



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111065957 B

(45) 授权公告日 2022.04.05

(21) 申请号 201880054833.2

凯·奥亚拉

(22) 申请日 2018.08.21

(74) 专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司

(65) 同一申请的已公布的文献号

公司 11283

申请公布号 CN 111065957 A

代理人 肖冰滨 王晓晓

(43) 申请公布日 2020.04.24

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

G02B 30/34 (2020.01)

62/549,386 2017.08.23 US

H04N 13/302 (2018.01)

62/553,615 2017.09.01 US

H04N 13/307 (2018.01)

62/617,539 2018.01.15 US

H04N 13/354 (2018.01)

H04N 13/365 (2018.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 13/385 (2018.01)

2020.02.24

G02B 27/10 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/047313 2018.08.21

(56) 对比文件

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/040484 EN 2019.02.28

CN 103529554 A, 2014.01.22

JP 2014130305 A, 2014.07.10

US 2007139624 A1, 2007.06.21

(73) 专利权人 交互数字麦迪逊专利控股公司

地址 法国巴黎

审查员 宋钦剑

(72) 发明人 朱卡-塔帕尼·马基宁

权利要求书1页 说明书47页 附图39页

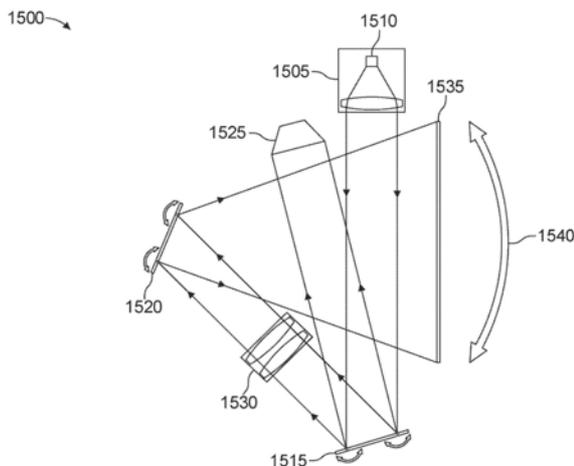
(54) 发明名称

视图。

用于生成投影3D光场的光场图像引擎方法和装置

(57) 摘要

描述了用于提供三维显示的系统和方法。在示例中,显示设备包括光引擎、空间光调制器、一个或多个可定向反射镜和投影透镜。来自所述光引擎的光由所述空间光调制器调制,由所述可定向反射镜(一个或多个)反射至所述投影透镜,并由所述投影透镜投影(例如,投影到屏幕上)。所述可定向反射镜(一个或多个)可以包括可旋转反射镜或数字微镜器件。所述空间光调制器可以是数字微镜器件。所述空间光调制器和所述可定向反射镜(一个或多个)被同步,以便针对所述可定向反射镜(一个或多个)的不同位置生成不同的调制光图案。不同调制光图案在不同方向上的所述投影可产生从不同用户视角可见的不同



1. 一种显示设备,包括:

光引擎;

投影透镜;

空间光调制器,其沿着从所述光引擎到所述投影透镜的光学路径,其中该空间光调制器为包含多个像素的第一数字微镜器件;以及

至少一个可定向反射镜,其沿所述光学路径在所述空间光调制器和所述投影透镜之间,其中该至少一个可定向反射镜包括具有多个可单独定向的微镜的第二数字微镜器件;以及

成像透镜,其被布置在所述空间光调制器与所述第二数字微镜器件之间,其中该成像透镜被配置为将每个像素成像到相应微镜上。

2. 根据权利要求1所述的显示设备,还包括屏幕,其中所述投影透镜被配置为将所调制的光投影在所述屏幕上,所述屏幕包括:

凸镜状片层;以及

光漫射层。

3. 一种光场显示方法,包括:

将光从光源引导到空间光调制器;

当至少一个可定向反射镜处于第一位置时,(i)用所述空间光调制器调制所述光以生成第一调制光图案,其中所述空间光调制器包括多个像素,以及(ii)将所述第一调制光图案从所述至少一个可定向反射镜朝向投影透镜反射;

当所述至少一个可定向反射镜处于第二位置时,(i)用所述空间光调制器调制所述光以生成第二调制光图案,以及(ii)从所述至少一个可定向反射镜朝向所述投影透镜反射所述第二调制光图案;以及

从所述投影透镜投影所述第一和第二调制光图案,

其中所述至少一个可定向反射镜包括具有多个可单独定向的微镜的数字微镜器件,所述方法包括使所述微镜倾斜通过包括所述第一位置和所述第二位置的多个位置;以及

其中所述方法还包括利用成像透镜使每个像素在相应微镜上成像。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中投影所述第一调制光图案和所述第二调制光图案包括将所述第一调制光图案和所述第二调制光图案投影到屏幕上。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,还包括使所述至少一个可定向反射镜循环通过包括所述第一位置和所述第二位置的多个位置。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述循环在至少60Hz下被执行。

用于生成投影3D光场的光场图像引擎方法和装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请是以下申请的非临时申请,并根据35U.S.C. §119 (e) 而要求其权益:2017年8月23日递交的题为“用于产生投影3D光场的光场图像引擎方法和装置 (LIGHT FIELD IMAGE ENGINE METHOD AND APPARATUS FOR GENERATING PROJECTED 3D LIGHT FIELDS)”的美国临时专利申请序列号62/549,386、2017年9月1日递交的题为“用于使用双DMD光场图像引擎生成投影3D光场的系统和方法 (SYSTEMS AND METHODS FOR GENERATING PROJECTED 3D LIGHT FIELDS USING A DOUBLE-DMD LIGHT FIELD IMAGE ENGINE)”的美国临时专利申请序列号62/553,615、以及2018年1月15日递交的题为“基于微镜器件的3D显示定向背光 (3D DISPLAY DIRECTIONAL BACKLIGHT BASED ON MICROMIRRORS)”的美国临时专利申请序列号62/617,539,其每一个申请在此通过引用而被整体并入。

背景技术

[0003] 一些当前类型的3D显示器能够提供用于自然3D图像感知的正确聚焦提示。人类的大脑部分地通过接收来自用于定向每只眼睛的肌肉的信号来感知和确定所观察的对象的深度。该大脑将眼睛的相对角取向与所确定的焦深相关联。正确的聚焦提示引起在观察的焦平面 (focal plane) 之外的对象上的自然模糊和自然的动态视差效应。

[0004] 能够提供正确的聚焦提示的一种类型的3D显示器使用体积显示技术,其能够在真实3D空间中产生3D图像。3D图像的每个“体素”物理上位于其应该所处的空间位置,并且从该位置向观察者反射或发射光以在观看者的眼睛中形成实像。3D体积显示器的主要问题是它们的低分辨率、大的物理尺寸和昂贵的制造成本。这些问题使得它们太麻烦而不能在特殊情况 (例如产品展示、博物馆、展览等) 之外使用。

[0005] 能够提供正确的视网膜聚焦提示的另一种类型的3D显示设备是全息显示器。全息显示器的目的在于重建从自然环境中的对象散射的整个光波阵面。这种技术的主要问题是缺少可以用于产生非常详细的波阵面的适当的空间光调制器 (SLM) 组件。

[0006] 能够提供自然视网膜聚焦提示的另一种类型的3D显示技术被称为光场 (LF) 显示。LF显示系统被设计成产生所谓的光场,该光场表示在空间中向所有方向传播的光线。LF系统旨在控制空间域和角度域中的光发射,而不是像传统的立体3D显示器那样基本上只能控制具有较高像素密度的空间域。存在不同的方式来产生光场。

[0007] 在第一种方法中,在观看者的每只眼睛上产生视差,产生与被观察对象的3D位置相对应的正确视网膜模糊。这可以通过每单只眼睛呈现多个视图来完成。

[0008] 第二种方法是多焦平面方法,其中对象的图像被投影到与其3D位置相对应的适当焦平面。许多光场显示器使用这两种方法中的一种。所述第一种方法通常更适合于头戴式单用户设备,因为眼睛瞳孔的位置更容易确定并且眼睛更靠近显示器,使得可以生成期望的密集光线场。所述第二种方法更适合于位于距观看者 (一个或多个) 一定距离处的显示器,并且可以在没有头戴装备的情况下被使用。

[0009] 在当前的相对低密度的多视图成像显示器中,当观看者在设备前面移动时,视图

以粗略的步进方式改变。这降低了3D体验的质量,甚至可能导致3D感知的完全崩溃。为了减轻这个问题(以及聚散度-调节冲突),已经用多达512个视图测试了一些超多视图(SMV)技术。该思想是产生非常大量的视图,以便使两个视点之间的任何过渡非常平滑。如果来自至少两个图像的光从稍微不同的视点同时进入瞳孔,则会产生更加逼真的视觉体验。在这种情况下,由于大脑无意识地预测由于运动而引起的图像变化,因此运动视差效果更好地类似于自然条件。

[0010] SMV条件可以通过将在正确观看距离处的两个视图之间的间隔减小到比眼睛瞳孔的尺寸更小的值来满足。在正常照射条件下,人的瞳孔通常被估计为直径大约4mm。如果环境光水平高(例如,在日光中),则所述直径可以小至1.5mm,并且在黑暗条件下大至8mm。SMV显示器可以实现的最大角密度受衍射限制,并且在空间分辨率(像素尺寸)和角分辨率之间存在反比关系。衍射增加了通过孔径的光束的角展度,并且在设计非常高密度的SMV显示器时可以考虑这种效应。

[0011] 不同的现有3D显示器可以基于它们的成型因数被分类成各种不同的类别。

[0012] 头戴式设备(HMD)比无护目镜的解决方案占用更少的空间,这也意味着它们可以用更小的组件和更少的材料制成,使得它们相对低成本。然而,由于头戴式VR护目镜和智能眼镜是单个用户设备,它们不允许如无护目镜解决方案那样自然地共享体验。

[0013] 体积3D显示器从所有三个空间方向占据空间,并且需要大量物理材料,使得这些系统笨重、制造昂贵并且难以运输。由于大量使用材料,因此所述体积显示器还往往具有小的“窗口”和有限的视场(FOV)。

[0014] 基于投影的3D显示器通常具有一个大而平的组件(即,屏幕)和从一定距离在自由空间上投影图像(一个或多个)的系统。这些系统可以被制造得更紧凑以便运输,并且它们还覆盖比例如体积显示器大得多的FOV。这些系统往往复杂且昂贵,因为它们需要投影仪器组件以及例如不同部件之间的精确对准,使得它们最适用于专业使用情况。

[0015] 平面成型因数3D显示器可能在两个空间方向上需要大量空间,但是由于第3方向仅是虚拟的,因此它们相当容易运输和组装到不同的环境。由于该设备是平的,所以其中使用的至少一些光学组件更可能以片或卷的形式制造,使得它们在大批量时成本相对较低。

[0016] 这些问题中的一些问题在移动设备的应用中可能进一步恶化。

发明内容

[0017] 描述了用于提供三维显示的系统和方法。在示例中,显示设备包括光引擎、空间光调制器、一个或多个可定向反射镜(mirror)和投影透镜。来自所述光引擎的光由所述空间光调制器调制,由所述可定向反射镜反射至所述投影透镜(一个或多个),并由所述投影透镜投影(例如,投影到屏幕上)。所述可定向反射镜(一个或多个)可以包括可旋转反射镜或数字微镜(micromirror)器件。所述空间光调制器可以是数字微镜器件。所述空间光调制器和所述(一个或多个)可定向反射镜被同步,以便针对所述(一个或多个)可定向反射镜的不同位置生成不同的调制光图案。不同调制光图案在不同方向上的投影可产生从不同用户视角可见的不同视图。

