁2112a、2112b可以由反射材料形成和/或可以衬有反射材料。

[0092] 图12示出了光学系统2100的示例，其具有光发射器2140，所述光发射器2140被定位为将光发射到反射器2110中。在一些实施例中，光发射器2140在光输入开口外面。在一些其它实施例中，光发射器2140被定位在反射器2110的内部体积内。在一些实施例中，光发射器2140具有朗伯辐射图案。光发射器2140例如可以是发光二极管(LED)、白炽灯泡、荧光灯泡或其它例如将电能转换为光的装置。

[0093] 继续参考图11和图12，透镜2120靠近光输出开口2104。在一些实施例中，透镜2120位于光输出开口2104的前方或直接位于该开口处。在一些其它实施例中，透镜2120可以位于反射器2110内部。优选地，从透镜2120到光发射器2140的距离基本上等于该透镜的焦距。另外，从透镜到光调制器(未示出)的距离优选地也基本上等于该透镜的焦距。

[0094] 应当理解，透镜2120的图示是示意性的。还应当理解，透镜2120是光学透射结构，其被配置为将反射器2110的角度均匀的光输出转换为空间均匀的光输出。例如，如图所示，由光发射器2140发射的光线2130从侧壁2112a、2112b反射出，使得发射出的光线在基本相同的方向上传播。然后，透镜2120将该角度均匀的输出变换为从透镜2120传播离开的空间均匀的光2130。在一些实施例中，透镜可以是单透镜。在一些其它实施例中，透镜2120可以是复合透镜，诸如双合透镜，或透镜系统。优选地，透镜2120基本上在光输出开口2104的整个区域上延伸。

[0095] 图13示出了来自图11至图12的光学系统2100的光输出的示例。光从光发射器2140传播到透镜2120中，然后从透镜2120传播到光调制器209b。透镜2120和光调制器209b在该图中示意性地表示为线。如本文所述，光发射器2140与透镜2120之间的距离可以等于该透镜的焦距，并且透镜2120与光调制器209b之间的距离也可以等于该透镜的焦距。

[0096] 在一些实施例中，反射器2110具有光输入开口和光输出开口，它们具有相同的形状，例如圆形。在一些其它实施例中，光输入开口和光输出开口的形状是不同的。图14A至图14F示出了具有形状不同的光输入开口和光输出开口的反射器的示例。改变光输入和输出开口的形状的能力可以提供有效匹配具有不同形状或宽高比的光发射器和光调制器的优点。

[0097] 图14A至图14C示出了具有渐进椭圆形状的反射器2110。图14A是光输出开口2104面向观看者的透视图。图14B是图14A在平面14B直视的侧视图。图14C是另一侧视图，这次是图14A在平面14C直视的。平面14B与平面14C正交。如图所示，在一些实施例中，反射器2110

的光输入开口2102具有圆形形状,圆形形状看上去沿着平面14A和14B以不同的速率逐渐扩展,使得光输出开口2104具有椭圆形状。例如,侧壁2112a和2112b以大于侧壁2112c和2112d扩展速率的速率扩展。在一些实施例中,凹口2114可以存在于光输入开口2102处并且延伸到侧壁2112c中。凹口2114可以允许容纳用于光发射器(例如,光发射器2140,图12)的连接器(例如,线键合)。

[0098] 图14D至图14F示出了具有矩形光输入开口2102的反射器2110。图14D是光输出开口2104面向观看者的透视图。图14E是图14D在平面14E直视的侧视图。图14F是另一侧视图,这次图14D在平面14F直视的。平面14E与平面14F正交。如图所示,在一些实施例中,反射器2110的光输入开口2102具有矩形形状(例如,正方形形状),圆形形状逐渐扩展,使得光输出开口2104具有长度和宽度不同的矩形形状。应当理解,正方形光输入开口2102可以有利于与方形光发射器(诸如许多LED)匹配。另一方面,在反射器2110被用于向光调制器209b(图6)提供光的应用中,光调制器209b可以被配置为以标准宽高比生成图像,其中一个维度大于另一交叉维度(例如,宽高比可以是4:3、16:9等)。如图14D所示,光输出开口2104可具有由两个曲边2104c、2104d连接的两个直边2104a、2104b。

[0099] 参考图14A至图14F,平面14A、14B、14E和14F是中平面,这些平面基本上将反射器2110的各种例示的实施例二等分(至少相对于光输出开口2104)。应当理解,从光输出开口2104到光输入开口2102的距离可以被认为是反射器2110的高度,并且可以认为平面14A、14B、14E和14F分别具有沿着反射器2110的高度轴延伸的轴。另外,成对的中平面14A和14B以及14E和14F彼此正交。优选地,如中平面14A、14B、14E和14F所示,内侧壁2112a、2112b,2112c,2112d各自遵循CPC轮廓并且具有复合抛物面聚光器的曲率。

[0100] 光学系统包括反射器和透镜,该光学系统提供优异的空间均匀的光输出。图15A和图15B分别示出了图14A至图14C和图14D至图14F的反射器的光输出的均匀性图的示例。在这些图中,不同的颜色指示不同的光强度。有利地,如图所示,颜色和强度高度均匀,表明高度空间均匀性。

[0101] 光输出还具有良好的角度均匀性。图16示出了根据本文的实施例的示出图14A至图14C的反射器结合透镜在角度空间中的光输出强度的图的示例。V对应于沿光输出开口2104(图14A)的主(较长)轴的光输出的角展度,H对应于沿光输出开口2104的次(短)轴的光输出的角展度,以及Diagonal1对应于沿光输出开口的对角线的光输出的角展度。值得注意的是,V、H和Diagonal1中的每一者是锐截止的,表明光从透镜射出的角度是相似的,这些角度之外的杂散光最小。

[0102] 在一些实施例中,反射器和透镜系统可以形成反射器阵列和透镜阵列的一部分。因为反射器可以简单地在适当成形的体积中形成,所以反射器阵列可以在单一材料体中形成。图17A至图17B分别示出了图14A至图14C和图14D至图14F的反射器阵列的示例的透视图。图17A示出了具有椭圆形光输出开口的反射器,图17B示出了具有带有直边和曲边的细长输出开口的反射器,如关于图14D至图14F所讨论的。在图17A和图17B两图中,多个反射器2110可以在材料体2200(例如,材料板)中形成。尽管为了便于说明而示出为类似的,但是应当理解,在一些实施例中,材料体2200中的反射器的尺寸和/或形状可以变化。

[0103] 应当理解,材料体2200可以由具有足够的机械完整性的各种材料形成,以保持反射器2110的所需形状。合适材料的示例包括金属、塑料和玻璃。如本文所讨论的,材料体

2200可以是板。在一些实施例中，材料体2200是连续的整块材料。在一些其它实施例中，材料体2200可以通过将两块或更多块材料连接在一起而形成。

[0104] 反射器2110可以通过各种方法在材料体2200中形成。例如，反射器2110可以通过机械加工材料体2200形成，或者通过移除材料以雕刻出反射器2110来形成。在一些其它实施例中，反射器2110可以在形成材料体2200时形成。例如，当材料体2200模制成其所需形状时，反射器2110可以模制到材料体2200中。在一些其它实施例中，反射器2110可以通过在形成材料体2200之后重新布置材料来形成。例如，反射器2110可以通过压印形成。

[0105] 一旦反射器2110的轮廓形成，可以进一步处理反射器体积以形成具有所需反射水平的内表面。在一些实施例中，材料体2200的表面本身可以具有反射性，例如，在材料体由反射金属形成的情况下。在这种情况下，进一步处理可以简单地包括打平反射器2110的内表面以增加它们的反射率。在一些其它实施例中，反射器2110的内表面可以内衬反射涂层。

[0106] 应当理解，成形上述反射器2110允许反射器的光输出在角度空间中成形并提供不对称的角度分布。有利地，如本文所述，反射器形状可被用于提供与所需的显示宽高比匹配的光输出。在一些其它实施例中，可以使用放置在透镜前方的掩模来实现所需的宽高比。

[0107] 图18示出了具有光发射器2140阵列、反射器2110阵列和透镜2120阵列以及掩模2400阵列的光学系统的示例的透视图。在一些实施例中，光发射器2140被安装在支撑衬底2300(例如，印刷电路板)上。光发射器2140和反射器2110优选匹配的空间布局，使得每个光发射器2140与单独的对应反射器2110垂直对准。在一些实施例中，光发射器2140阵列、反射器2110阵列和透镜2120阵列，以及可选的掩模2400阵列可以形成光模块540(图6)。

[0108] 在一些实施例中，光发射器2140可以全部相似。在一些其它实施例中，至少一些光发射器2140可以是不同的，例如，一些光发射器可以与其它光发射器输出不同波长或不同波长范围的光。例如，光发射器2140可以形成光发射器组，例如三组光发射器，其中，每组发射对应于不同颜色(例如，红色、绿色和蓝色)的波长的光。在一些实施例中，可以存在多于三组的光发射器(用于发射多于三种不同波长范围的光)。可以使用不同组的光发射器为显示系统(诸如，显示系统250(图6))提供不同组分颜色的光。例如，每组光发射器可被用于发射光线770、780、790(图9A至图9B)。

[0109] 在一些实施例中，光发射器、反射器和透镜被用于向波导堆叠660(图9A至图9C)提供光。在这样的实施例中，除了光发射器2140的空间布局与反射器2110的空间布局之间的匹配之外，光发射器2140和反射器2110还优选地被布置为与波导堆叠660中的耦入光学元件匹配的空间布局(例如，耦入光学元件700、710、720)。优选地，光发射器2140和反射器2110的空间布局与耦入光学元件700、710、720的空间布局匹配，如平面图所示，光发射器2140和反射器2110的空间布局与光耦入光学元件700、710、720的空间布置一一对应。利用这样的布置，来自特定光发射器的光可以可靠地被导入到波导670、680、690中关联的一个波导中，无需被导入波导670、680、690中的其它波导中。

[0110] 继续参考图18，当光学系统2100如图所示进行定向时，反射器的光输入开口位于材料体2200的底部，并且光输出开口位于材料体2200的顶部。优选地，材料体2200的下表面的轮廓被成形为平放在衬底2300的上表面上，使得光不会从反射器匹配的光发射器之外的光发射器明显地传播到反射器2110中。有利地，材料体2200的下表面和衬底2300的超表面都可以是平坦的，这有利于在材料体220与衬底2300之间的界面处紧密配合，从而可以防止

不需要的杂散光到达单独的反射器2110。

[0111] 透镜2120在反射器2110的光输出开口处被提供。如图所示，每个反射器2110具有单独的关联透镜2120。在一些其它实施例中，所述透镜的部分或全部可以在单片材料中形成。在这样的实施例中，材料片优选是薄的，例如足够薄以最小化反射器之间的光逸出，同时保持足够的结构完整性以将透镜保持在一起。

[0112] 继续参考图18，掩模2400在透镜2120的前面被提供。掩模2400具有开口2402，例如切口，开口2402具有用于光输出所需的形状。因此，掩模2400可被用于空间光成形。开口2402优选地具有比反射器的光输出开口小的面积。在一些实施例中，面向反射器的掩模表面(例如，掩模2400的底面)具有反射性，这可以增加包括光发射器2140、反射器2110和透镜2120的光模块的效率和亮度。在一些其它实施例中，底面具有吸收性，其通过防止掩模底面与反射器2110之间的随机反射，可以更大程度地控制从反射器2110开始传播通过开口2402的光的路径。

[0113] 除了限定反射器2110的轮廓之外，材料体2200还可包括用于其它目的的其它结构。图19示出了材料体2200的示例的透视图，材料体2200具有用于诸如布线之类的光发射器结构的反射器2110阵列和凹口2210阵列。凹口2210成形并具有深度，使得凹口2210可以容纳光发射器2140(图18)的部分或与光发射器2140相连的结构，使得材料体2200可以紧密地贴合在衬底2300上而不会逸出光。与反射器2110一样，凹口2210可以通过各种方法形成，所述方法包括机械加工、模制和压印。

[0114] 在一些实施例中，材料体2200可具有均匀的厚度。在一些其它实施例中，材料体2200的厚度可以变化。图20A至图20B示出了包括具有不同高度的反射器的材料体2200的示例的透视图。因为反射器完全延伸通过材料体2200，所以可以通过将材料体2200的厚度设定在不同的高度来实现反射器的不同高度。作为示例，图20A至图20B示出了三个高度或水平2200a、2200b和2200c。应当理解，可以根据需要提供更少或更多的水平，并且在一些实施例中，所述水平可以按照不同于所示的方式设置。

[0115] 反射器2110的不同高度可在不同组的光发射器2140(图18)发射不同波长的光的应用中提供优势。不同波长的光可以聚焦在距相应的光发射器2140不同的距离处。结果，在显示系统使用光发射器2140、反射器2110和透镜2120的情况下，可以预期具有基于最佳地聚焦光的距离选择的不同高度的反射器2110改善图像质量。在一些实施例中，在透镜2120距与关联的光发射器2140一个焦距的情况下，对应于一个焦距的距离可以随着发射光的波长而变化，并且容纳该光发射器2140和关联的反射器2110的部分材料体2200的厚度和透镜2120的厚度应该被选择为允许将透镜2120放置在距光发射器2140适当的一个焦距处。

[0116] 在一些其它实施例中，反射器2110可以全部具有相同的高度，并且用于不同组的光发射器2140的透镜2120可以是不同的。例如，用于不同组的光发射器2140的透镜2120可以被配置为具有不同的焦距，以解决由不同波长的光引起的差异。

[0117] 现在参考图21A至图21E，示出了反射器2110的示例的各种视图。应当理解，反射器2110可假定遵循CPC轮廓的各种形状。在一些实施例中，反射器2110可以由多个侧面或小平面形成，每个侧面或小平面具有如侧视图所示的CPC轮廓；也就是说，在一些实施例中，当在侧视图中看到每个侧面时，反射器2110的所有内侧可具有CPC轮廓。图21A的视图示出了从反射器的光输入开口端向下看反射器时的反射器2110。图21B和图21C的视图示出了从相对

侧看到的反射器2110。图21D的视图示出了从与视图B和视图C中所示的侧面正交的一侧看到的反射器2110。图21E的视图示出了从反射器的光输出端观看的反射器2110的透视图。侧壁2112A和侧壁2112B可以都具有CPC轮廓，并且侧壁2112C和侧壁2112D也可以都具有CPC轮廓。另外，所有其它侧面可能具有侧视图中所示的CPC轮廓。另外，在一些实施例中，如图21A和图21E的视图所示，当在沿横向于反射器2110的高度轴（从输入端2102向输出端2104延伸）的平面截取的横截面图中观看时，反射器2110的每一侧是线性的或平坦的。

[0118] 在一些实施例中，两个相对侧，例如侧面2112C和侧面2112D或侧面2112a和侧面2112b具有同一CPC轮廓，但该轮廓与所有其它侧面的CPC轮廓不同。另外，所有其它位置可以具有同一CPC轮廓。因此，在一些实施例中，除了相对的内侧对的曲率之外，反射器2110的所有内侧的曲率可以是相同的。在一些其它实施例中，如本文所述，反射器2110的内侧可以遵循其它轮廓，其中包括椭圆形、双曲线形或双锥形，或者从反射器2110的输入端2102到输出端2104基本上呈线性。