[0018] 在一个示例中,显示设备包括光引擎、投影透镜、以及沿着从所述光引擎到所述投影透镜的光学路径的空间光调制器。在一些实施例中,所述空间光调制器是数字微镜器件。

至少一个可定向反射镜沿着所述光学路径在所述空间光调制器和所述投影透镜之间被设置。所述显示设备可以包括屏幕,其中所述投影透镜被配置为将所调制的光投影在所述屏幕上。所述屏幕可以包括凸镜状(lenticular)片层和光漫射层。

[0019] 在一些实施例中,所述(一个或多个)可定向反射镜包括可旋转反射镜。可以提供马达以旋转所述可旋转反射镜。可以提供控制电子设备以使马达与所述空间光调制器同步。

[0020] 在一些实施例中,所述(一个或多个)可定向反射镜包括具有多个可单独定向的显微镜的数字显微镜器件。在这样的实施例中,成像透镜可以被所述设置在空间光调制器和所述数字显微镜器件之间。在所述空间光调制器包括多个像素的情况下,所述成像透镜可以被配置成将每个像素成像到相应的显微镜上。多于一个的像素可以被成像到每个显微镜上。

[0021] 在根据一些实施例的方法中,光从光源被引导到空间光调制器。当至少一个可定向反射镜处于第一位置时,利用所述空间光调制器调制所述光以生成第一调制光图案,并且该第一调制光图案被从所述(一个或多个)可定向反射镜朝向投影透镜反射。当所述(一个或多个)可定向反射镜处于第二位置时,所述光被所述空间光调制器调制以生成第二调制光图案,并且该第二调制光图案被从所述(一个或多个)可定向反射镜朝向所述投影透镜反射。所述第一和第二调制光图案被从所述投影透镜投影到例如屏幕上。所述(一个或多个)可定向反射镜可以循环通过包括所述第一位置和所述第二位置的多个位置。在一些实施例中,这种循环以60Hz或更高的速率进行。

[0022] 在一些实施例中,所述(一个或多个)可定向反射镜包括可旋转反射镜,其重复地旋转通过包括所述第一和第二位置的多个位置。

[0023] 在一些实施例中,所述(一个或多个)可定向反射镜包括具有多个可单独定向的显微镜的数字显微镜器件。在这样的实施例中,所述显微镜可倾斜通过包括所述第一和第二位置的多个位置。

[0024] 在一些实施例中,所述空间光调制器包括多个像素。每个像素可以利用成像透镜而被成像到相应的显微镜上。多于一个的像素可以被成像到每个显微镜上。

附图说明

[0025] 从以下结合附图以示例方式呈现的描述中可以获得更详细的理解,在附图中,附图中相同的附图标记指示相同的元素,并且其中:

[0026] 图1A是示出了可以实现一个或多个所公开的实施例的示例通信系统的系统图。

[0027] 图1B是根据实施例的系统图,其示出了可在图1A所示的通信系统中使用的示例性无线发射/接收单元(WTRU)。

[0028] 图2A-2D示出了当观看真实世界对象(图2A-2B)和自动立体3D显示器(图2C-2D)时的各种焦距和眼睛会聚角。

[0029] 图3A-3C描述了朝向瞳孔的光场的各种遮挡水平。

[0030] 图4是具有投影仪阵列的LF投影系统的示意图。

[0031] 图5是根据一些实施例的基于光场图像引擎(LFIE)的LF投影系统的示意图。

[0032] 图6是根据一些实施例的LF图像引擎的结构示意性表示。

[0033] 图7是根据一些实施例的利用LFIE的彩色图像生成的示意性呈现。

- [0034] 图8示出了根据一些实施例的在多个垂直视图的同时生成中使用的分面(faceted)旋转反射镜。
- [0035] 图9是根据一些实施例的LF投影仪设备的结构的示意性表示。
- [0036] 图10是根据一些实施例的多用户LF投影系统光学构造的示意性表示,其中屏幕部分对于观看者可见的。
- [0037] 图11是根据一个实施例的利用包括LFIE的LF投影仪设备的LF投影系统的示意图。
- [0038] 图12A示出了根据一些实施例的能够向多个观看方向和两个不同焦面(focal surface,FS)投影图像的LF图像引擎的组件和结构,其中投影方向(PD)由处位置1中的旋转反射镜设置。
- [0039] 图12B示出了根据一些实施例的图10A的LF图像引擎的组件和结构,其中投影方向由处于位置2的旋转反射镜设置。
- [0040] 图13A示出了根据一些实施例的基于LFIE的针对多个用户的LF投影系统。
- [0041] 图13B示出了根据一些实施例的基于LFIE的针对单个用户的LF投影系统。
- [0042] 图14描绘了根据实施例的使用双DMD光场图像引擎(DDMD-LFIE)的光场投影系统的概览。
- [0043] 图15描述了根据实施例的DDMD-LFIE的示例结构的示意性表示。
- [0044] 图16A-16B描绘了根据一个实施例的第一DMD与第二DMD之间的各种示例放大率。
- [0045] 图17示出了根据实施例的具有DDMD-LFIE的光场投影仪设备的示例结构的示意性表示。
- [0046] 图18示出了根据实施例的采用图17的光场投影仪设备和透射式背投屏幕的示例光场投影系统的示意性表示。
- [0047] 图19描绘了根据实施例的图18的光场投影系统中的示例颜色组合方法的示意性表示。
- [0048] 图20A描绘了根据实施例的示例DDMD-LFIE。
- [0049] 图20B描绘了根据一个实施例的图20A的第二DMD的放大视图。
- [0050] 图21描绘了根据一个实施例的图20A的DDMD-LFIE以及对应于各种第二DMD倾斜量的各种虚像。
- [0051] 图22示出了根据一个实施例的图20A的DDMD-LFIE、投影透镜和投影屏幕。
- [0052] 图23描绘了根据实施例的图22的投影屏幕的结构和几何形状的示意性呈现。
- [0053] 图24A-24B示出了根据一个实施例的当图像被投影到图22的投影屏幕上时引起的衍射。
- [0054] 图25为一结构的示意图,其中光准直静态反射镜与 μ LED阵列一起使用以产生不同方向的多个图像。
- [0055] 图26是一结构的示意图,其中光准直倾斜反射镜与 μ LED阵列一起用于产生不同方向的多个图像。
- [0056] 图27是一结构的示意图,其中光准直倾斜反射镜与RGB μ LED阵列一起用于产生全色图像。
- [0057] 图28A-28B提供了两种展示情况下的观看几何结构的图示:具有平行的发射方向角(图28A)和具有会聚的发射方向角(图28B)。

[0058] 图29A-29B提供了示例实施例的使用情况的示意图,其中从500mm的距离观看具有10"3D多视图显示器和眼睛跟踪模块的平板设备。

[0059] 图30是显示设备的一部分的横截面图,其示出了一个示例性实施例中此设备的物理尺寸(以 μm 为单位)。

[0060] 图31A-31B示出了在光线跟踪模拟中使用的几何结构,其中图31A是两个光源和显微镜的特写视图,图31B是具有两个模拟光束的几何结构的总图。

[0061] 图32示出了示例用例的观看几何结构。

[0062] 图33是根据一些实施例的用作LCD屏幕的定向背光(backlight)模块的结构示意性横截面图示。

[0063] 图34示出了根据一些实施例的定向背光的示例性用例的观看条件。

[0064] 图35是示出根据一些实施例的光学背光结构的示例测量(以 μm 为单位)的截面图。

[0065] 图36示出了示例用例的观看几何结构。

[0066] 图37为示出根据一些实施例的光学背光结构的示例测量(以 μm 为单位)的截面图。

[0067] 用于实施例的实现的示例网络

[0068] 图1A是示出了可以实施一个或多个所公开的实施例的示例通信系统100的示意图。该通信系统100可以是多个无线用户提供语音、数据、视频、消息传递、广播等内容多址接入系统。该通信系统100可以通过共享包括无线带宽在内的系统资源而使多个无线用户能够接入此类内容。举例来说,通信系统100可以使用一种或多种信道接入方法,例如码分多址(CDMA)、时分多址(TDMA)、频分多址(FDMA)、正交FDMA(OFDMA)、单载波FDMA(SC-FDMA)、零尾唯一字DFT-扩展OFDM(ZT UW DTS-s OFDM)、唯一字OFDM(UW-OFDM)、资源块过滤OFDM以及滤波器组多载波(FBMC)等等。

[0069] 如图1A所示,通信系统100可以包括无线发射/接收单元(WTRU) 102a、102b、102c、102d、RAN 104/113、CN 106/115、公共交换电话网络(PSTN) 108、因特网110以及其他网络112,然而应该了解,所公开的实施例设想任意数量的WTRU、基站、网络和/或网络部件。每一个WTRU 102a、102b、102c、102d可以是配置成在无线环境中工作和/或通信的任何类型的设备。举例来说,任一WTRU 102a、102b、102c、102d都可被称为“站”和/或“STA”,其可以被配置成发射和/或接收无线信号,并且可以包括用户设备(UE)、移动站、固定或移动订户单元、基于签约的单元、寻呼机、蜂窝电话、个人数字助理(PDA)、智能电话、膝上型计算机、上网本、个人计算机、无线传感器、热点或Mi-Fi设备、物联网(IoT)设备、手表或其他可穿戴设备、头戴显示器(HMD)、车辆、无人机、医疗设备和应用(例如远程手术)、工业设备和应用(例如机器人和/或在工业和/或自动处理链环境中工作的其他无线设备)、消费类电子设备、以及在商业和/或工业无线网络上工作的设备等等。WTRU 102a、102b、102c、102d中的任意者可被可交换地称为UE。

[0070] 通信系统100还可以包括基站114a和/或基站114b。每一个基站114a、114b可以是配置成通过以无线方式与WTRU 102a、102b、102c、102d中的至少一个无线对接来促使其接入一个或多个通信网络(例如CN 106/115、因特网110、和/或其他网络112)的任何类型的设备。举例来说,基站114a、114b可以是基地收发信台(BTS)、节点B、e节点B、家庭节点B、家庭e节点B、gNB、NR节点B、站点控制器、接入点(AP)、以及无线路由器等等。虽然每一个基站114a、114b都被描述成了单个部件,然而应该了解,基站114a、114b可以包括任何数量的互

连基站和/或网络部件。

[0071] 基站114a可以是RAN 104/113的一部分,并且所述RAN还可以包括其他基站和/或网络部件(未显示),例如基站控制器(BSC)、无线网络控制器(RNC)、中继节点等等。基站114a和/或基站114b可被配置成在名为小区(未显示)的一个或多个载波频率上发射和/或接收无线信号。这些频率可以处于授权频谱、无授权频谱或是授权与无授权频谱的组合之中。小区可以为相对固定或者有可能随时间变化的特定地理区域提供无线服务覆盖。小区可被进一步分成小区扇区。例如,与基站114a相关联的小区可被分为三个扇区。由此,在一个实施例中,基站114a可以包括三个收发信机,也就是说,每一个收发信机都对应于小区的一个扇区。在实施例中,基站114a可以使用多输入多输出(MIMO)技术,并且可以为小区的每一个扇区使用多个收发信机。举例来说,通过使用波束成形,可以在期望的空间方向上发射和/或接收信号。

[0072] 基站114a、114b可以通过空中接口116来与WTRU 102a、102b、102c、102d中的一者或多者进行通信,其中所述空中接口可以是任何适当的无线通信链路(例如射频(RF)、微波、厘米波、微米波、红外线(IR)、紫外线(UV)、可见光等等)。空中接口116可以使用任何适当的无线电接入技术(RAT)来建立。

[0073] 更具体地说,如上所述,通信系统100可以是多址接入系统,并且可以使用一种或多种信道接入方案,例如CDMA、TDMA、FDMA、OFDMA以及SC-FDMA等等。例如,RAN 104/113中的基站114a与WTRU 102a、102b、102c可以实施某种无线电技术,例如通用移动通信系统(UMTS)陆地无线电接入(UTRA),其中所述技术可以使用宽带CDMA(WCDMA)来建立空中接口115/116/117。WCDMA可以包括如高速分组接入(HSPA)和/或演进型HSPA(HSPA+)之类的通信协议。HSPA可以包括高速下行链路(DL)分组接入(HSDPA)和/或高速UL分组接入(HSUPA)。

[0074] 在实施例中,基站114a和WTRU 102a、102b、102c可以实施某种无线电技术,例如演进型UMTS陆地无线电接入(E-UTRA),其中所述技术可以使用长期演进(LTE)和/或先进LTE(LTE-A)和/或先进LTAPro(LTE-APro)来建立空中接口116。

[0075] 在实施例中,基站114a和WTRU 102a、102b、102c可以实施某种无线电技术,例如NR无线电接入,其中所述无线电技术可以使用新型无线电(NR)来建立空中接口116。

[0076] 在实施例中,基站114a和WTRU 102a、102b、102c可以实施多种无线电接入技术。举例来说,基站114a和WTRU 102a、102b、102c可以共同实施LTE无线电接入和NR无线电接入(例如使用双连接(DC)原理)。由此,WTRU 102a、102b、102c使用的空中接口可以通过多种类型的无线电接入技术和/或向/从多种类型的基站(例如eNB和gNB)发送的传输来表征。

[0077] 在其他实施例中,基站114a和WTRU 102a、102b、102c可以实施以下的无线电技术,例如IEEE 802.11(即无线高保真(WiFi))、IEEE 802.16(全球微波接入互操作性(WiMAX))、CDMA2000、CDMA2000 1X、CDMA2000 EV-DO、临时标准2000(IS-2000)、临时标准95(IS-95)、临时标准856(IS-856)、全球移动通信系统(GSM)、用于GSM演进的增强数据速率(EDGE)以及GSMEDGE(GERAN)等等。

[0078] 图1A中的基站114b可以是无线路由器、家庭节点B、家庭e节点B或接入点,并且可以使用任何适当的RAT来促成局部区域中的无线连接,例如营业场所、住宅、车辆、校园、工业设施、空中走廊(例如供无人机使用)以及道路等等。在一个实施例中,基站114b与WTRU 102c、102d可以通过实施IEEE 802.11之类的无线电技术来建立无线局域网(WLAN)。在实施

例中,基站114b与WTRU 102c、102d可以通过实施IEEE 802.15之类的无线电技术来建立无线个人局域网(WPAN)。在再一实施例中,基站114b和WTRU 102c、102d可通过使用基于蜂窝的RAT(例如WCDMA、CDMA2000、GSM、LTE、LTE-A、LTE-A Pro、NR等等)来建立微微小区或毫微微小区。如图1A所示,基站114b可以直连到因特网110。由此,基站114b不需要经由CN 106/115来接入因特网110。

[0079] RAN 104/113可以与CN 106/115进行通信,其中所述CN可以是被配置成向一个或多个WTRU 102a、102b、102c、102d提供语音、数据、应用和/或借助网际协议语音(VoIP)服务的任何类型的网络。该数据可以具有不同的服务质量(QoS)需求,例如不同的吞吐量需求、延时需求、容错需求、可靠性需求、数据吞吐量需求、以及移动性需求等等。CN 106/115可以提供呼叫控制、记账服务、基于移动位置的服务、预付费呼叫、因特网连接、视频分发等等,和/或可以执行用户验证之类的高级安全功能。虽然在图1A中没有显示,然而应该了解,RAN 104/113和/或CN 106/115可以直接或间接地和其他那些与RAN 104/113使用相同RAT或不同RAT的RAN进行通信。例如,除了与使用NR无线电技术的RAN 104/113相连之外,CN 106/115还可以与使用GSM、UMTS、CDMA2000、WiMAX、E-UTRA或WiFi无线电技术的别的RAN(未显示)通信。

[0080] CN 106/115还可以充当供WTRU 102a、102b、102c、102d接入PSTN 108、因特网110和/或其他网络112的网关。PSTN 108可以包括提供简易老式电话服务(POTS)的电路交换电话网络。因特网110可以包括使用了公共通信协议(例如TCP/IP网际协议族中的传输控制协议(TCP)、用户数据报协议(UDP)和/或网际协议(IP))的全球性互联计算机网络设备系统。所述网络112可以包括由其他服务供应商拥有和/或运营的有线和/或无线通信网络。例如,所述其他网络112可以包括与一个或多个RAN相连的另一个CN,其中所述一个或多个RAN可以与RAN 104/113使用相同RAT或不同RAT。

[0081] 通信系统100中一些或所有WTRU 102a、102b、102c、102d可以包括多模能力(例如,WTRU 102a、102b、102c、102d可以包括在不同无线链路上与不同无线网络通信的多个收发信机)。例如,图1A所示的WTRU 102c可被配置成与可以使用基于蜂窝的无线电技术的基站114a通信,以及与可以使用IEEE 802无线电技术的基站114b通信。

[0082] 图1B是示出了例示WTRU 102的系统图示。如图1B所示,WTRU 102可以包括处理器118、收发信机120、发射/接收部件122、扬声器/麦克风124、键盘126、显示器/触摸板128、不可移除存储器130、可移除存储器132、电源134、全球定位系统(GPS)芯片组136以及其他周边设备138。应该了解的是,在保持符合实施例的同时,WTRU 102还可以包括前述部件的任何子组合。

[0083] 处理器118可以是通用处理器、专用处理器、常规处理器、数字信号处理器(DSP)、多个微处理器、与DSP核心关联的一个或多个微处理器、控制器、微控制器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)电路、其他任何类型的集成电路(IC)以及状态机等等。处理器118可以执行信号编码、数据处理、功率控制、输入/输出处理、和/或其他任何能使WTRU 102在无线环境中工作的功能。处理器118可以耦合至收发信机120,收发信机120可以耦合至发射/接收部件122。虽然图1B将处理器118和收发信机120描述成单独组件,然而应该了解,处理器118和收发信机120也可以集成在一个电子组件或芯片中。

[0084] 发射/接收部件122可被配置成经由空中接口116来发射或接收去往或来自基站

(例如基站114a)的信号。举个例子,在一个实施例中,发射/接收部件122可以是配置成发射和/或接收RF信号的天线。作为示例,在实施例中,发射/接收部件122可以是配置成发射和/或接收IR、UV或可见光信号的放射器/检测器。在实施例中,发射/接收部件122可被配置成发射和/或接收RF和光信号。应该了解的是,发射/接收部件122可以被配置成发射和/或接收无线信号的任何组合。

[0085] 虽然在图1B中将发射/接收部件122描述成是单个部件,但是WTRU 102可以包括任何数量的发射/接收部件122。更具体地说,WTRU 102可以使用MIMO技术。由此,在实施例中,WTRU 102可以包括两个或多个通过空中接口116来发射和接收无线电信号的发射/接收部件122(例如多个天线)。

[0086] 收发信机120可被配置成对发射/接收部件122所要传送的信号进行调制,以及对发射/接收部件122接收的信号进行解调。如上所述,WTRU 102可以具有多模能力。因此,收发信机120可以包括允许WTRU 102借助多种RAT(例如NR和IEEE 802.11)来进行通信的多个收发信机。

[0087] WTRU 102的处理器118可以耦合到扬声器/麦克风124、键盘126和/或显示器/触摸板128(例如液晶显示器(LCD)显示单元或有机发光二极管(OLED)显示单元),并且可以接收来自这些部件的用户输入数据。处理器118还可以向扬声器/麦克风124、键盘126和/或显示器/触摸板128输出用户数据。此外,处理器118可以从诸如不可移除存储器130和/或可移除存储器132之类的任何适当的存储器中存取信息,以及将信息存入这些存储器。不可移除存储器130可以包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、硬盘或是其他任何类型的记忆存储设备。可移除存储器132可以包括订户标识模块(SIM)卡、记忆棒、安全数字(SD)记忆卡等等。在其他实施例中,处理器118可以从那些并非实际位于WTRU 102的存储器存取信息,以及将数据存入这些存储器,作为示例,此类存储器可以位于服务器或家庭计算机(未显示)。

[0088] 处理器118可以接收来自电源134的电力,并且可被配置分发和/或控制用于WTRU 102中的其他组件的电力。电源134可以是为WTRU 102供电的任何适当设备。例如,电源134可以包括一个或多个干电池组(如镍镉(Ni-Cd)、镍锌(Ni-Zn)、镍氢(NiMH)、锂离子(Li-ion)等等)、太阳能电池以及燃料电池等等。

[0089] 处理器118还可以耦合到GPS芯片组136,该芯片组可被配置成提供与WTRU 102的当前位置相关的位置信息(例如经度和纬度)。作为来自GPS芯片组136的信息的补充或替换,WTRU 102可以经由空中接口116接收来自基站(例如基站114a、114b)的位置信息,和/或根据从两个或更多个附近基站接收的信号定时来确定其位置。应该了解的是,在保持符合实施例的同时,WTRU 102可以借助任何适当的定位方法来获取位置信息。

[0090] 处理器118还可以耦合到其他周边设备138,其中所述周边设备可以包括提供附加特征、功能和/或有线或无线连接的一个或多个软件和/或硬件模块。例如,周边设备138可以包括加速度计、电子指南针、卫星收发信机、数码相机(用于照片和/或视频)、通用串行总线(USB)端口、振动设备、电视收发信机、免提耳机、Bluetooth®模块、调频(FM)无线电单元、数字音乐播放器、媒体播放器、视频游戏机模块、因特网浏览器、虚拟现实和/或增强现实(VR/AR)设备、以及活动跟踪器等等。周边设备138可以包括一个或多个传感器,所述传感器可以是以下的一个或多个:陀螺仪、加速度计、霍尔效应传感器、磁力计、方位传感器、邻

近传感器、温度传感器、时间传感器、地理位置传感器、高度计、光传感器、触摸传感器、磁力计、气压计、手势传感器、生物测定传感器和/或湿度传感器。

[0091] WTRU 102可以包括全双工无线电设备,其中对于该无线电设备来说,一些或所有信号(例如与用于UL(例如对传输而言)和下行链路(例如对接收而言)的特定子帧相关联)的接收或传输可以是并发和/或同时的。全双工无线电设备可以包括借助于硬件(例如扼流线圈)或是凭借处理器(例如单独的处理器(未显示)或是凭借处理器118)的信号处理来减少和/或基本消除自干扰的干扰管理单元。在实施例中,WTRU 102可以包括传送和接收一些或所有信号(例如与用于UL(例如对传输而言)或下行链路(例如对接收而言)的特定子帧相关联)的半双工无线电设备。