[0119] 优选地，侧面的总数是偶数，例如4、6、8、10、12等。在一些实施例中，侧面的总数可以是8或更大，已经发现这些数量可以提供空间上特别均匀的光输出。

[0120] 应当理解，光输入开口2102的大小可以调整为容纳底层光发射器。在一些实施例中，光发射器可具有约500μm或更大，600μm或更大，700μm或更大，或800μm或更大的最大宽度。在一些实施例中，光输入开口2102可具有500μm或更大，600μm或更大，700μm或更大，800μm或更大，900μm或更大，或1mm或更大的最大宽度。在一些实施例中，光输入开口2102的宽度小于2mm，小于1.5mm或小于1mm。

[0121] 图22A至图22B示出了图21的反射器2110的其它透视图。图22C至图22D示出了分别从反射器2110的光输出开口侧和光输入开口侧看到的图21的反射器的其它另外的透视图。

[0122] 图23A和图23B分别示出了具有圆形轮廓的反射器和在基本线性的内侧壁的相交处具有尖角（如在沿着横向于反射器的高度轴的平面截取的横截面所示）的反射器的光输出的均匀性图的示例。不理想的，如图23A所示，圆形轮廓反射器在图中间提供具有低强度区域的光输出。虽然这个低强度区域本身是不希望的，但是应当理解，图的中间也可以是观看者视野的中心，并且观看者可以对该区域中的不均匀性具有特别高的灵敏度。有利地，如图23B所示，如上面关于图21至图22D所讨论的，每侧具有尖角和CPC轮廓的8侧反射器提供高度均匀的光输出。

[0123] 本文描述了本发明的各种示例实施例。以非限制性的意义参考这些实施例。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，并且可以用等同物替换。

[0124] 例如，尽管有利地用于在跨多个深度平面上提供图像的AR显示器，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。

[0125] 另外，虽然有利地用作显示系统的光源，但是本文公开的反射器和透镜系统可以被用于需要高度空间均匀的光的其它应用。此外，虽然反射器和透镜的简单机械结构便于它们用于反射器阵列和透镜阵列，但是反射器和系统也可被用于具有单个反射器和关联透镜的光学系统中。

[0126] 还应当理解，虽然反射器2110（图14C）可以具有凹口2114以容纳诸如用于光发射器的线键合之类的连接器，但是在一些其它实施例中，可以去除凹口2014。例如，侧壁2112c

可以继续到与反射器2110的其它侧壁相同的水平。在这样的实施例中,可以利用不具有突出的线键合的光发射器,并且反射器2110的侧壁可以延伸为接触支撑光发射器的衬底,诸如印刷电路板。没有突出的线键合的光发射器的示例是倒装芯片LED。已经发现,在光发射器上延伸的线键合可能导致阴影,该阴影在使用光发射器形成的图像中产生可见的伪像。有利地,消除线键合并将反射器侧壁延伸到光发射器衬底可以消除这样的伪像并改善图像质量。

[0127] 此外,可以进行许多修改以使特定情况、材料、物质组成、过程、多个过程动作或多个步骤适应本发明的多个目的、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,本文描述和说明的每个单独的变型具有分立的部件和特征,这些部件和特征可以容易地与其它若干实施例的任意特征分离或组合。所有这样的修改旨在落入与本公开关联的权利要求的范围内。

[0128] 本发明包括可以使用主题设备执行的方法。该方法可以包括提供这种合适设备的动作。这种提供可以由用户执行。换句话说,“提供”动作仅需要用户的获得、访问、接近、定位、设置、激活、加电或其它动作,以在主题方法中提供必要的设备。本文所述的方法可以按照逻辑上可能的所述事件的任何顺序以及按照所述事件顺序来执行。

[0129] 上面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。有关本发明的其它细节,这些其它细节可以结合以上引用的专利和出版物以及本领域技术人员通常已知或理解的来理解。对于本发明基于方法的方面,就通常或逻辑上采用的附加动作而言,这同样适用。

[0130] 此外,尽管已经参考可选地包括各种特征的若干示例描述了本发明,但是本发明不限于被描述或指示为关于本发明的每个变型所预期。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,并且在,可以替换等同物(无论是在本文所述的还是为了简洁起见而未包括的)。此外,在提供值的范围的情况下,应该理解,在该范围的上限与下限之间的每个中间值,以及在所述范围内的任何其它所述值或中间值都包括在本发明之内。

[0131] 此外,可以预期的是,所描述的发明变型的任何可选特征可以被独立地或者与本文所述的任何一个或多个特征相组合来阐述和要求保护。对单数项的引用包括存在多个相同项的可能性。更具体地说,除非另有具体说明,当在本文和与本文相关联的权利要求中所使用的,单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”包括复数个指示物。换句话说,所述冠词的使用允许由上述说明书以及与本公开相关联的权利要求中得主题项中的“至少一个”。还应注意,这样的权利要求可以被撰写为排除任何可选元素。因此,本声明旨在作为使用与权利要求要素的叙述相关的诸如“单独”、“仅”等排他性术语或使用“否定”限制的先行基础。

[0132] 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要素,而不管在这样的权利要求中是否列举给定数量的元素,或者添加特征可以被视为改变了这样的权利要求中阐述的要素的性质。除非本文中具体限定,否则本文所用的全部技术术语和科学术语在保持权利要求的有效性的同时被尽可能广泛地赋予通常理解的含义。