具体实施方式

[0092] 现在将参考各个附图来提供对说明性实施例的详细描述。尽管本说明书提供了可能实施方式的详细示例,但是应当注意,所提供的细节旨在作为示例,而绝不限制本申请的范围。

[0093] 注意,所描述的一个或多个实施例的各种硬件元件被称为“模块”,其实行(即,执行、运行等)在此结合相应模块描述的各种功能。如本文所使用的,模块包括相关领域的技术人员认为适合于给定实现的硬件(例如,一个或多个处理器、一个或多个微处理器、一个或多个微控制器、一个或多个微芯片、一个或多个专用集成电路(ASIC)、一个或多个现场可编程门阵列(FPGA)、一个或多个存储器设备)。每个所描述的模块还可以包括可执行用于执行被描述为由相应模块执行的一个或多个功能的指令,并且注意,这些指令可以采取硬件(即,硬连线的)指令、固件指令、和/或软件指令等的形式或包括它们,并且可以存储在任何适当的非暂时性计算机可读介质或媒体中,诸如通常被称为RAM、ROM等的那些。

[0094] 在继续该详细描述之前,应该注意,在各个附图中描绘并结合各个附图描述的实体、连接、布置等是作为示例而非作为限制来呈现的。因此,关于以下的任何和所有陈述或其他指示在孤立且脱离上下文的情况下可被解读为绝对的且因此是限制性的:特定附图“描绘了什么”、特定附图中的特定元素或实体“是”或“具有”什么、以及任何和所有类似陈述,其可以仅其前被建设性冠以诸如“在至少一个实施例中,...”等条款的情况下被正确地解读。为了简洁和清楚地呈现,这意味着在该详细描述中,并不重复这个隐含的前导条款。

[0095] 此外,在随后的段落中以及在本公开中的任何其他地方描述的任何变化和置换可以相对于任何实施例来实现,这其中包括相对于任何方法实施例和相对于任何系统实施例。

[0096] 当前通常用于家庭影院和电影院的立体显示器采用次优技术来产生3D图像。在人脑中,在眼视网膜上的光敏细胞和感测眼肌运动的细胞之间存在神经连接。当产生深度感知时,相关区域一起工作。自动立体3D显示器由于图像信息被限制在显示器的平面内的事实而缺乏正确的视网膜聚焦提示。当眼睛聚焦到与它们会聚的点不同的点时,大脑中的生理信号变得混乱。会聚和调节的深度提示不匹配导致例如眼睛疲劳、疲乏、恶心和眼睛对物距的调节较慢。这种现象被称为聚散-调节冲突(VAC),并且它是人工3D图像中的非比例深度挤压的结果。

[0097] 图2A和2B描绘当观看现实世界对象时的焦距和眼睛会聚角,且图2C和2D描绘当观

看自动立体3D显示器时的焦距和眼睛会聚角。人在真实世界中看到的一些部分可能是模糊的,而在显示器的情况下,所有部分都是焦点对准的。

[0098] 图3A-3C描述了朝向瞳孔的光场的各种遮挡水平。LF系统旨在控制空间域和角度域中的光发射,这不同于传统立体3D显示器,其仅能控制空间域。存在不同的方式来产生光场。

[0099] 在第一种方法中,在观看者的每只眼睛上产生视差,从而产生与被观看对象的3D位置相对应的正确视网膜模糊。在一个实施例中,这通过呈现每个单眼的多个视图来完成。图3A-3C示出了由瞳孔上的视差引起的遮挡。所得到的变化图像可表示可以被呈现以产生正确的视网膜模糊的各种视图。如果来自至少两个图像的光从稍微不同的视点同时进入瞳孔,则会产生更逼真的视觉体验。在这种情况下,由于大脑无意识地预测由于运动而引起的图像变化,因此运动视差效果更好地类似于自然条件。SMV条件可以通过将在正确观看距离处的两个视图之间的间隔减小到比眼睛瞳孔的尺寸更小的值来满足。

[0100] 第二种方法是多焦平面方法,其中所述对象的图像被投影到对应于其3D位置的焦平面。

[0101] 示例微镜技术。当前数字投影仪系统中通常使用的一种空间光调制器(SLM)组件是数字微镜器件(DMD),其包含非常小的微镜阵列,这些微镜可以被单独寻址并在图像生成中用作像素。当用定向光源照射该组件时,一些反射镜向投影透镜倾斜,在屏幕上形成图像,而一些反射镜向吸收额外光的光阱倾斜。使DMD组件适合于3D图像投影系统的一个特征是可以实现的非常快的帧率。以下文献内执行了利用包含基于DMD和RGB LED的光引擎的系统投影的全色图像的可能帧率的一个示例计算:O.Bimber等人,“The Visual Computing of Projector-Camera Systems(投影仪-相机系统的视觉计算)”,EUROGRAPHICS 2007, STAR-State of The Art Report,(2007)。假设DMD的反射镜可以以 $15\mu\text{s}$ (=67000二进制帧每秒)切换,如果三个(RGB)颜色LED的强度以非常高的速度在八个不同级别(1,2,4,8,16,32,64,128,256)之间切换,则理论上可以以大约2800Hz(=67000二进制帧每秒/8(8位编码)强度级别/3个颜色通道)投影全色图像。一个示例组件是德州仪器的DLP7000,其具有高达32552Hz的二进制帧率。如果对该组件进行了先前的计算,则可获得全色图像的1360Hz的帧率。以下文献中给出了:基于几个DMD组件的一个示例3D图像投影系统:Y.Li等人,“360-degree tabletop electronic holographic display(360度桌面电子全息显示器)”,Optics Express Vol.24,Issue 22,pp.24999-25009,(2016)。

[0102] 许多DMD设备不是设计用于光在整个角度范围内的平滑扫描,而是设计为二元(开-关)设备。然而,也有其它类型的微镜器件,其已被特别开发用于此目的。这种系统在例如以下文献中被描述:K.Jia等人,“High-Fill-Factor Micromirror Array With Hidden Bimorph Actuators and Tip-Tilt-Piston Capability(具有隐藏双晶致动器和尖端倾斜柱塞能力的高填充系数微镜阵列)”;Journal of Microelectromechanical Systems, Vol.20,Iss.3,(2011)以及L.Wu等人,“A large-aperture,piston-tip-tilt micromirror for optical phase array applications(用于光学相位阵列应用的大孔径、柱塞尖端倾斜微镜)”;Micro Electro Mechanical Systems.2008.MEMS 2008.IEEE 21st International Conference,(2008)。这些资源描述了微镜阵列(MMA)结构,其可以用于在两个方向上扫描大约 $\pm 30^\circ$ 的角度范围。在Jia等人的文献中提到的可单独寻址的微镜具有

1.5mm的矩形孔径尺寸,而在Wu等人的文献中提到的微镜为0.5mm宽。这两种系统都基于双压电晶片致动器,当用电流加热时,所述双压电晶片致动器改变其形状。电热双晶片致动器具有相对快的响应时间、低的功耗,并且它们可以用低电压($<5V$)驱动。也有几种其它类型的MEMS(微机电系统)系统可以用于反射镜倾斜致动。一个示例可以从以下文献中找到:S.Waldis等人,“Uniform tilt-angle micromirror array for multi-object spectroscopy(用于多对象光谱学的均匀倾斜角微镜阵列),”Proceedings of SPIE, Volume 6466, MOEMS and Miniaturized Systems VI, (2007)。在这种情况下,所述微镜是通过从单晶硅蚀刻而制造的,而悬臂型悬挂结构是通过表面微机械加工而实现的。所得反射镜具有 $100\mu m \times 200\mu m$ 以及 $200\mu m \times 500\mu m$ 的尺寸,并且它们可以倾斜多达 20° 。总之,根据反射镜尺寸,所报道的扫描MMA设计可以达到高达几kHz的频率。利用较小的反射镜孔径,器件谐振频率较高,并且可以用于光的非常快速的角扫描。

[0103] 示例光源技术。可用于示例性实施例的一种显示技术是所谓的 μ LED,例如在V.W.Lee等人的“Micro-LED Technologies and Applications(微型LED技术及应用)”; Information Display 6/16, (2016)中描述的那些。这些是用与当今使用的标准LED芯片相同的基本技术和相同的材料制造的LED芯片。然而,所述 μ LED是通常可获得的组件的小型化版本,并且它们可以被制成小至尺寸为 $1\mu m-10\mu m$ 。F.Templier等人的“A Novel Process for Fabricating High-Resolution and Very Small Pixel-pitch GaN LED Microdisplays(一种用于制造高分辨率和非常小的像素间距GaN LED微显示器的新颖工艺),”SID 2017 Digest, 268-271, (2017)描述了具有 $2\mu m \times 2\mu m$ 芯片的矩阵,该芯片以 $3\mu m$ 间距组装。当与OLED相比时,该 μ LED是稳定得多的组件,且其可达到非常高的光强度。

[0104] 一个裸露的 μ LED芯片可发射光谱宽度为 $\sim 20-30nm$ 的特定颜色。通过用磷光体层覆盖所述芯片,可以产生白光源,该磷光体层将由蓝色或UVLED发射的光转换成更宽的白光发射光谱。也可以通过并排放置单独的红色、绿色和蓝色LED芯片来产生全色源,因为当人类视觉系统组合单独的颜色发射时,这三种原色的组合可产生全色像素的感觉。前面提到的非常密集的矩阵将允许制造具有低于 $10\mu m$ ($3 \times 3\mu m$ 间距)的总宽度的自发射全色像素。

[0105] 来自半导体芯片的光提取效率是确定LED结构的电-光效率的参数之一。有几种方法可以用于提高所述提取效率,从而使得可以构建更有效地使用可用电能的基于LED的光源,这对于具有有限电源的移动设备是有用的。US7994527中提出的一种方法基于使用直接集成在LED芯片顶部上的成形塑料光学元件。由于较低的折射率差,与芯片被空气包围的情况相比,塑料成型的集成从芯片材料提取更多的光。该塑料成型还以增强从塑料件的光提取并使发射图案更具方向性的方式引导光。US7518149中提出的另一种方法增强了从 μ LED芯片的光提取。这通过将芯片本身成型为有利于光发射角度更垂直于半导体芯片的前小面(facet)并且使光更容易逸出高折射率材料的形式来完成。这些结构还引导从所述芯片发射的光。在后一种情况下,当与常规 μ LED相比时,提取效率被计算为好了两倍,并且与其中光均匀地分布到周围半球的标准芯片的朗伯分布相比,相当多的光被发射到 30° 的发射光锥。

[0106] 根据一些实施例,本文描述了与在多个角度方向上投影多个图像的光场图像引擎(LFIE)相关的系统和方法。所述LFIE通过以下组合创建不同的图像:1)数字微镜器件(DMD),其充当像素化空间光调制器;2)旋转反射镜,其穿过所述角度观看范围而扫描所述

图像;以及3)光引擎,其生成所述图像中可见的光。通过比所述扫描反射镜旋转循环更快地调制所述DMD矩阵,可以在不同的观看角度投射不同的图像。通过与所述DMD同步地调制所述光引擎的光输出,可以产生全色图像。在一些实施例中,通过使用单个LFIE中的多于一个光引擎和DMD,可以在一个或多个方向上同时投影多于一个图像,这允许虚拟图像在深度方向上投影到不同的焦面,从而实现针对3D内容的正确视网膜聚焦提示。

[0107] 所述LFIE可充当图像生成核心模块,其可以以类似于DMD组件当前如何用于各种现有2D投影系统的方式儿用于各种无护目镜的LF 3D显示系统。除了所述LFIE之外,LF投影设备具有包括至少一个投影透镜的模块。该透镜将由所述LFIE产生的图像投影到屏幕上,该屏幕是观看者可见的组件。通过相应地选择全LF投影系统的其它模块,可以以增强性能将相同的LFIE用于多用户场景或用于单用户场景。

[0108] 图4示出了根据本文阐述的一些实施例的具有多个投影仪410的LF投影系统400的示意性呈现,并且图5示出了使用LFIE的LF投影系统500的示意性呈现。一个明显的区别是所使用的硬件的数量。一些投影系统(图4)利用产生不同视图420所需的图像(通过屏幕405)的分离的2D投影仪设备410的大阵列。这些设备中的每一个都使用它们自己的空间光调制器(SLM)、控制电子设备、投影光学器件等。

[0109] 根据一些实施例,基于LFIE的系统(图5)仅具有一个投影仪设备510和一组投影光学器件520。当旋转反射镜515扫描所述投影仪设备510生成的图像时,虚拟投影仪525的阵列在所述反射镜515的平面后面被“创建”。所述投影仪设备510可以包括DMD组件,并且由于该DMD组件可以充当一足够快的SLM,因此其可以替换投影仪设备的整个阵列(例如,图4中的投影仪410的阵列)。这样,通过屏幕505并且利用单个投影仪设备510和单个投影光学器件520,可以生成多个视图525。换句话说,根据一些实施例,基于LFIE的系统可以利用更多的时间复用而不是空间复用,并且利用这样的布置实现了随后的小尺寸和相对低的成本。用于这种系统的方法也可以被扩展到其它小规模SLM,其能够承受高的光强度,并且对于强调时间复用的方法来说足够快。

[0110] 根据一些实施例,如以下更详细地讨论的,基于LFIE的系统可以利用多个DMD组件(参见图14和相关讨论)。例如,根据一些实施例,图5的旋转反射镜515可以用另一DMD组件来代替,如图14所示。

[0111] 在这里阐述的各种实施例中,所述LFIE可以使用时间和空间复用的组合。高质量光场3D图像的生成可要求在创建形成3D视觉内容的感知的子图像的密集场中进行大量复用。在所述LFIE中,可利用快速调制高像素计数图像的DMD组件来完成空间复用。时间复用是通过将所述图像顺序扫描到角空间中的旋转反射镜来实现的。LED/激光二极管组件的极快的切换速度被用于产生例如彩色图像,其可通过顺序地接通和断开不同的颜色分量来进行。因此,这里公开的一些方法利用这两种复用方案来充分有利地提高所公开的LFIE系统/设备的效率。

[0112] 根据一些实施例,三个光学功能(图像调制、光的生成和在不同观看方向上的投影)可以被分离成三个单独的光学组件。这可以允许单独地优化这些功能,因为可以针对每个任务而单独地选择和优化所述组件。因此,具有所述LFIE的系统可以针对不同的使用情况而被优化,使得这里阐述的方法是高度通用的。

[0113] 根据一些实施例,包含所述LFIE的所有所述组件的模块可以被构建到一小封装

中,其可允许将图像引擎与各种设备集成。

[0114] 根据本文阐述的一些实施例,存在用于能够在多个角度方向上投影多个图像的LFIE的系统和方法。所述LFIE有效地产生用于3D场景的光场,其可以从多个方向被观看。每个观看者可以具有他们自己的关于相同3D内容的立体视图,并且三维图像的感知可被生成。当观看者在投影屏幕周围移动时,所述图像可以针对每个新的观看角度而被改变。通过适当地选择全LF投影系统的其它模块,可以以增强的性能将相同的LFIE用于多个用户或用于单个用户。

[0115] 根据一些实施例,所述LFIE利用关于以的组合而创建不同的图像:DMD,其充当像素化空间光调制器;旋转反射镜,其穿过所述角度观看范围而扫描所述图像;以及光引擎,其生成所述图像中可见的光。通过比所述扫描反射镜旋转循环更快地调制DMD矩阵,多个不同图像可被投影到不同观看角度。通过与所述DMD同步地调制所述光引擎的光输出,可以产生全色图像。

[0116] 图6示出了示例性LFIE 600的结构示意性表示。光引擎605可以包括光源607(例如RGB LED或一个或多个激光二极管)和照射光学器件,并且可以产生被引导到DMD组件610的光束。在所述DMD 610中用作图像素的微型反射镜根据在特定观看方向上的图像内容而将所述光反射到旋转反射镜620或光阱615。通过扫掠穿过取决于反射镜旋转角的角范围,所述旋转反射镜620在不同的角方向上反射所述图像。所述旋转反射镜620可以是例如进行来回移动的振镜型(galvanometric-type)设备、或者在一个方向上连续旋转的多角反射镜、或者其它组件。在图6的实施例中,所述反射镜620可处于第一位置625并沿第一方向627投影图像,而在第二位置630可沿第二方向632投影图像。

[0117] 所述光引擎605可通过组合来自发射红、绿和蓝光的单独组件(例如LED或激光二极管)的输出来支持全色图像。不同颜色的输出可以被同步至DM610同步,并且通过调制所述光引擎605的输出(例如通过以电的方式接通和关断所述组件或者通过使用快速机械快门),可以以快速序列显示分离的有色的(colored)子图像。所述发光组件的切换时间可以根据例如相对于视图的数量和扫描反射镜角旋转速度设置的图像引擎目标值而被计算。在一些实施例中,利用白光照射源,可以利用例如色轮在所述光引擎405中产生不同的颜色。在这种情况下,可以以足够高的精度将有色输出同步到所述DMD 610和所述旋转反射镜620,并且在设计阶段可以考虑不同的颜色抖动方法。一些实施例可以采用如美国专利No.6642969中公开的为DMD组件开发的螺旋色轮设计。

[0118] 当所述旋转反射镜620改变连续的红色子图像、绿色子图像和蓝色子图像之间的投影角度时,将角度偏移引入到所投影的光场。通过在整个投影设备/系统的投影透镜或屏幕中使用合适的光学元件,可以将所述有色子图像组合以形成全色图像。这种元件可以基于例如棱镜效应、色差或衍射,其是用于选择性地控制不同颜色光束的传播方向的常用光学工具。

[0119] 单独使用LFIE在相同方向上投影所有有色子图像的一种可能方式是使用如图7所示的光学配置,其描绘了使用LFIE的彩色图像生成的示意性呈现。如果发光元件707a、707b、707c(例如,红色LED、绿色LED和蓝色LED)并排地定位在光引擎705内部且用共同的光学器件投影到DMD 710,那么空间间隔711可被变换成照射方向之间的角度间隔713。这些角度差可通过使不同颜色照射光束709a、709b、709c的时序同步到发射镜720的旋转而被使

用。由不同LED位置引起的小角度差会导致在不同颜色投影之间的时间间隔期间由旋转反射镜720的移动引起的投影子图像中的小角度差。这要求所述多个LED(或其他发光元件707)按照正确的顺序被激活至反射镜720旋转速度和方向。来自光引擎705的不同颜色照射光束709a、709b、709c之间的角展度713将转换成投影方向上的小空间移位711,但是存在一些重叠空间区域,其中三个颜色子图像被投影到相同方向,从而产生全色组合图像。总之,其取决于整个投影设备/系统的设计和颜色光栅化/抖动方法,在从LFIE输出的有色子图像之间具有角度偏移或空间偏移是否更好。

[0120] 在图7的实施例中,所述反射镜720可以相对于每个光束709a、709b、709c处于第一位置725,并且在第一方向727上投影每个光束的子图像,并且相对于每个光束709a、709b、709c处于第二位置730可以在第二方向732上投影每个光束的子图像。

[0121] 光引擎照射输出可被选择以便满足各种使用情况的预期光照条件。由于DMD组件可以承受非常高的光强度,所以可以针对特定的使用情况来优化所述光引擎的最大功率水平。如果环境光照水平高和/或如果需要更大量的视图,则可以使用较高功率的组件。如果在确定一个或多个观看者的位置时使用头部或观看者跟踪,则发光光束的切换也可以被同步到反射镜旋转,使得所述图像仅被投影到适当的方向,潜在地节省了能量。在这种情况下,所述旋转反射镜和DMD组件可以继续相同的移动,并且当来自光引擎的光不向用户投射时,可以通过关闭光引擎来执行节能特征的控制。

[0122] 在一些实施例中,所述LFIE设计仅在水平方向上支持多视图光场。然而,如果用能够在水平和垂直方向上旋转的扫描反射镜代替所述旋转反射镜,则可以扫描图像以形成在水平和垂直方向上具有独特视图的光场。这可以采用极快的扫描组件,并且可以对系统提出更高的要求,例如当发射的光功率在非常大量的视图上被扩散时,光引擎所要求的光强度。可以利用分面反射镜创建垂直视图,图8中示出了该分面反射镜的示例性实施例,其在一个方向上旋转,将所述DMD反射的图像(一个或多个)投影到多于一个小面。在这种情况下,单个DMD可以通过将反射镜矩阵分成多个部分来同时在该反射镜矩阵的不同部分处生成独特的垂直图像。

[0123] 在一些实施例中,通过使用一个LFIE中的多于一个光引擎和DMD(其一个实施例在图12A-12B中示出),多于一个图像被同时投影到一个或几个方向。由光引擎产生的光束由DMD调制,并被引导到公共旋转反射镜。使用公共反射镜确保了正确的同步。在这种结构中,有多于一个的光学路径,这允许将聚焦光学器件添加到这些光学通道中的一些或全部。这允许虚拟图像在深度方向上投影到不同的焦平面,从而实现3D内容的正确视网膜聚焦提示。

[0124] 根据一些实施例,多个光引擎和DMD可以与单个旋转反射镜一起使用,该单个旋转反射镜具有一个以上暴露于一个水平观看方向的小面,还可以同时产生多个垂直观看方向,如图8所示。当分面反射镜805(例如,具有上部小面806、中间小面807和下部小面808)旋转时,中间小面807将由中间光引擎(LE 2/830)和DMD(DMD 2/835)产生的图像反射到中间的垂直投影方向(VPD 2/840),从而扫描过中间水平投影方向(HPD 2/845)。由于类似的光引擎(LE 1/810&LE 3/850)和DMD(DMD 1/815&DMD 3/855)同时产生从所述中间小面807之上(806)和之下(808)的小面反射的不同图像,所以在中心水平面(845)之上(825)和之下(865)形成具有独特视图的两个其它水平投影平面(例如,分别在垂直投影方向820和860的

水平投影方向)。通过向反射镜添加更多的小面以及附加的光引擎和DMD模块,还可以在垂直方向上创建多个观看位置,而不需要光引擎的进一步时间复用。

[0125] 图9示出了包含LFIE 901(具有光引擎905、旋转反射镜920和DMD 910)的光场投影仪设备900的示意性表示。除了LFIE 901之外,设备900包括投影模块940,其至少包括投影透镜(或其他投影光学器件)945。该透镜945的目的是将由DMD 910产生的图像投影到屏幕950,该屏幕是设备900或系统的可见组件。合适的透镜设计类型的一个例子是F-theta透镜,它能够从以均匀间隔的角度间隔投射的光束提供平坦的图像平面。投影模块940还可以采用中继透镜,该中继透镜用于将在不同方向上行进的图像组合为中间虚拟光场图像,该中间虚拟光场图像然后更容易被投影到屏幕950。在反射镜920处于第一位置的情况下,可在第一方向927上投影图像,且在第二位置,可在第二方向932上投影图像。