[0133] 本发明的广度不限于所提供的示例和/或主题说明书,而是仅由与本公开相关联的权利要求语言的范围来限定。

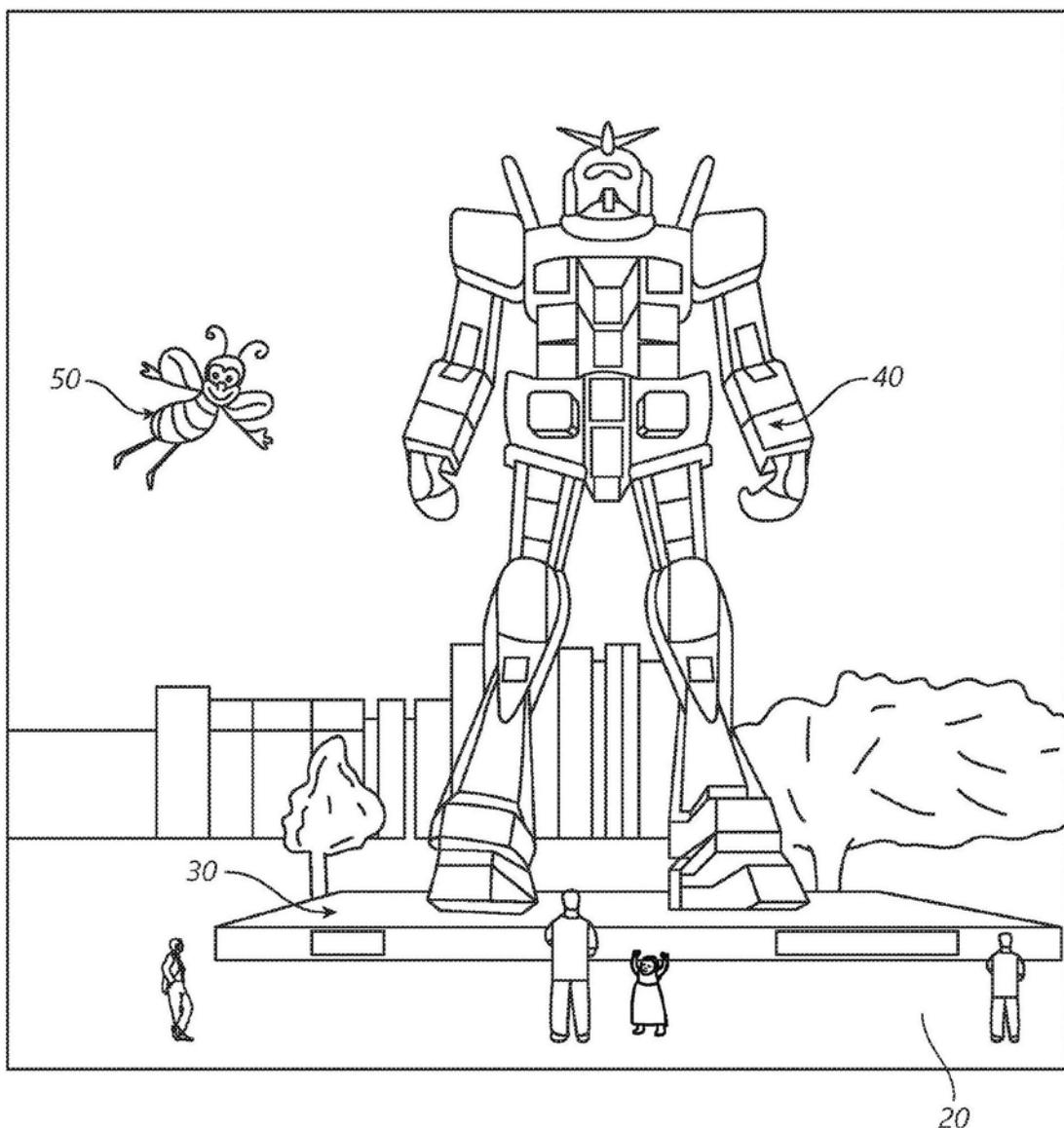


图1

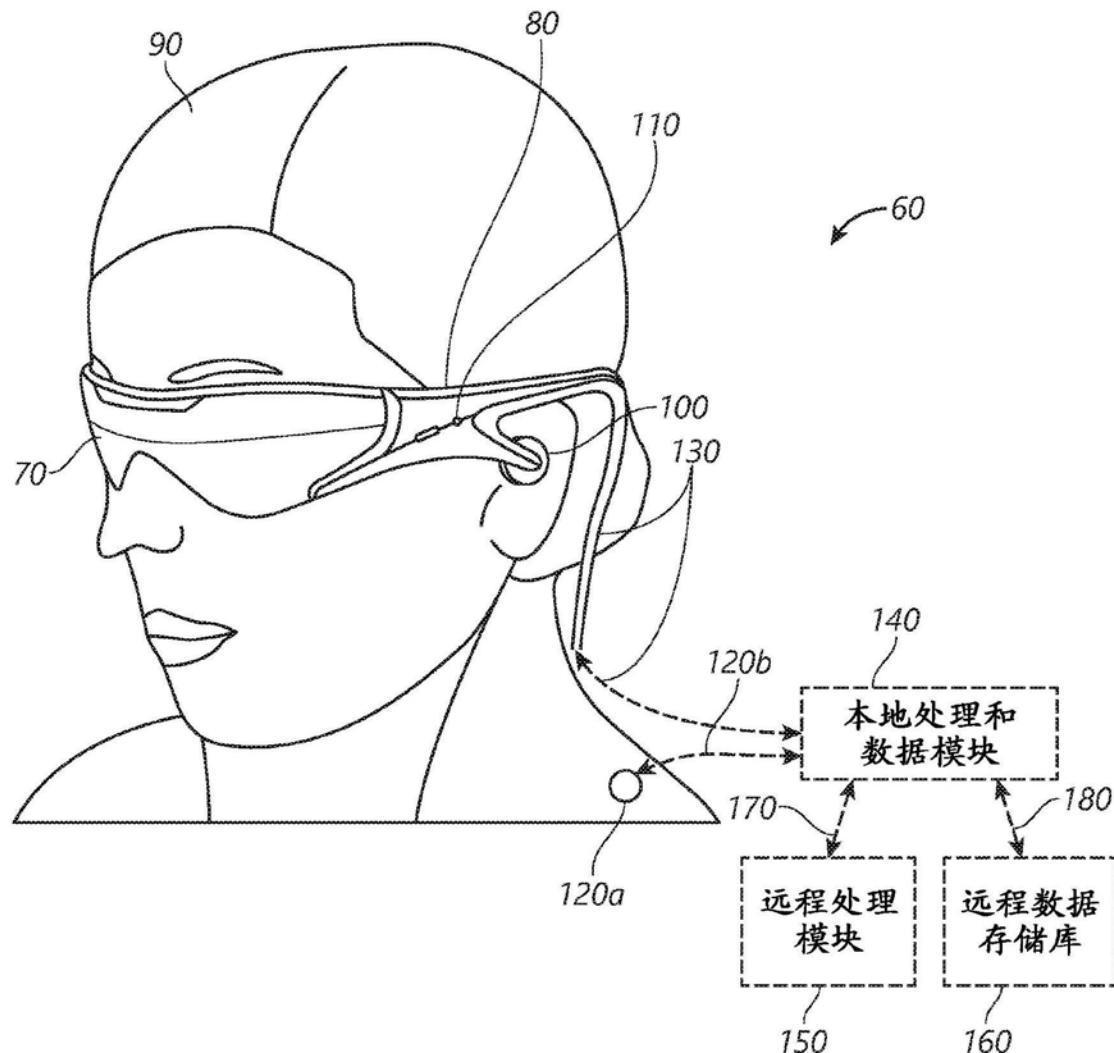


图2

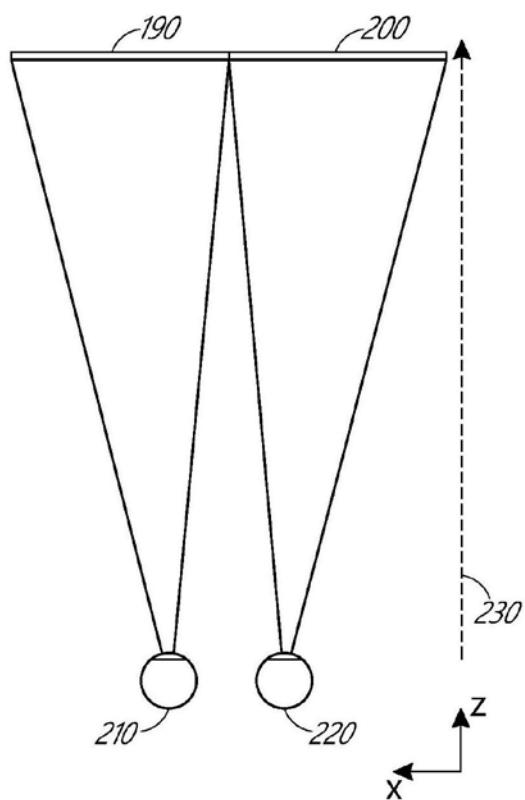


图3

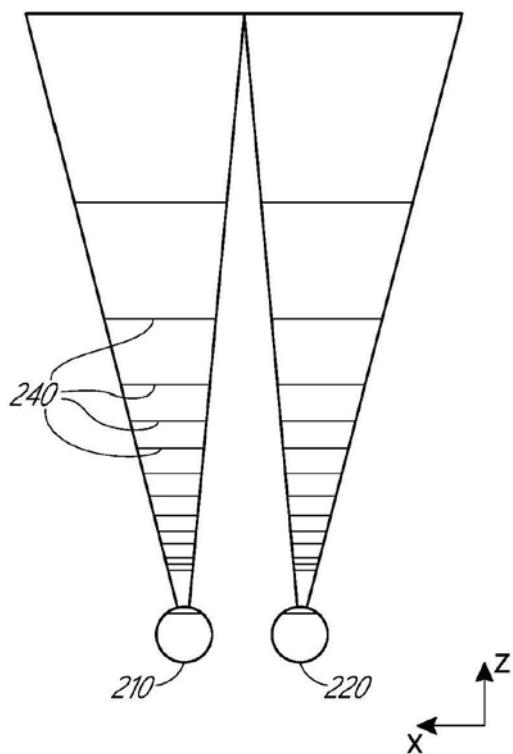


图4

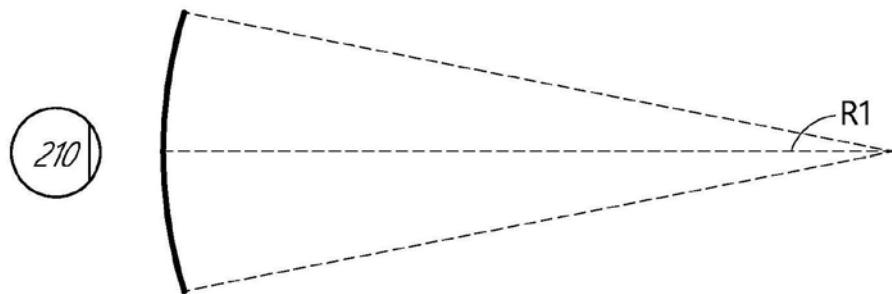


图5A

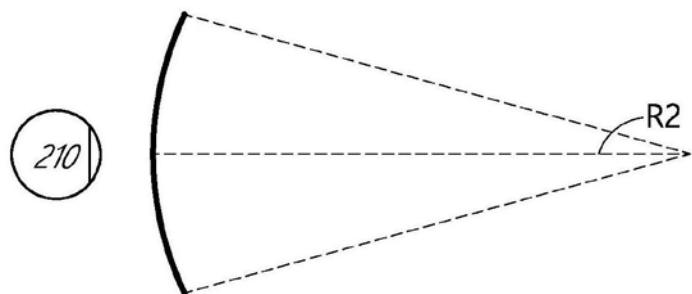