[0126] 在一些实施例中,包含所述LFIE的LF投影仪设备与观看屏幕一起使用。图10示出了根据一个实施例的具有相关联的屏幕1055(其是系统对于观看者1090a、1090b、1090c、1090d、1090e可见的部分)的多用户LF投影系统1002的示意性呈现。当LF投影系统1002的反射镜1020旋转时,用DMD 1010产生的一组LF子图像以不同的角度从投影系统1002投影到屏幕1055。该屏幕1055具有元件1060,其将每个子图像的传播方向转向主观看方向。该元件1060可以是例如模制的塑料菲涅耳透镜或具有浮雕微棱镜的箔。单独的聚焦元件1062可以用于使DMD 1010的像素矩阵1070在凸镜状透镜片1057后面聚焦。该聚焦元件1062可以是例如微透镜的模制阵列或具有衍射结构的浮雕箔。在一些可选实施例中,可以利用投影系统1002内的投影透镜实现聚焦,在这种情况下,屏幕1055中的聚焦元件1062可能不是必需的。屏幕1055还可以包括光漫射元件1064以使成像的虚拟像素矩阵1070均匀化,这可以隐藏与角度调整和聚焦元件特征(例如,填充因子)有关的一些或所有图像伪影以及不同投影子图像之间的小的不连续性。如果对于特定使用情况仅期望水平视图,则屏幕光操纵元件1057、1060、1062、1064、1070中的一些可以是单向的(例如,凹槽),这可以导致较低的成本,但是如果创建水平视图和垂直视图这两者,则那些元件中的一个或多个可以是二维的。在一些实施例中,不同屏幕元件的所有必要光学功能可以被并入一个全息/衍射片中,该全息/衍射片甚至可以是灵活的,从而允许光场投影仪1002的与当前存在的常规2D投影仪(例如,家庭影院)类似的使用情况。

[0127] 观看者可见的屏幕1055的前部(例如,凸镜状透镜片1057)可以以与现有多视图自动立体系统中使用的凸镜状透镜结构类似的方式起作用。所述凸镜状透镜片1057后面的像素行(或矩阵)1070的图像可以充当光场像素(LFP),类似于LCD显示像素如何用作标准多视图显示器中的LF子像素。当凸镜状透镜1057将虚拟像素投影到观看者(一个或多个)前方的观看空间(一个或多个)时,产生不同的投影方向(PD)(或观看方向)。例如,在图10中,当旋转反射镜1020处于位置MP1时,像素P1通过系统1000在一个时间点被成像到LFP1,并且虚拟子像素又被投影在仅对位于屏幕1055前方的特定角度处的观看者1090A可见的投影方向PD1上。在另一时间点,旋转反射镜1020已经移动到位置MP2,并且相同的像素被成像到LFP2,并且从该LFP以相同的投影方向PD1投影,再次对相同的观看者1090A可见,但是在不同的空间位置处并且在稍后的时间点。以类似的方式,像素P5在两个不同的时间点首先被成像到LFP1,然后被成像到LFP2,然后被投影到仅对观看者1090E可见的PD5中。

[0128] 在当前的多视图系统中,子像素的数目以及随其的投影方向的数目被固定到显示

器(例如,LCD面板)中可用的像素的数目,并且受其限制。在基于LFIE的投影仪系统中,如本文所公开的,DMD的角扫描和快速调制反射镜矩阵可以在凸镜状结构后面创建更密集的“虚拟”显示。它也是通用的,因为时间多路复用(即,旋转反射镜的角度扫描)和空间多路复用(即,DMD像素的调制)可以以许多不同的方式组合,使得光场系统空间和角度分辨率可以针对不同的要求(例如,屏幕尺寸、用户数量、亮度水平等,它们都与特定的使用情况有关)而被优化。例如,相同的投影仪设备可以用于向坐在离屏幕1m距离处的单个用户或者向站在离大的投影画布(或屏幕)5m距离处的一组人示出3D光场图像。这两种使用情况之间的改变可以是选择不同尺寸的屏幕、以及可能(稍微)选择用于特定屏幕尺寸、分辨率目标等的不同渲染设置。

[0129] 3D场景呈现布置可根据给定使用情况和硬件的所选参数而变化。例如,整个微镜矩阵可以被成像到屏幕上的一个光场像素上,使得可以产生与DMD组件中的像素一样多的单独视图。在这种情况下,当旋转反射镜扫过其路径时,一个接一个地生成每个LFP,每个LFP具有大量视图。如果DMD矩阵同时被成像在几个LFP后面,则LFP空间分辨率可以更高,但是以更少数量的唯一视图为代价。在一些实施例中,由于光学功能被分离到不同的组件中,因此可以通过改变渲染设置而无需改变硬件来进行这些折衷中的一些折衷。当旋转反射镜扫过其路径时,DMD还可以以不同的速率被调制,使得有可能将区域交织或重叠到凸镜状片后面的虚拟显示中。上下文自适应渲染方法可以用于改进例如图像亮度和/或功耗,如在美国专利No.9405124中所讨论的。此外,超分辨率算法也可以应用于渲染方案,以便增加空间分辨率,否则该空间分辨率受到DMD矩阵和成像系统的特性的限制。

[0130] 从观看者的角度来看,所述LFIE和投影光学器件可以位于屏幕后面以用于透射的图像,或者位于屏幕前面以用于反射的图像。背照式屏幕可以产生类似于“投影TV”的设备,其可以使其多个组位于一个封装中,而前光式屏幕可以导致产品更接近家庭影院系统中的显示布置。所述屏幕还可以扩大或缩小由LFIE产生的光场的角度范围,以便使3D图像从更大或更小的角度可观看。这种屏幕可以例如通过具有不同焦距的两个(或更多个)微透镜或小透镜组件构成。在这种设计中,所述结构以它们之间的距离等于它们的焦距之和的方式安装(例如在美国专利No.9405124中讨论的)。

[0131] 当旋转反射镜连续扫过角空间时,可以使用该设备来产生非常密集的光场。3D场景的感知通常要求至少两个不同的视点被朝向观看者投影-每只眼睛一个视图。由于DMD设备具有高刷新频率并且反射的图像可以被连续地投影到观看空间,所以所公开的系统和方法满足了该立体图像条件。如果观察者足够近并且DMD刷新频率足够高,则还可以将多于一个图像投影到单个观察者的瞳孔。这可以满足“超多视图”条件并且向观看者提供更自然的观看体验。如前所述,所述LFIE还可用于产生多于一个焦平面,从而产生距观看者不同深度距离处的虚像和更自然的视网膜聚焦提示。

[0132] 图11示出了利用包括LFIE的LF投影仪设备的光场投影系统的示意性表示。该系统1100可以包括回放设备1105,其向LF投影系统1110提供3D内容,其又生成投影到屏幕1115的LF图像。所述投影系统可以放置在例如屏幕1115前面的桌子上。这种屏幕1115可以安装在适当的支撑结构(例如,墙壁、支架等)上,或者放置在相同的桌子上或者相对于投影系统1110的不同表面上。所述回放设备1105计算显示信号1107并将其传输到投影系统1110,该投影系统包含控制电子设备,其激活旋转反射镜的马达并控制所述DMD与所述反射镜同步。

所述反射屏幕在水平方向上保持、扩展或收缩光场角度结构,使得可以从围绕桌子的不同观看位置看到不同视图。所述屏幕还可以在垂直方向上漫射反射光,以便使图像对于眼睛位于不同高度的观看者更均匀。由于眼睛水平定位,所以仅在水平方向上提供不同的视点对于3D图像感知而言是足够的。

[0133] 在一些实施例中,例如下面关于图14所讨论的,可以使用第二DMD组件而不是一旋转反射镜来创建能够分别寻址每个像素的开-关状态和角度方向的LFIE。在这样的布置中,当第一DMD设备以更快的速率接通和断开像素时,第二DMD以平滑的运动来扫描角度区域,而不是仅仅接通和断开所述像素。在这些实施例中,第一DMD中的多于一个镜像素可用于照射第二DMD的更大像素。通过用诸如衍射结构的微光学特征覆盖所述第一组件的一些微镜,当微光学特征改变整个投影系统的焦距时,图像可被投影到不同的焦平面,从而产生具有多个方向和多个虚焦平面的真实光场。使用两个DMD使得这成为可能,因为第一DMD的像素可以被单独地映射到第二DMD的像素。

[0134] 在一些实施例中,可以使用具有光引擎和旋转反射镜(以及可能的DMD)的LFIE的变型来产生到例如LCD屏幕的非常密集的定向背光。此外,这里阐述的屏幕设计可以补充使用相同时间/空间复用方案的简化系统。

[0135] 在一些实施例中,可以使用两个相同的LFIE实现自动立体3D LF显示投影系统。如果所述两个LFIE的位置彼此相距 $\sim 65\text{mm}$,则两个同时投影的光场适合以人眼的平均瞳距为中心的两个眼箱(eye-box)。如果在多个方向上反射或折射该两个投影的眼箱时使用如本文所述的屏幕,则为多个用户创建一组自动立体视图。由于所产生的光场的角度范围被限制在小的眼箱,因此这种布置可以在水平和垂直方向上产生更密集的光场。有限的角空间对于渲染和控制系统也具有较低的数据速率要求。另外,眼睛跟踪系统可以用于辨识用户位置。

[0136] 图12A-12B示出了示例性LFIE装置的一种可能结构。该示例性LFIE具有两个单独的光引擎(LE1和LE2)、数字微镜器件(DMD1和DMD2)和聚焦透镜(FL1和FL2),它们形成通过设备1200的两个不同的光学路径或图像通道。由LE产生的两个照射光束首先被引导到DMD,DMD执行图像调制并将所述光束反射到单个多角反射镜(PM)的两个不同小面。图像光束从PM小面被反射并被引导通过FL,在图12A-12B中,对于两个图像通道,FL是不同的(但不是必须的),从而能够在相同的投影方向(PD1和PD2)上利用不同的焦平面(FS1和FS2)同时投影两个不同的图像。当PM旋转时,被照射的小面和图像光束之间的角度从图12A所示的第一旋转位置改变到图12B所示的第二旋转位置。当PM的旋转运动使投影方向之间的过渡连续时,随着两个光学路径的焦点(FP1和FP2)扫过投影空间,产生两个不同且连续的焦面(FS1和FS2)。当DMD以高于被照射的PM小面旋转通过光束路径所花费的时间的刷新率来调制投影图像光束时,产生具有多个唯一观看方向和两个焦面的真实3D光场图像。

[0137] 利用示例LFIE产生的唯一观看方向的数量由在一个PM小面扫过设计的投影角范围所花费的时间内利用DMD可以进行的图像调制循环的数量来确定。示例图像引擎可通过使用与DMD同步调制的红色LED、绿色LED和蓝色LED而用于 3×8 位全色投影。如果上述示例计算被用作参考,则对于具有33kHz二进制帧率的微镜元件,可以计算 $\sim 1360\text{Hz}$ 的全色图像刷新频率。满足该规范的一个现有组件是德州仪器DLP7000。在视觉中心和相当明亮的环境光照条件下,通常使用的无闪烁图像的阈值是60Hz。从这两个值,可以确定 ~ 23 个唯一的和