图5B

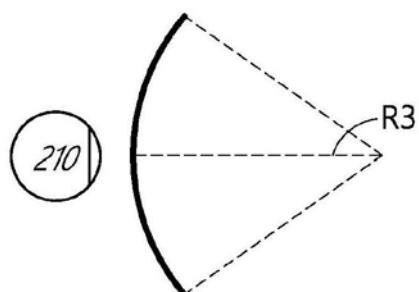


图5C

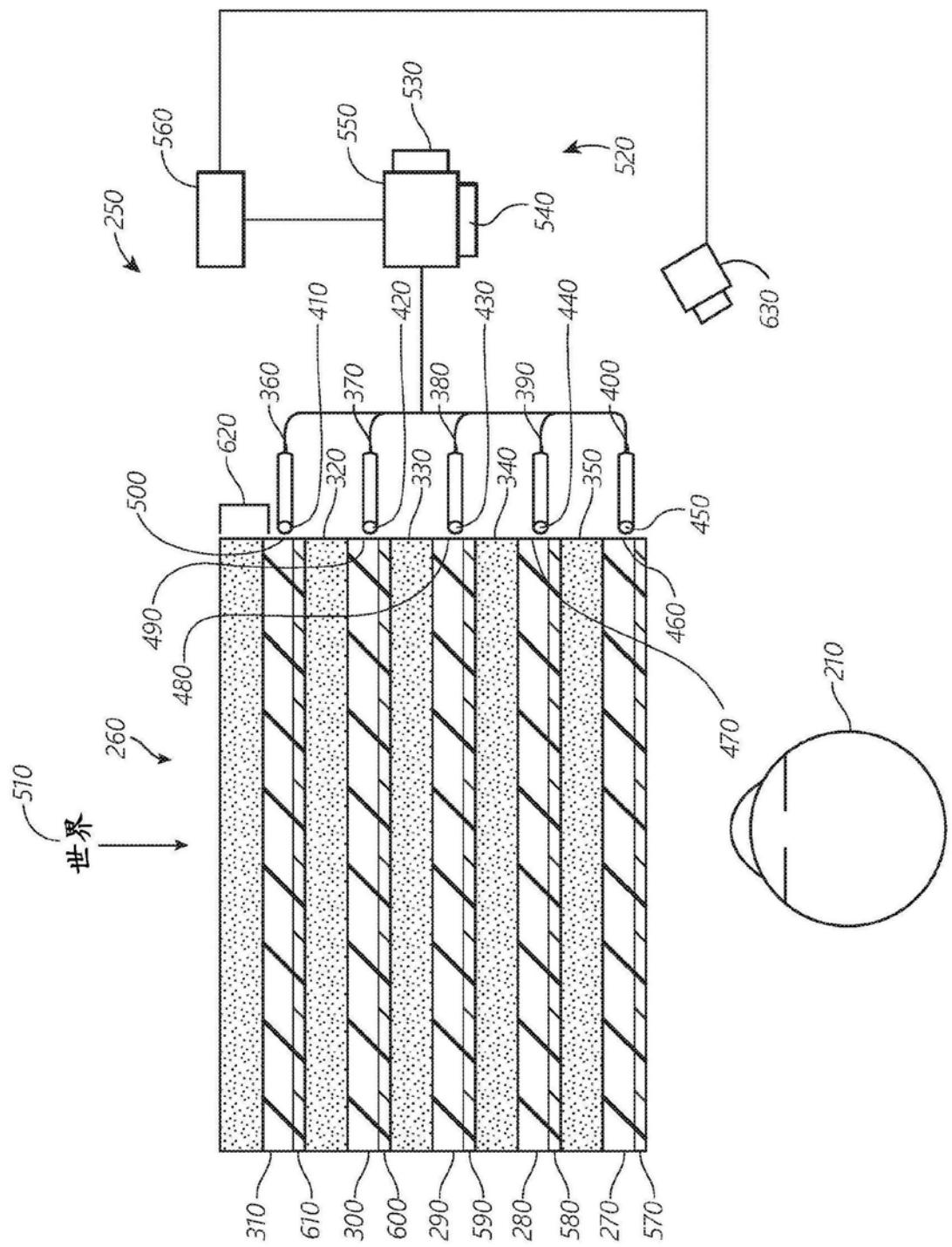


图6

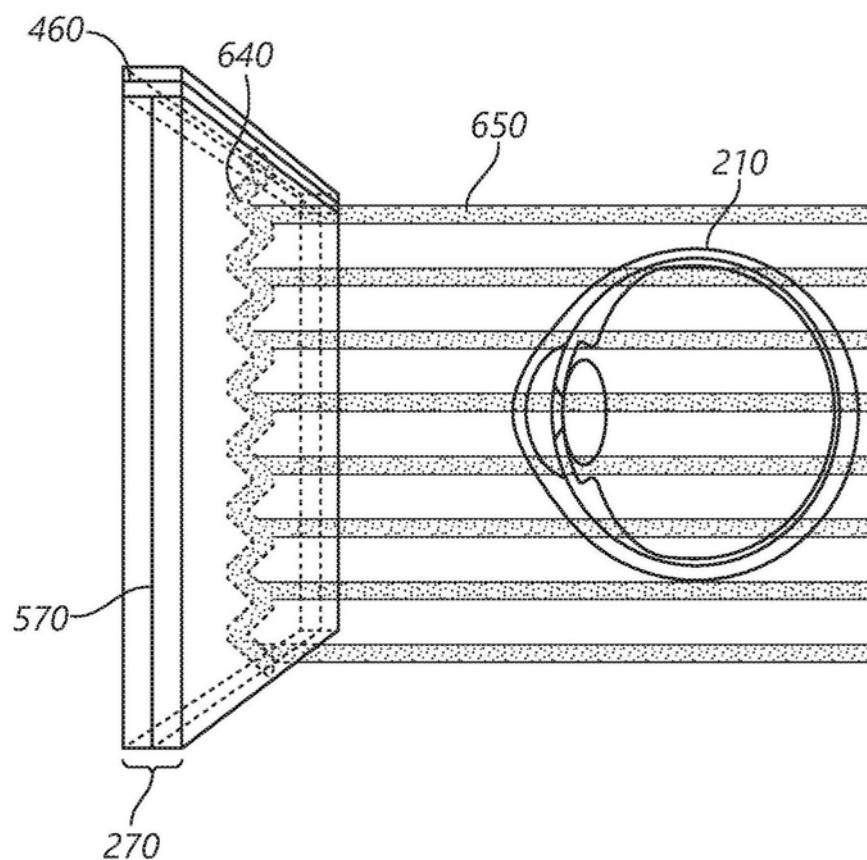


图7

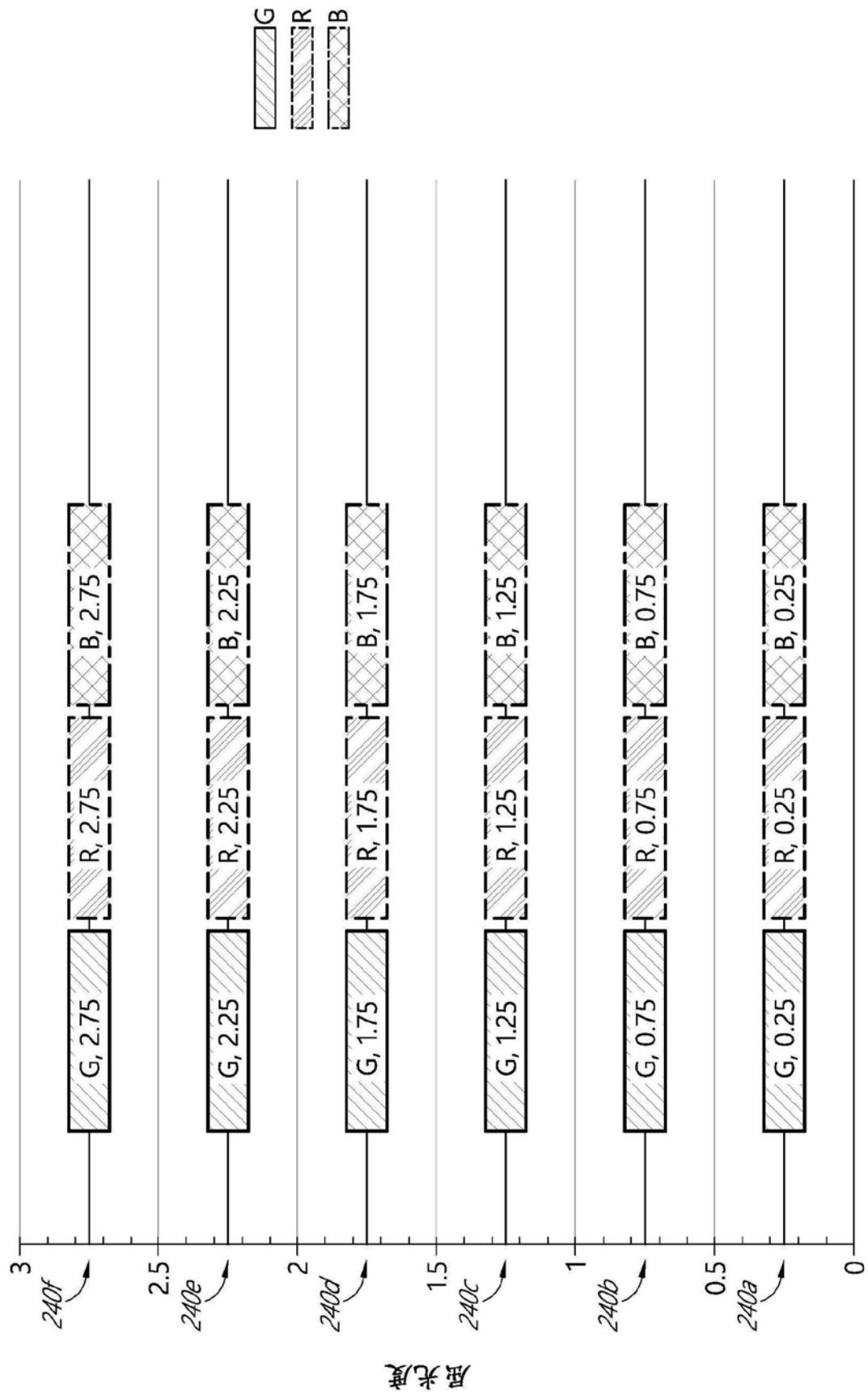


图8

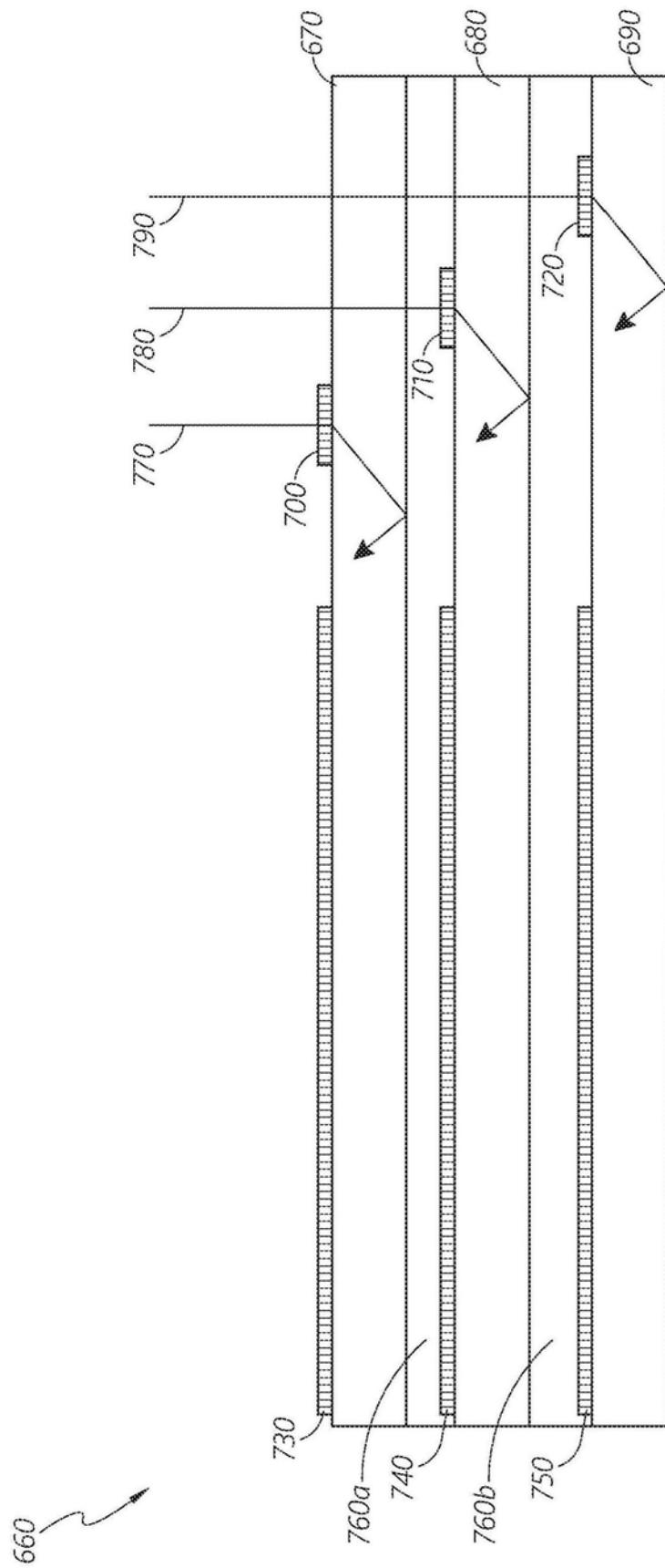


图9A

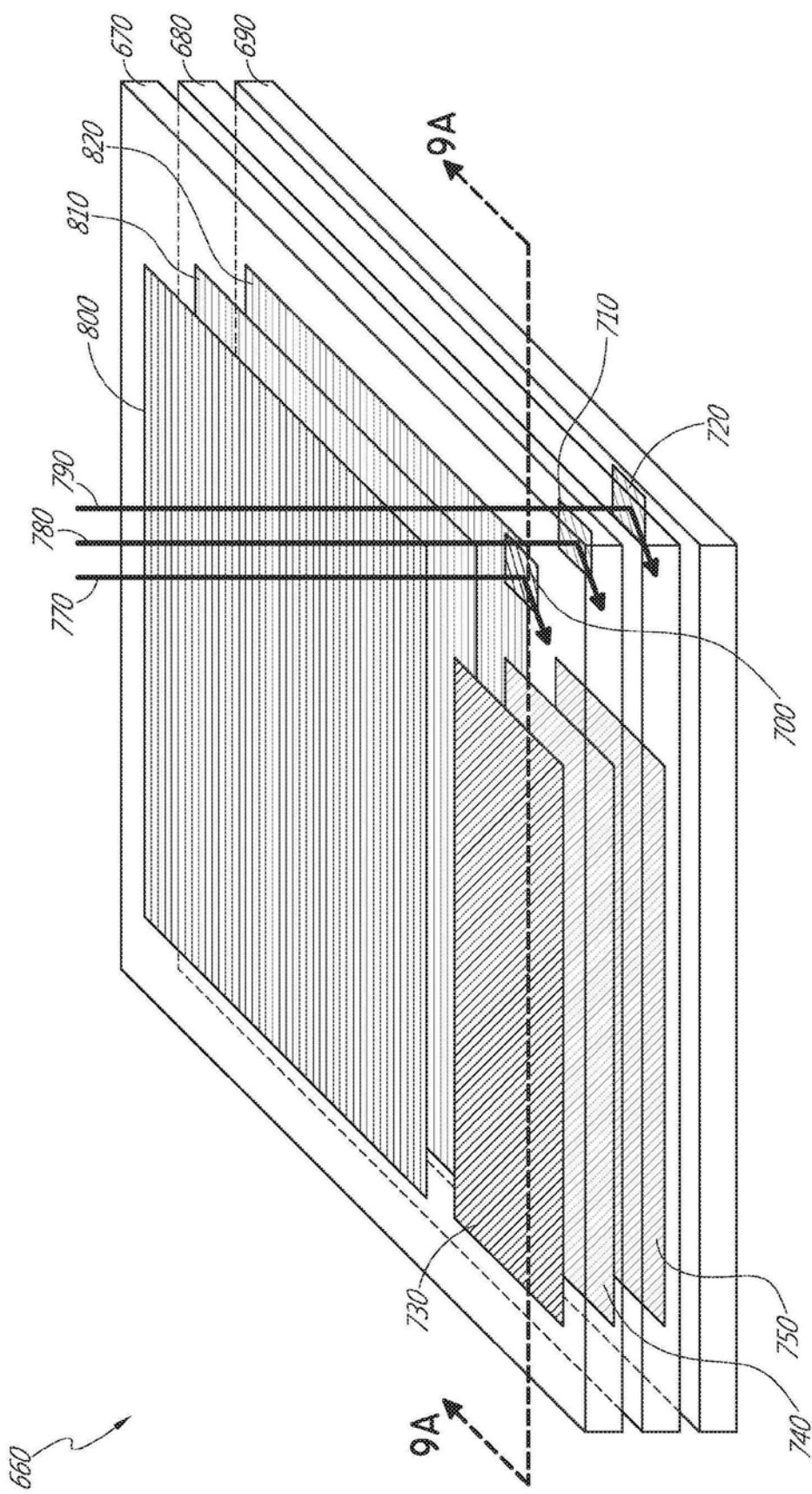


图9B

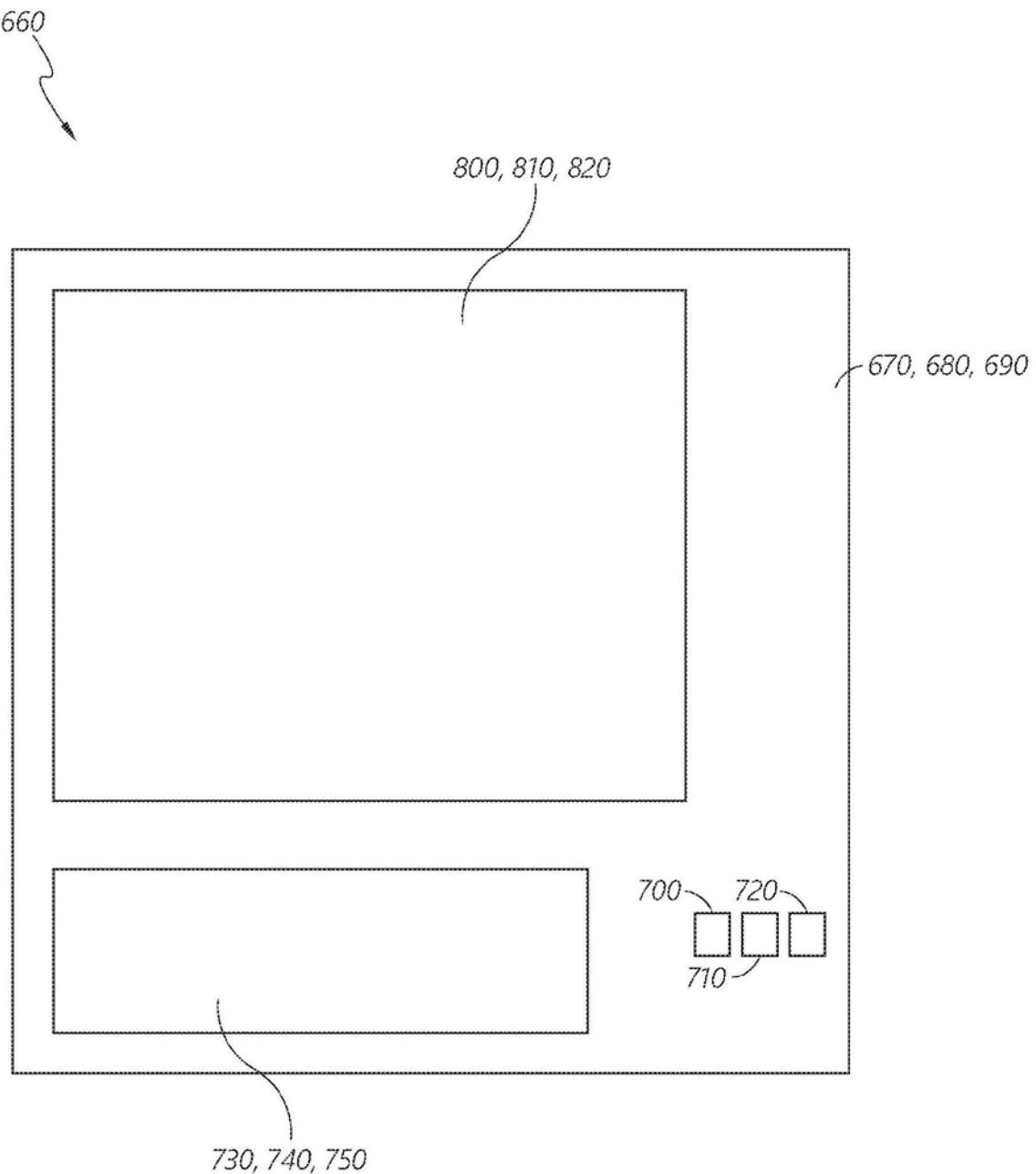


图9C