无闪烁的全色视图可以用单个DMD产生。如果使用小于8位色深或单色图像,或者如果同时使用多于一个DMD并且它们的投影角度不同,则可以增加视图的数量。在图12A-12B所示的LFIE示例中,第二DMD用于在深度方向上创建第二焦面,但它也可用于将投影视图的数量加倍到~46。

[0138] 如果LFIE的投影角度被设计为 ± 10 度,并且具有投影光学器件和屏幕的整个系统被设计为使得角展度加倍,则两个视图之间的角度差为~1.8度。这意味着具有65mm的正常瞳孔间距离的观看者可以从2m以下的距离看到立体3D图像。若干不同的观看者也可以从他们自己的观看方向立体地看到相同的3D内容。所述观看者在深度方向上也将具有两个不同的焦平面,这将通过提供自然的视网膜聚焦提示来增强3D效果。图13A中示出了这种布置。

[0139] 图13B示出了基于与图13A相同的LFIE的替代系统,但是该系统是为单个用户设计的,并且其中投影模块将投影光场的角展度压缩一半,导致两个相邻视图之间的角度差为~0.45度。如果观看者位于~0.5m的距离,则单视图观看区的宽度为~4mm,这对应于在适度光照条件下的正常眼睛瞳孔尺寸。这可以允许同时在一个观看者的瞳孔内投影两个不同的图像,这满足了超多视图条件并且可以提供甚至更逼真的聚焦提示,尤其是对于快速移动的3D图像内容。图13B的系统也可以与面部跟踪一起使用。

[0140] 在一些实施例中,可以存在一种利用光场图像引擎显示3D多视图图像的方法,该方法包括:将光从光引擎输出到数字微镜器件(DMD)上;操作所述DMD作为像素化空间光调制器,以将来自所述DMD的输出光中的至少一些反射到旋转反射镜;以一循环速率旋转所述旋转反射镜以穿过一角度观看范围扫描由从所述DMD反射的光表示的图像;以比所述旋转反射镜循环速率更快的速率调制所述DMD;以及通过与所述DMD同步地调制来自所述光引擎的输出光来生成全色图像。

[0141] 在一些实施例中,可以有一种显示3D多视图图像的方法,该方法包括:执行多个颜色照射器的同步时间调制,其中每个颜色照射器的输出光入射在像素化的单独可控的反射元件矩阵上;将入射在所述反射元件矩阵上的光中的至少一些反射到可移动反射镜组件;以及以与所述颜色照射器调制和所述可控反射元件矩阵同步的方式使所述反射镜组件扫掠过一个角度。该方法可以包括其中从所述反射元件矩阵反射的光入射到所述可移动反射镜组件或光阱上。该方法可以包括其中图像内容以时间调制方式被渲染并被呈现给显示设备,以提供要在不大于典型人类瞳孔距离的多个窗口上显示的多个单独视图。该方法可以包括其中以时间调制方式渲染图像内容并且向显示设备呈现该图像内容,以提供要投影到具有不大于典型人类瞳孔距离的多个窗口的全息屏幕的多个单独视图。

[0142] 在一些实施例中,可以存在一种利用光场图像引擎投影系统(其包括第一和第二光引擎、第一和第二数字微镜器件(DMD)、旋转反射镜以及第一和第二聚焦透镜)来显示3D多视图图像的方法,该方法包括:在所述第一DMD处执行图像调制,并且将由所述第一光引擎生成的第一光束的至少一部分作为第一图像光束反射到所述旋转反射镜的第一小面,所述第一小面被配置为将所述第一图像光束反射通过所述第一聚焦透镜到第一焦面;在所述第二DMD处执行图像调制,并且将由所述第二光引擎生成的第二光束的至少一部分作为第二图像光束反射到所述旋转反射镜的第二小面,所述第二小面被配置为通过所述第二聚焦透镜将所述第二图像光束反射到与所述第一焦面不同的第二焦面,使得所述第一图像光束和所述第二图像光束在第一投影方向上同时被投影;旋转所述旋转反射镜,使得所述第一

图像光束和所述第二图像光束同时在至少第二投影方向上被投影,使得当每个图像光束的焦点扫过投影空间时,所述第一焦面和所述第二焦面是连续的;以及以高于所述旋转反射镜的旋转循环速率的刷新速率来调制所述第一和第二DMD,使得生成具有多个唯一观察方向和两个焦面的3D光场图像。该方法可以包括其中图像内容被渲染,并且由光场图像引擎投影系统以时间调制方式呈现给显示设备,以提供用于在不大于典型人类瞳孔距离的多个窗口上显示的多个单独视图。该方法可以包括其中图像内容被渲染,并且由光场图像引擎投影系统以时间调制方式呈现给显示设备,以提供用于投影到具有不大于典型人类瞳孔距离的多个窗口的全息屏幕的多个单独视图。该方法可以包括其中所述旋转反射镜以与所述光引擎和所述DMD这两者同步的方式扫过一角度。该方法可以包括其中所述第一DMD包含像素化的可独立控制的反射元件矩阵。

[0143] 在一些实施例中,可以存在用于显示3D多视图图像的光场图像引擎投影系统,其包括:光场图像引擎,其包括至少两个光引擎、至少两个数字微镜器件(DMD)和旋转反射镜;以及投影模块,其包括投影光学器件和角度扩展元件。该方法可以包括其中第一DMD被配置成执行图像调制,并将由第一光引擎产生的第一光束的至少一部分作为第一图像光束反射到所述旋转反射镜的第一小面,所述第一小面被配置成将所述第一图像光束通过第一聚焦透镜反射到第一焦面。该方法可以包括其中第二DMD被配置为执行图像调制,并将由第二光引擎产生的第二光束的至少一部分作为第二图像光束反射到所述旋转反射镜的第二小面,所述第二小面被配置为通过第二聚焦透镜将所述第二图像光束反射到与所述第一焦面不同的第二焦面。该方法可以包括其中所述第一和第二图像光束在第一投影方向上同时被投影。所述方法可以包括其中所述光场图像引擎被配置为利用所述旋转反射镜旋转第一图像光束和第二图像光束,使得所述第一图像光束和所述第二图像光束跨第一焦面和第二焦面而被连续地投影。该方法可以包括其中所述DMD被配置成以高于所述旋转反射镜的旋转循环速率的刷新速率调制第一和第二图像光束,以便生成具有多个唯一观察方向和两个焦面的3D光场图像。该方法可以包括其中所述光场图像引擎投影系统被配置为从回放设备接收3D内容并且在屏幕上生成光场图像。

[0144] 在一些实施例中,可以存在一种系统,其包括光场图像引擎投影系统、处理器和存储指令的非暂时性计算机可读存储介质,所述光场图像引擎投影系统包括第一和第二光引擎、第一和第二数字微镜器件(DMD)、旋转反射镜以及第一和第二聚焦透镜,所述指令在处理器上执行时可操作以执行包括以下各项的功能:在所述第一DMD处执行图像调制,并且将由所述第一光引擎生成的第一光束的至少一部分作为第一图像光束反射到所述旋转反射镜的第一小面,所述第一小面被配置为将所述第一图像光束通过所述第一聚焦透镜反射到第一焦面;在所述第二DMD处执行图像调制,并且将由所述第二光引擎生成的第二光束的至少一部分作为第二图像光束反射到所述旋转反射镜的第二小面,所述第二小面被配置为通过所述第二聚焦透镜将所述第二图像光束反射到与所述第一焦面不同的第二焦面,使得所述第一图像光束和所述第二图像光束在第一投影方向上同时被投影;旋转所述旋转反射镜,使得所述第一图像光束和所述第二图像光束同时在至少第二投影方向上被投影,使得当每个图像光束的焦点扫过投影空间时,所述第一焦面和所述第二焦面是连续的;以及以高于所述旋转反射镜的旋转循环速率的刷新速率调制所述第一和第二DMD,使得生成具有多个唯一观察方向和两个焦面的3D光场图像。

[0145] 根据本文阐述的一些实施例,存在用于使用双DMD光场图像引擎产生所投影的3D光场的系统和方法。各种实施例采用光学方法的形式。其它实施例包括能够将多个图像投影到若干角度方向的双DMD光场图像引擎(DDMD-LFIE)。该DDMD-LFIE使用两个数字微镜器件(DMD)和光引擎的组合来创建不同的图像,所述DMD充当像素化空间光调制器,所述光引擎产生所述图像中可见的光。所述DMD被串联地定向,并且第二DMD扫描微镜倾斜角通过一定范围。这种调制与精确定时相结合可允许控制一些3D内容的各种2D视图被投影到的角度/FOV。

[0146] 在许多实施例中,所述第一DMD组件具有比第二DMD高的分辨率和较小的像素。所述第一DMD还比第二DMD被调制得快得多。由于更快的调制速度,在第二DMD的角扫描的每个循环期间,第一DMD被多次成像在第二DMD上。所述DMD的组合可以用于将多于一个图像同时投影到单个观看角度。这种时间复用允许将虚拟图像投影到不同的焦面,从而能够针对3D内容进行正确的视网膜聚焦提示。每个观看者观察到他/她自己的相同3D内容的立体视图,并且3D图像的感知被产生。当观看者在投影屏幕周围移动时,所观察到的图像会对于不同的观看角度而改变。通过与DMD同步地调制所述光引擎的光输出,可以产生全色图像。

[0147] 所述DDMD-LFIE是一种核心影像生成模块,且可用于多种不同种类的无护目镜光场3D显示系统中。在本公开中,一些实施例采用光场投影仪或光场投影系统的形式。除了所述DDMD-LFIE之外,光场投影系统还包括包含至少一个投影透镜的模块。该透镜的目的是将所述DDMD-LFIE产生的图像投影到多个观众可见的屏幕上。在至少一个实施例中,所述光场投影系统还包括所述屏幕。可以在多用户设备/系统中使用所述DDMD-LFIE,或者在单用户设备/系统中使用所述DDMD-LFIE,其中通过与全LF投影系统的其他选定模块组合,可获得增强的性能。

[0148] 这里描述的实施例使用时间和空间复用的组合。高质量光场3D图像的生成要求在子图像(其形成3D视觉内容的基础)的密集场的创建中进行大量复用。在所述DDMD-LFIE中,利用能够非常快地调制高像素计数图像的第一DMD组件来完成空间复用。时间复用是利用第二DMD来实现的,所述第二DMD将所述图像顺序地扫描到角空间中。所述光引擎中的极快切换LED/激光二极管组件和/或色轮可通过顺序地接通和关断不同的颜色组件来提供用于创建例如彩色图像的进一步时间复用。因此,这些实施例能够利用空间和时间多路复用方案这两者。各种组件(例如,DMD、激光二极管)之间的精确定时和协调由主控制器协调。一个技术问题涉及第二DMD微镜的控制。本系统的一个实施例使用多个微镜,与用作开关的DMD器件相比,该多个微镜以平滑且相对慢的角扫描进行操作。这个问题可以通过使用快速控制电子器件和/或替代微镜结构来解决。此外,所述问题还可通过在所述两个DMD之间使用高度调谐的定时来解决。可用作示例性实施例中的所述第二DMD的具有角度控制的微镜器件可包括在标题为“具有连续中间状态的模拟微镜器件(Analog micromirror devices with continuous intermediate states)”的美国专利No.7,782,523和标题为“微镜和用于制造微镜的制造方法(Micromirror and fabrication method for producing micromirror)”的美国专利申请公开No.2010/0033788A1中描述的那些。