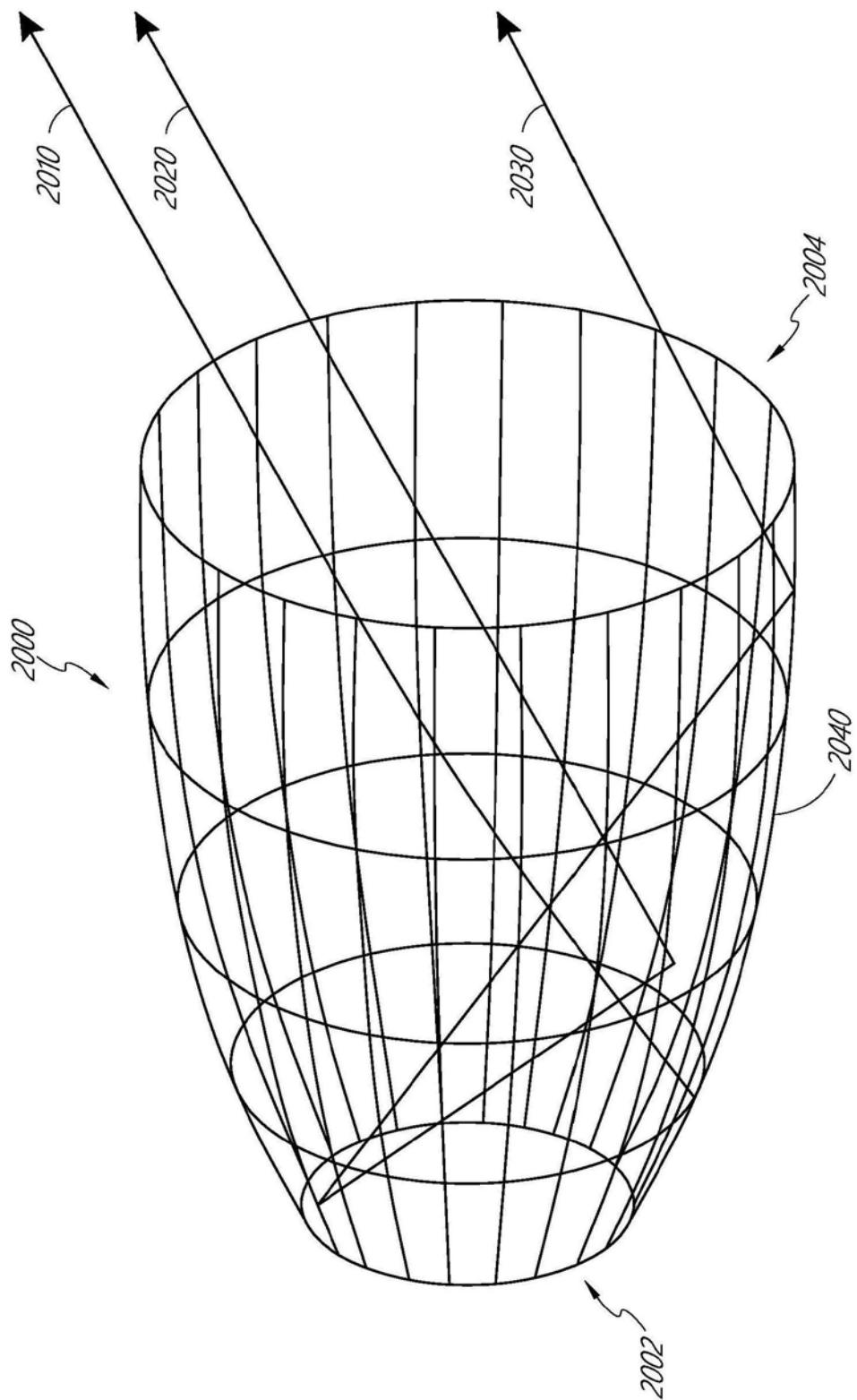


图10

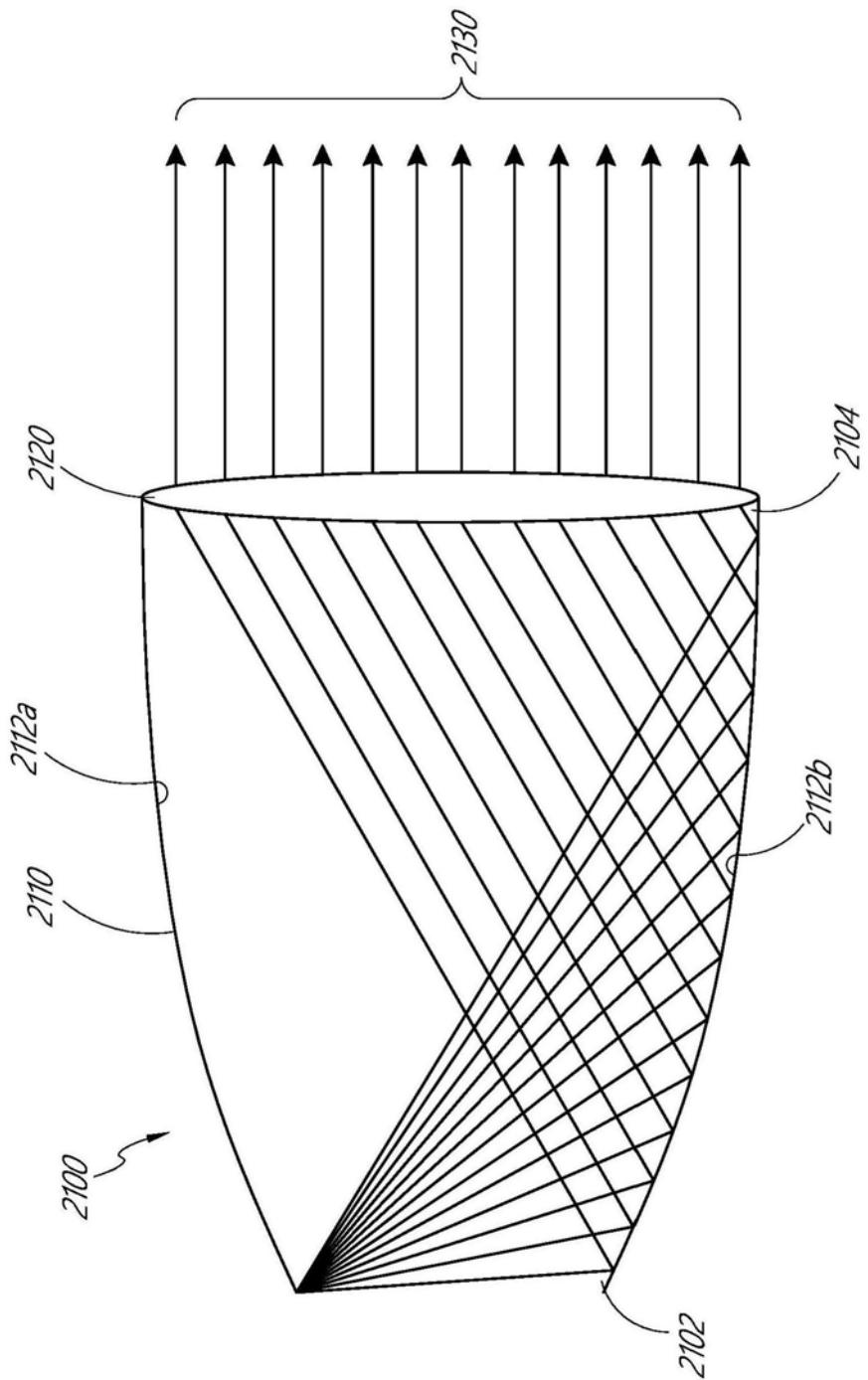


图11

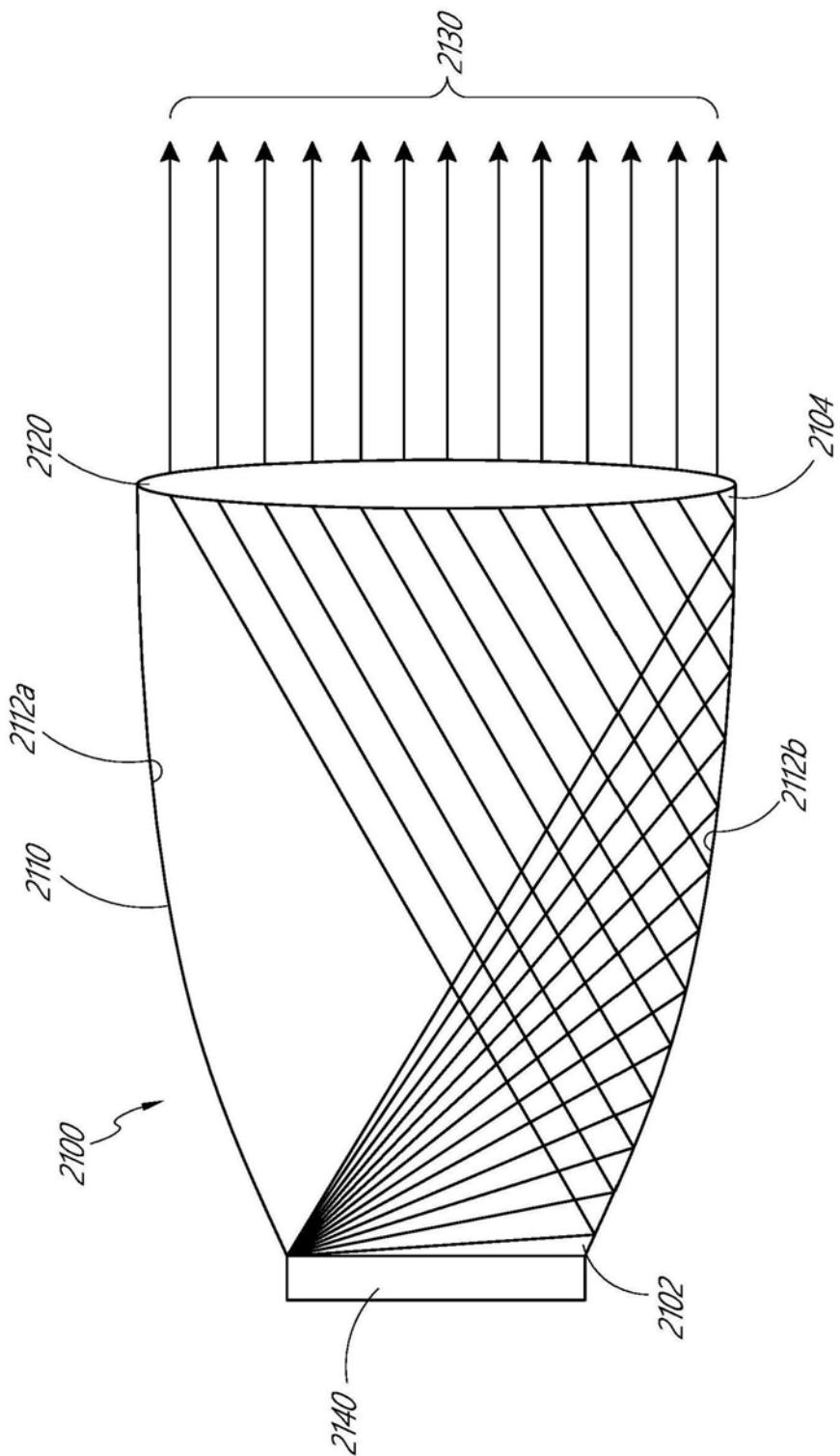


图12

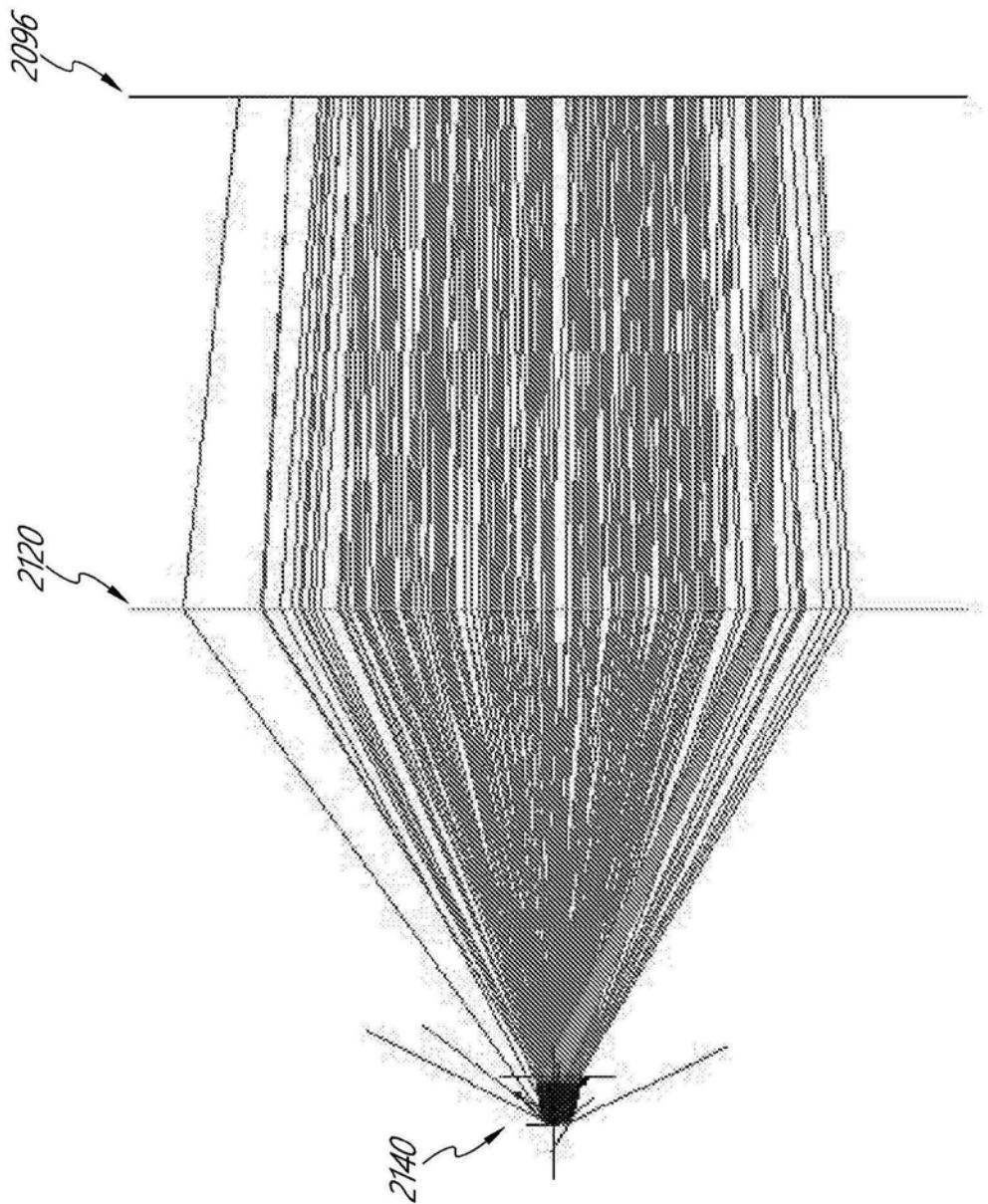


图13

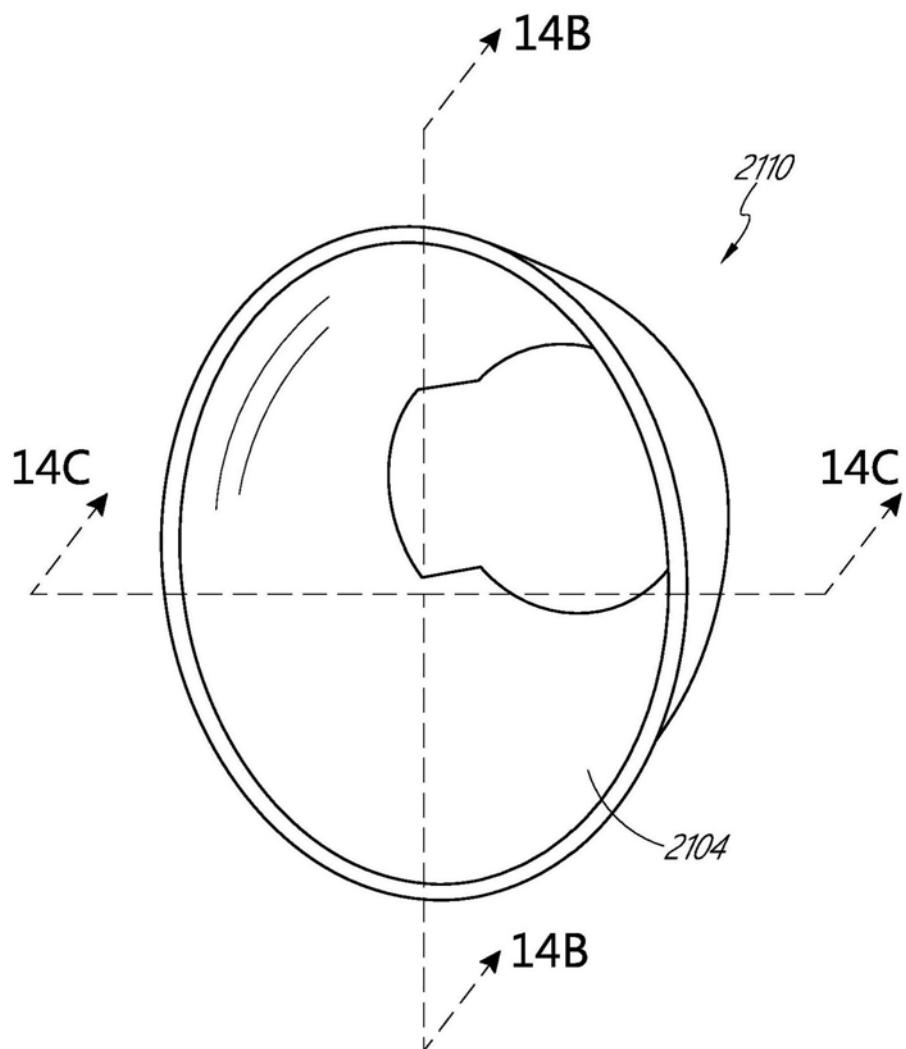


图14A

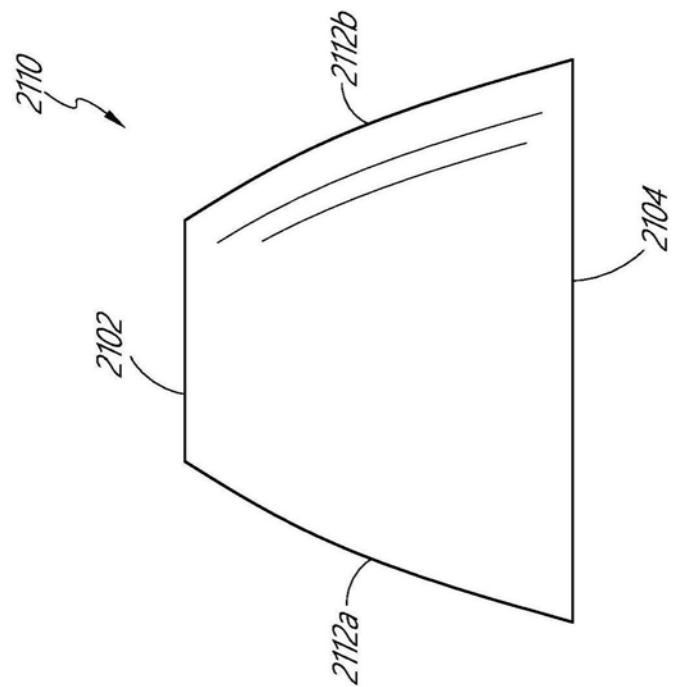


图14B

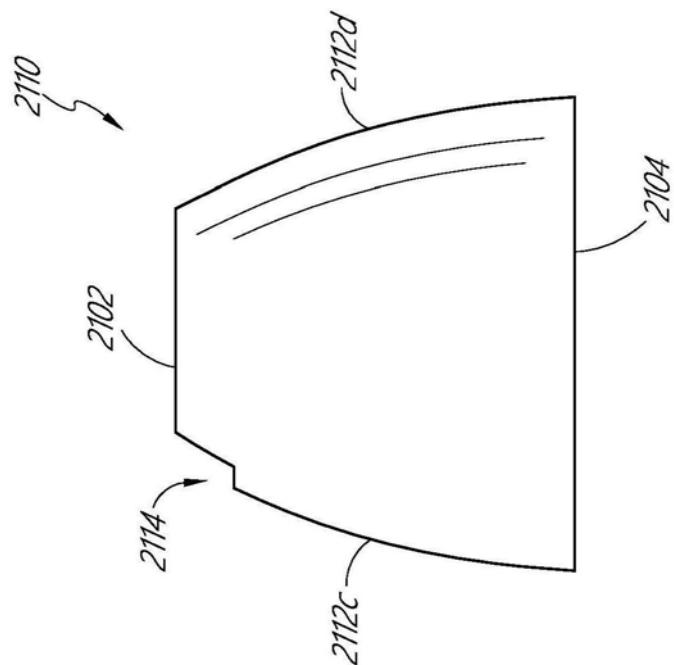


图14C

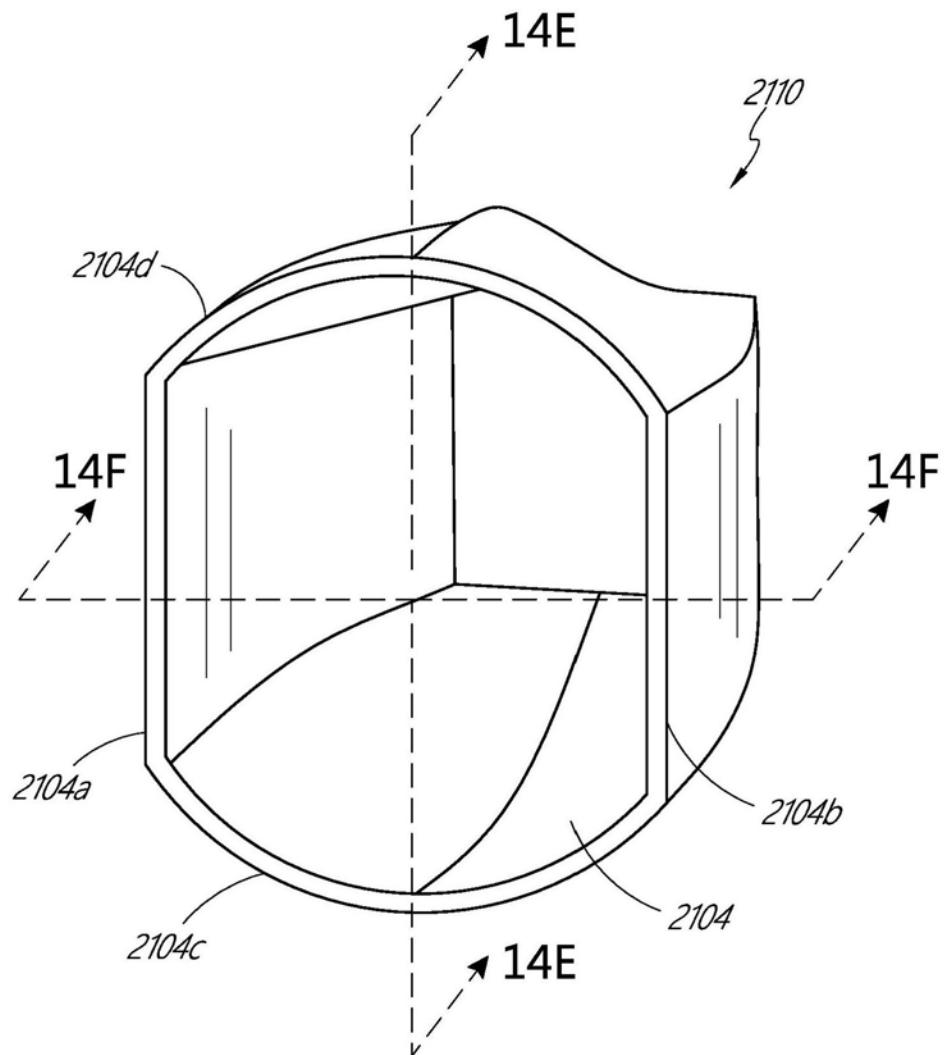


图14D

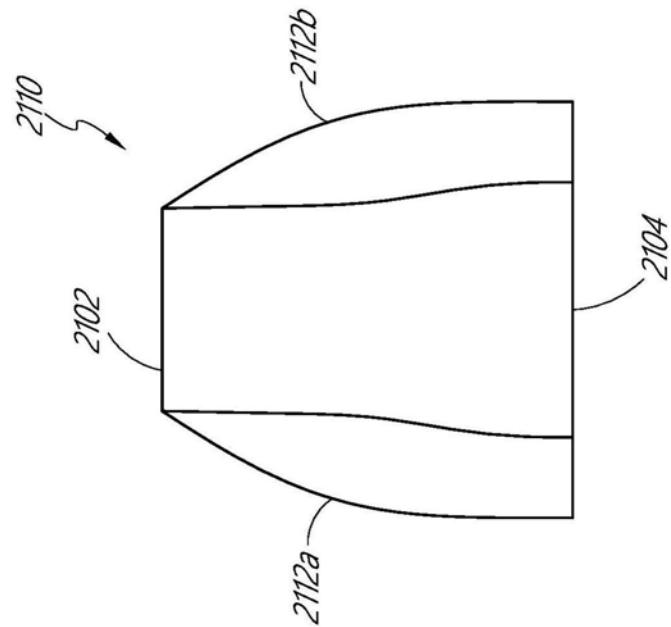


图14E

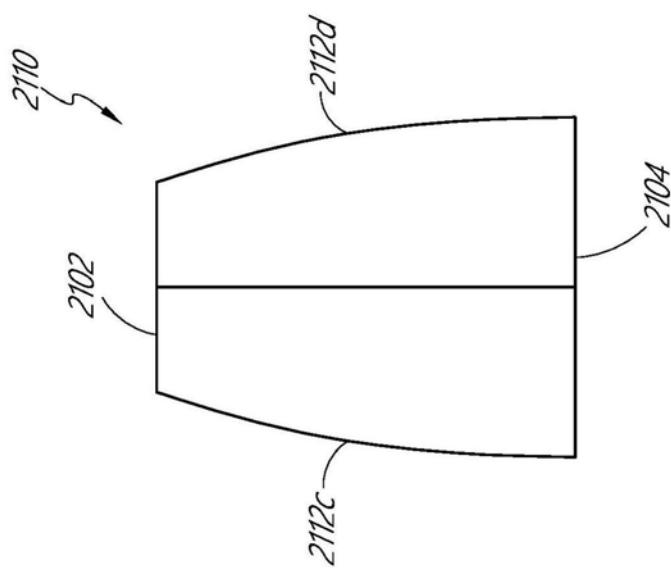
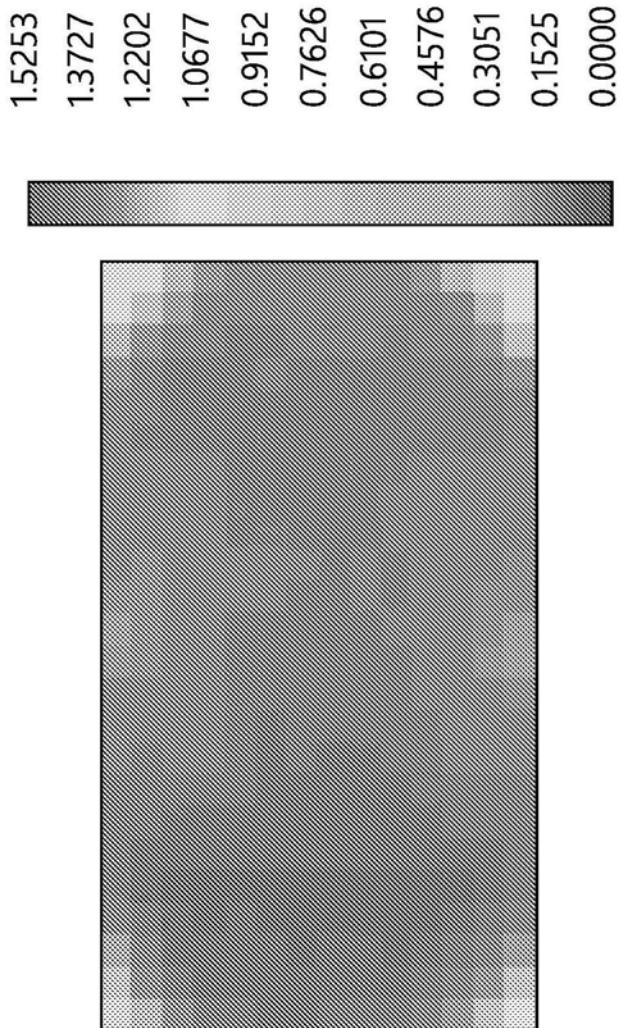


图14F



检测器图像：非相干辐照度

峰值辐照度 : 1.5253E+000 瓦特 /cm²
总功率 : 2.6118E-001 瓦特

图15A

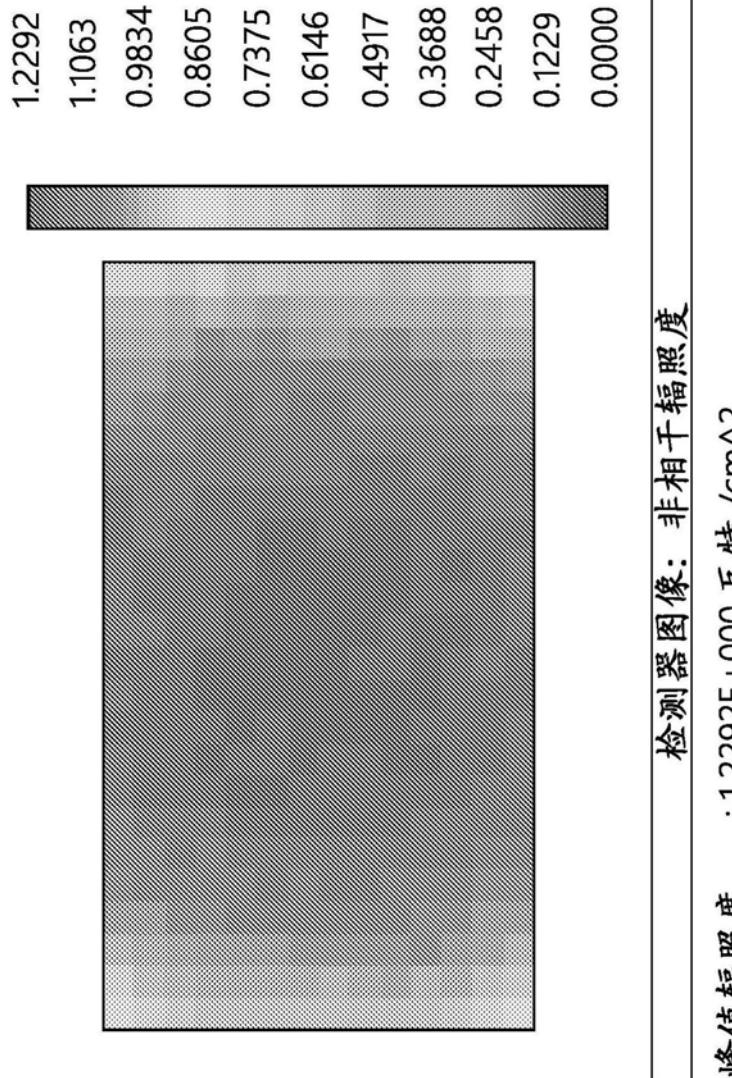
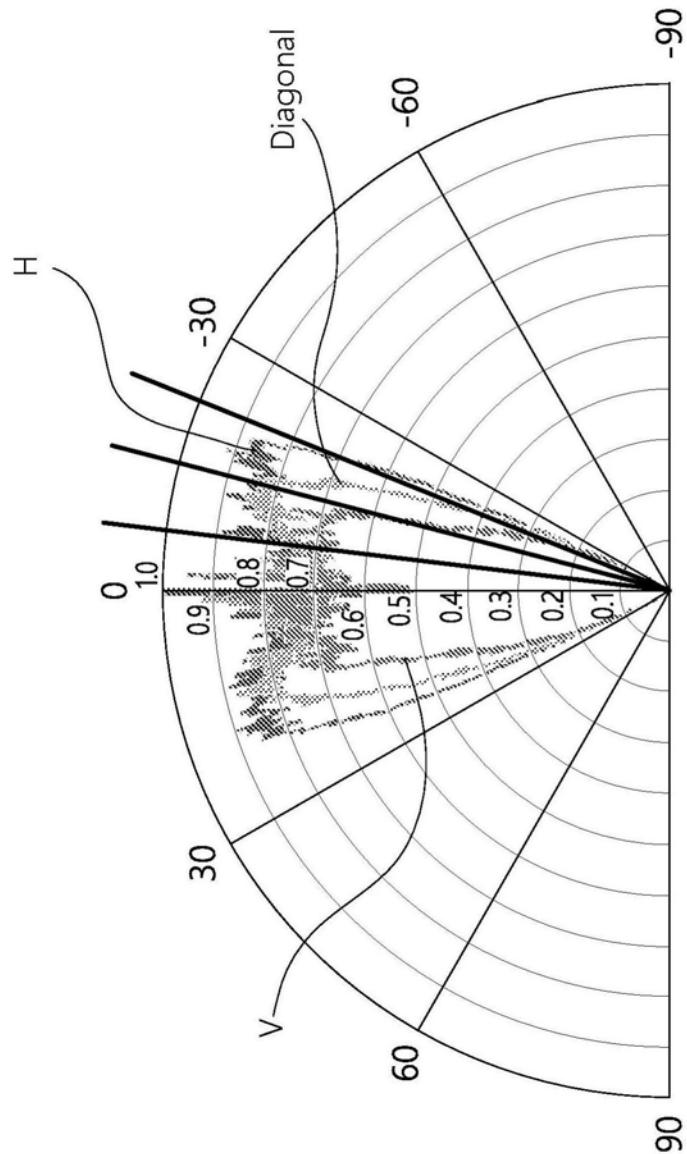


图15B



检测器图像：辐射强度

扫描角度：0, 37, 90
总功率：1.582E+000 瓦特 / 球面度

图16

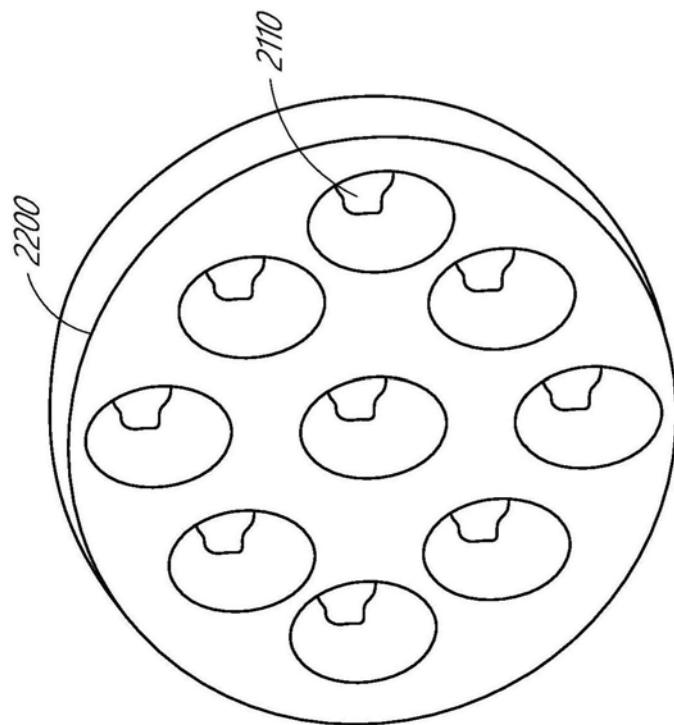


图17A

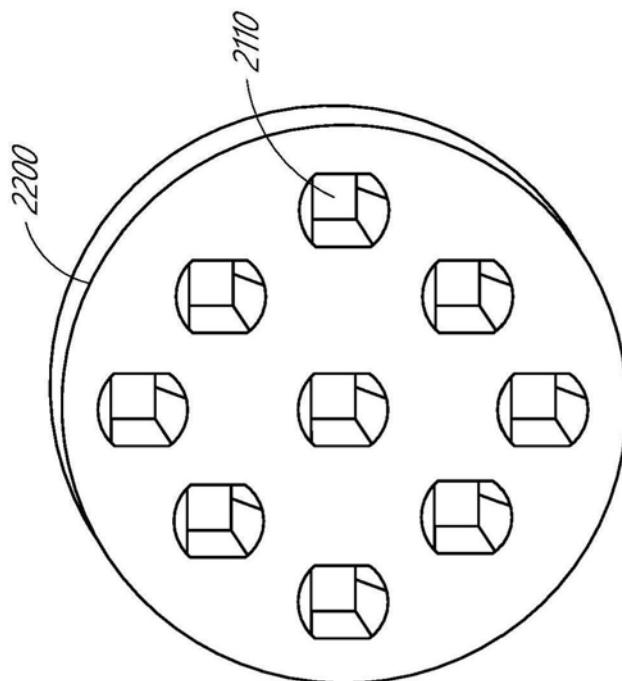


图17B

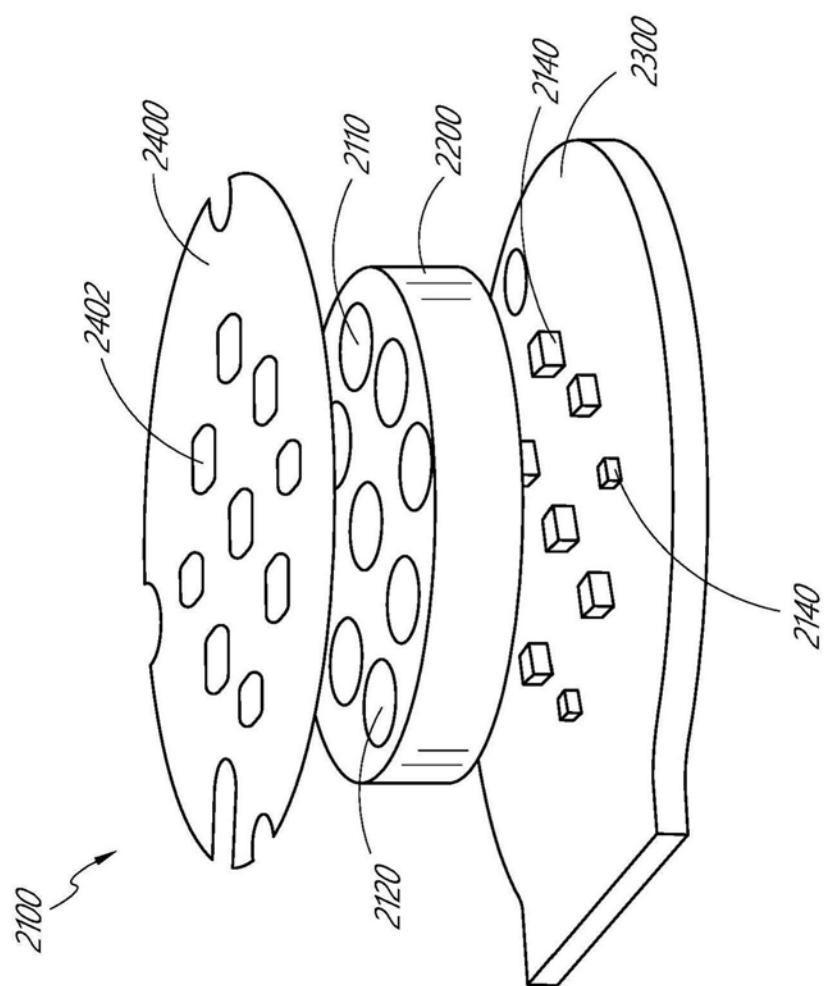


图18

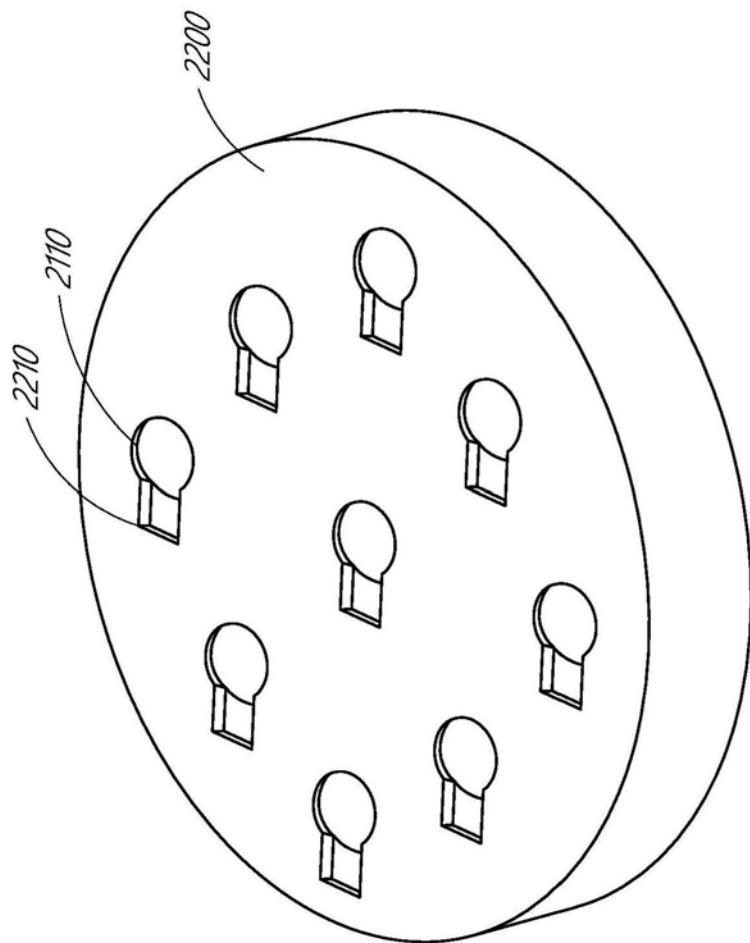


图19

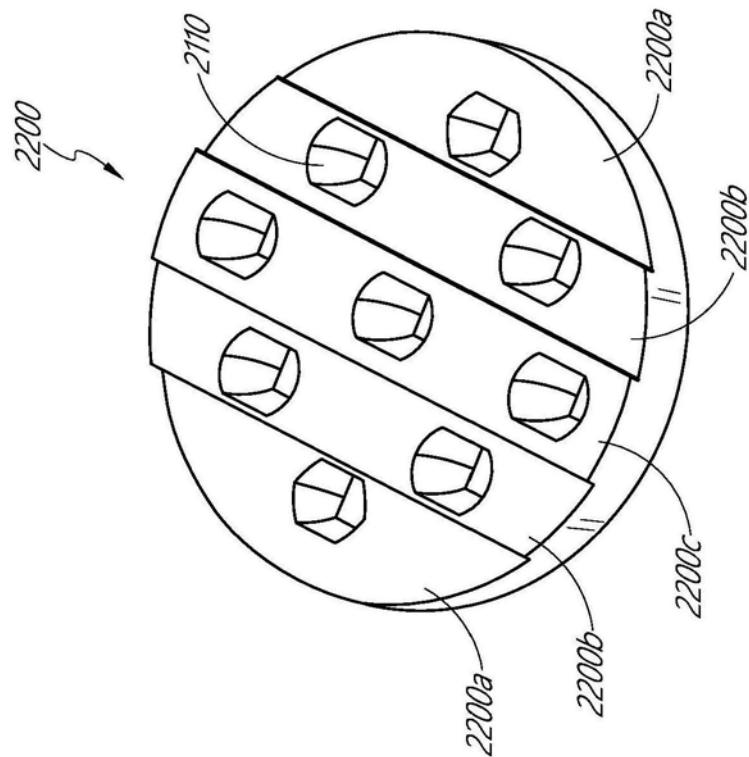


图20A

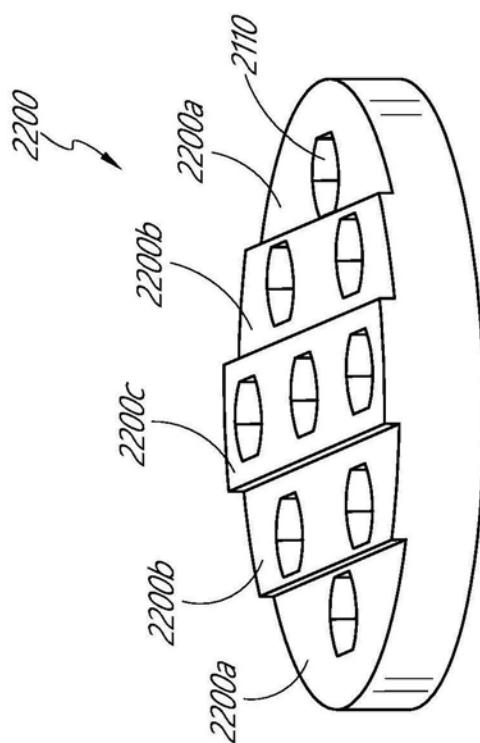


图20B

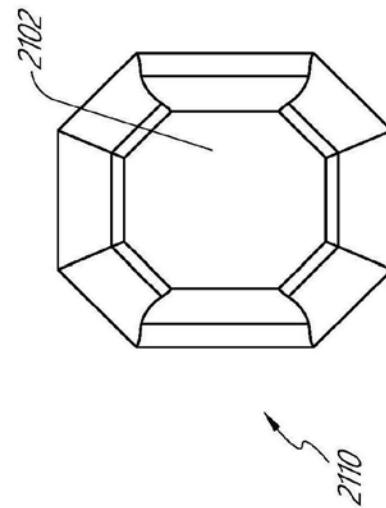


图21A

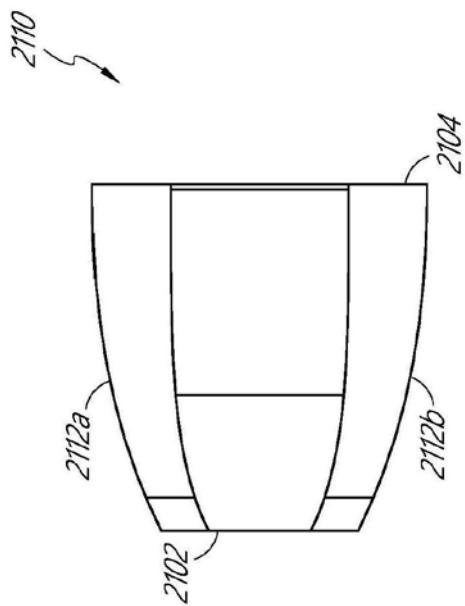


图21B

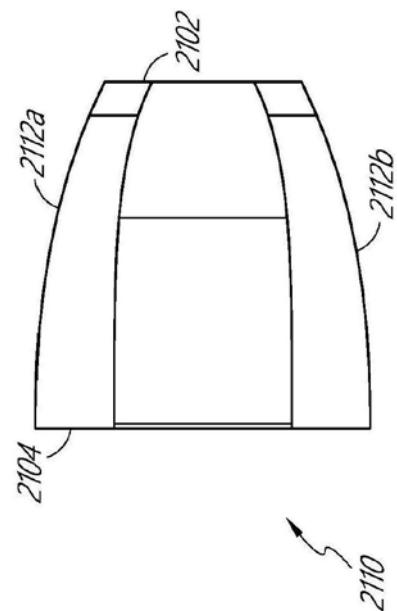


图21C

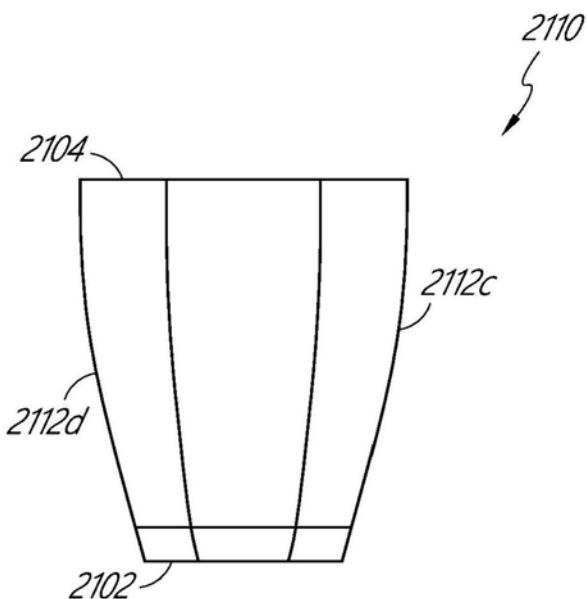


图21D

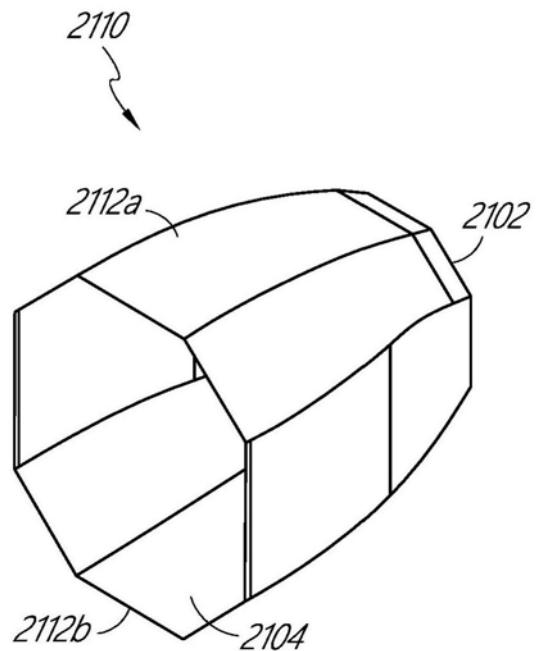


图21E

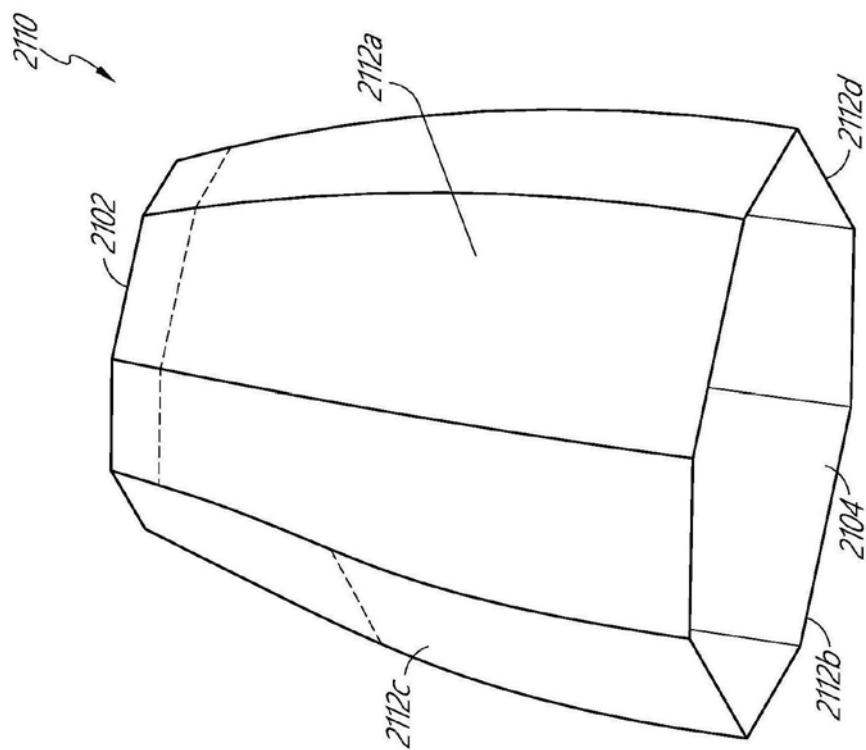


图22A

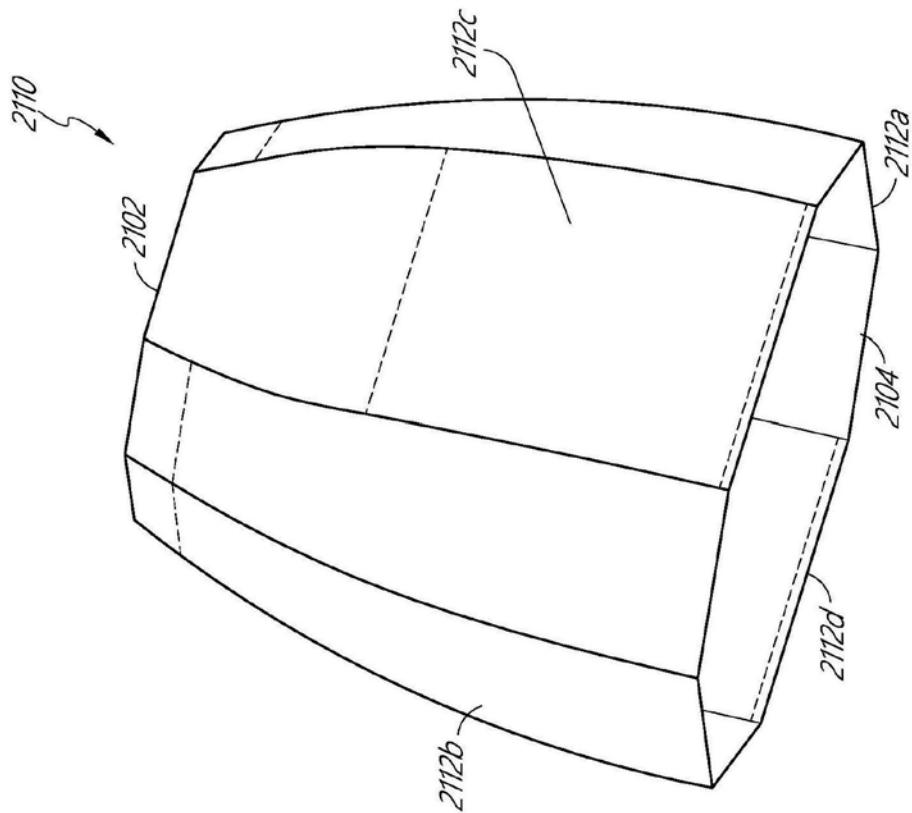


图22B

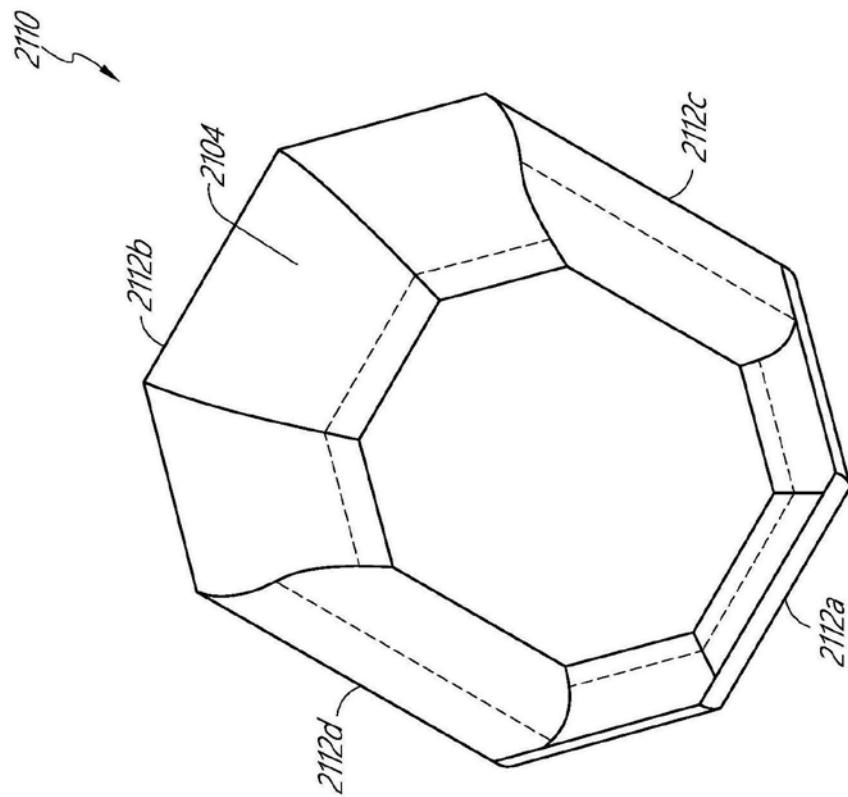


图22C

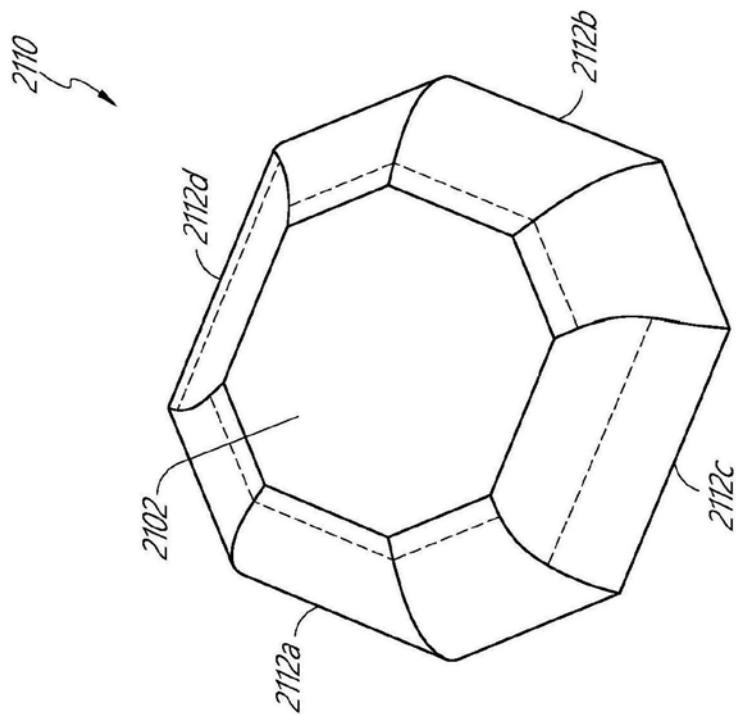


图22D

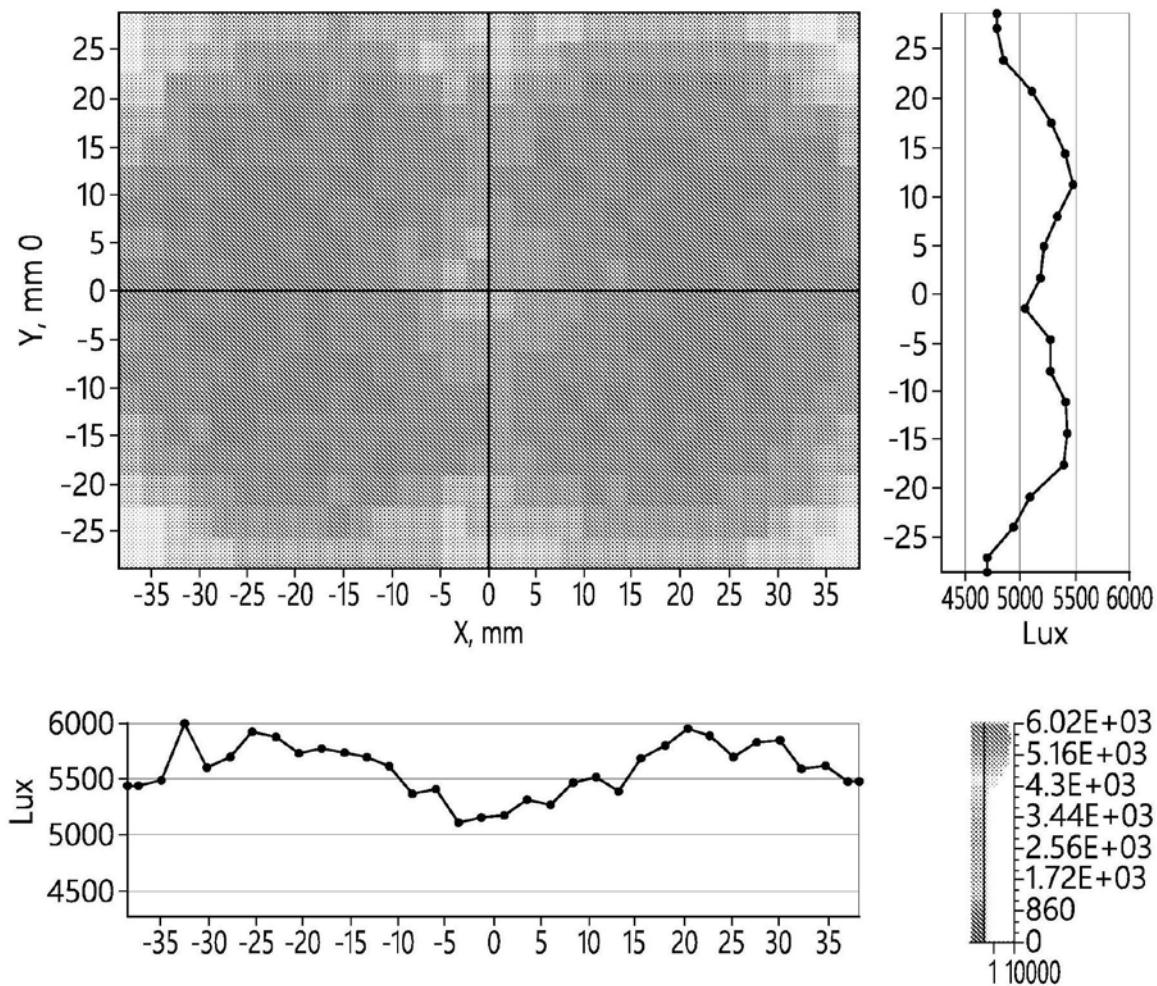


图23A

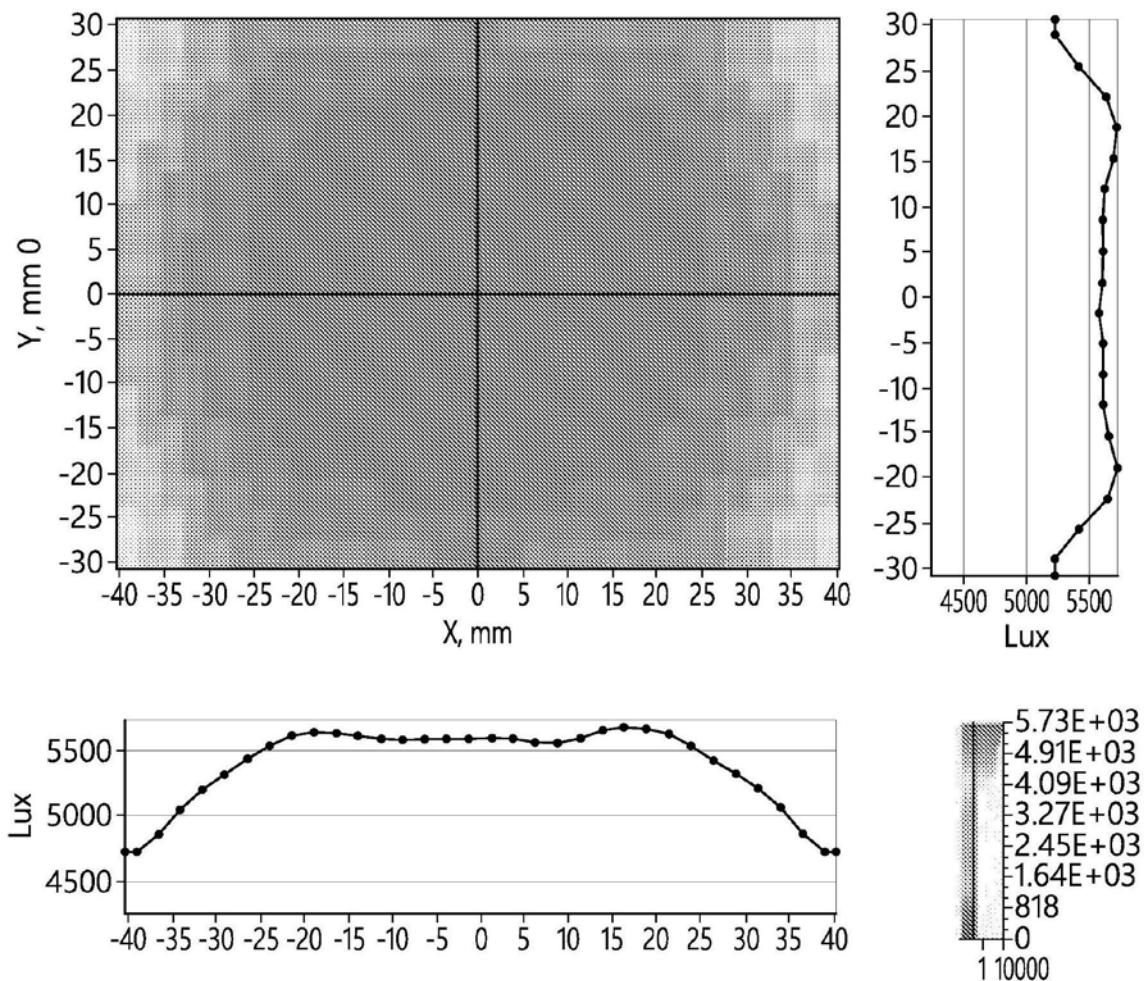


图23B