[0149] 在一个实施例中,所述DDMD-LFIE包括三个单独的光学组件:图像调制装置,(ii)光生成装置,以及(iii)投影装置,其将调制后的光向各个方向发送。这种设计使得可以单独优化每个组件的功能,因为可以单独为每个任务选择和优化组件。可以针对不同的使用

情况设计具有所述DDMD-LFIE的系统。

[0150] 可以利用例如卤素灯和色轮的系统来生成所述照射光束。LED和激光二极管也是光引擎的理想组件,因为(i)它们可以被快速调制,并且(ii)由这些组件发射的光容易被准直并被引导到所述DMD。

[0151] 图像调制(空间复用)可以用例如LCoS(硅上液晶)组件来执行。除了使用DMD之外或代替使用DMD,可以通过使用可调透镜、通过旋转衍射光栅或棱镜、以及通过使用振镜式反射镜和多角反射镜来实现到不同角度的顺序图像投影。该系统的实施例可以采用基于MEMS的单个扫描组件以用于相同目的。

[0152] 多个焦平面的创建可通过将可调透镜(例如,液体透镜)定位于投射光学路径中,而不是通过微镜表面结构形成两个单独的光学路径来实现。可调透镜可以与所提出的结构一起使用,作为产生多个焦平面的附加方式,这可以进一步提高图像质量。

[0153] 通常,所描述的方法和系统代表可以在实现三个光学功能中使用的可选光学和光电组件的小子集。

[0154] 在所述DDMD-LFIE的示例性结构中,如下所述,包含所有所述组件的模块可以被构建到非常小的封装中,使得可以将图像引擎集成到多种设备中。所述DDMD-LFIE可以用来例如替代当前在LF系统中使用的投影仪阵列。由于所述DDMD-LFIE中的组件很小,所以这种模块的成本可以大量降低。由于只需要很少的组件装配在一起,因此简单的构造也有利于整个系统的可靠性、设置和校准。

[0155] 图14描绘了根据一些实施例的使用双DMD光场图像引擎(DDMD-LFIE)的LF投影系统的概览。如先前关于图5所论述,在一些实施例中,可用DMD来代替图5的旋转反射镜。与图5的LF投影系统类似,与诸如图4中所示的当前系统相比,图14的LF投影系统仅具有一个投影仪设备和一个投影光学器件。

[0156] 在图14的LF投影系统中,所述DDMD-LFIE产生通过透镜朝向观看介质的3D光场。图14的LF投影系统包括光引擎1410、第一DMD 1415、第二DMD 1420、第一DMD虚像阵列1425、透镜1430、全息屏幕1435和多个生成的视图1440。

[0157] 当所述第二DMD 1420扫描通过所述角度范围时,虚拟SLM阵列1425根据第一DMD 1415的图像而被创建在第二DMD 1420的平面之后。由于DMD切换足够快,因此其可以用于替换整个投影仪设备阵列(例如,图4中的阵列410)。换句话说,基于DDMD-LFIE的系统(例如图14中)可以利用更多的时间复用而不是空间复用,并且利用这样的布置实现了随后的小尺寸和相对低的成本。用于这种系统的方法也可以被扩展到其它小规模SLM,其能够承受高的光强度,并且对于强调时间复用的方法来说足够快。

[0158] 在一些实施例中,所述DDMD-LFIE使用更高级复用,其中所述第二DMD具有可单独寻址的子像素而不是仅具有一个大规模组件。这种双SLM结构还可以使得利用新的图像渲染方法成为可能,例如张量方法,这对于单反射镜系统是不可能的,例如前面所讨论的。

[0159] 本文所阐述的双DMD设计可向位于投影系统FOV内部的观看者投影可个别寻址的子像素。在这些系统中,第二DMD的反射镜可以利用单个平滑运动扫过一角度范围的从LF投影仪设备投影的光束。这要求在反射镜来回倾斜时控制倾斜角。通过使用具有精确定时和协调的控制电子设备,所述两个DMD可以彼此同步,使得当第一DMD像素用于调制特定观看方向时,第二DMD反射镜指向正确的方向。所述光引擎还可以具有极快的切换速度以用于所

述组件之间的精确定时。

[0160] 所投影的较大像素内的子像素可以用于多种目的。在本详细描述其余部分中描述了各种实施例。当光学硬件以及时间和空间分辨率允许时，可以组合多个实施例。例如，在一个实施例中，第一或第二DMD的反射镜表面被涂上微光学特征。可以利用微光学调制子像素通过多种光学方法/系统使各个子光束聚焦在所投影的光场中的不同焦平面处。如果第一组件像素通过该结构而被修改，则可以单独地对每个微镜进行改变，但是如果对第二组件进行修改，则在每个微镜表面内部制作不同的微光学部分。可以利用小的和大的反射镜修改的组合，例如，用滤色器覆盖第一DMD像素以提供色度调制，并且用一系列偏振膜覆盖每个第二DMD反射镜的子像素部分（控制偏振并且采用双折射光学器件提供了用于焦平面调制的手段）。任何修改都将改变所述微镜的机械特性，且这在组件和驱动电子器件的设计中应该被考虑。例如，如果所述反射镜被薄的电介质层覆盖，则倾斜部分的质量会稍微增加，并且调制速度会减慢，或者驱动反射镜的电力会升高。然而，如果所述微光学结构被蚀刻（例如，衍射光栅）到所述反射镜的表面，则其质量稍微减小，并且作用于该部件上的相同的电力将引起更快的移动。

[0161] 所述第一DMD的一个示例性光学子像素修改是用非常薄的偏振膜来覆盖所述反射镜。这将使得有可能控制每个子光束的偏振方向，每个子光束又可以用于生成多个焦平面。如果投影透镜位于所投影的子光束的前面，并且所述透镜包含折射率取决于所述偏振方向的高度双折射材料（例如，方解石），则当第二DMD被朝向观看者成像时，可以产生几个不同的光束焦平面。该不同的焦平面可以具有唯一的图像内容，因为较小的子像素与所述第二DMD的较大的物理像素被分开地调制。使用较大的像素矩阵作为公共投影源允许所述多个焦平面被投影到相同的方向，这有助于每个深度层的像素对准。除了偏振特征之外，所述像素可以包含例如全息涂层或衍射凹槽，其可以改变光束发散度和/或方向，以使得LF投影设备的投影透镜能够在所述深度方向上生成连续焦平面。也可以采用其它光学器件。

[0162] 图15描述了根据一些实施例的DDMD-LFIE 1500的示例结构的示意性表示。该DDMD-LFIE 1500的基本结构可包括具有光源1510（例如，RGB LED或一个或多个激光二极管）和照射光学器件的光引擎1505。该光引擎1505生成被引导到第一DMD组件1515的光束。组成该第一DMD 1515的微型反射镜可充当图像像素，并且该第一DMD将入射光反射到第二DMD组件1520或光阱1525，这取决于在该特定时间所需的图像内容。透镜1530位于两个DMD之间，其将第一DMD 1515的像素成像到第二DMD 1520上，从而有效地将第一DMD 1515的像素映射到第二DMD 1520的顶部上。当第二DMD 1520的微镜扫过其角度范围时，其将图像向前反射到略微不同的角度方向。所述第一DMD 1515具有比第二DMD 1520更多的像素，并且由于第一反射镜矩阵被成像在第二反射镜矩阵的顶部，所以有可能在第二DMD 1520的较大像素内部生成可单独寻址的像素的子矩阵。所述第一DMD 1515以比第二DMD 1520更快的速率调制更小的像素，使得当第二DMD 1520像素被以更慢的速度扫过所投影的图像1535的FOV 1540时，可以将不同的子矩阵投影到不同的投影方向。

[0163] 所述第二DMD 1520的物理特性不同于第一DMD 1515的特性。所述DDMD-LFIE的示例性实施例要求对第二DMD微镜的扫描角度的精确控制，而不是具有在现今可用的大多数DMD组件中发现的仅仅开关状态。这种控制可以使用精确的定时电路来协调所述微镜的动态与第一DMD的定时来实现。可以使用低于1000Hz的相对较慢的刷新速度，因为反射镜倾斜

动作仅需要足够快以用于人POV现象。

[0164] 高光引擎照射输出对于明亮的光照条件和最一般的使用情况是最佳的。由于所述DMD组件可以承受非常高的光强度,所以可以单独地针对使用情况来优化所述光引擎的最大功率水平。如果环境光照水平高和/或如果期望更大数量的视图,则可能期望更高功率的组件。在一个实施例中,在确定一个或几个观看者的位置时,可使用头部或眼睛跟踪,所述发光光束的切换可被同步到所述DMD,使得所述图像仅被投影到必要的方向,从而使得可以节省能量。所述DMD组件可以继续其标准移动,并且所述光引擎被接通和关断。在第一DMD像素用于颜色生成的实施例中,可以用单个高能量白色LED来制造所述光引擎。由于一些发射光被所述滤色器吸收,所以照射效率较低。

[0165] 一个示例DDMD-LFIE设计支持仅在水平方向上的多视图光场。然而,在一些实施例中,一行主DMD被成像在第二DMD的顶部上,而不是仅单个第一DMD。在这样的实施例中,当多个主DMD的不同空间位置被变换到不同的角度方向时,有可能也将不同的图像投影到多个垂直方向。在这种情况下,所述DMD微镜倾斜角和组件尺寸限制了可被并排定位并成像到辅助DMD上的主DMD的数目。

[0166] 在利用所述DDMD-LFIE生成垂直视图的另一实施例中,所述第二DMD的微镜包括微光学结构(例如光栅),其将从第一DMD成像的子像素反射到不同垂直方向。当第二DMD镜在水平方向上扫过它们的角度范围时,被投影到不同垂直方向的单独的图像同时扫过不同的垂直平面。除了上述两种仅基于DDMD-LFIE的方法之外,还可以通过在光学系统级利用如本文所公开的屏幕来产生二维的唯一视图。下面结合系统级方法描述该实施例。

[0167] 图16A-16B描绘了根据一个实施例的第一DMD与第二DMD之间的各种示例放大率。图16A是第一DMD 1605、第二DMD 1610和具有1:1的放大率的成像透镜1615的图示。第一DMD图像的尺寸与第一DMD组件本身的尺寸相同。在这种情况下,第一DMD的各个像素具有与第二DMD像素的尺寸相适合的尺寸。例如,如果第二DMD具有 $30\mu\text{m} \times 30\mu\text{m}$ 的像素,并且第一DMD具有 $15\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$ 的像素,则四个较小的子像素将被成像在第二DMD的一个较大像素的顶部上。而如果第一DMD具有 $10\mu\text{m}$ 的像素尺寸,则九个子像素将被成像在第二DMD的一个像素的顶部上。

[0168] 所述第一DMD可以以不同放大率被成像到所述第二DMD上。图16B是第一DMD 1605、第二DMD 1610和具有不是1:1的放大率的成像透镜1620的图示。在图16B所示的实施例中,所述放大率不同于1:1,并且不再需要选择彼此互补的两个DMD的像素尺寸。所述图像像素尺寸可通过成像透镜放大率来调整。例如,如果第一DMD包括具有 $20\mu\text{m}$ 像素的4K矩阵(4096×2160),则其可通过使用具有1:0.75的放大率比的成像透镜而被成像在具有全HD分辨率(1920×1080 像素)和 $30\mu\text{m}$ 的像素尺寸的第二DMD的顶部上。所述第一DMD的 $20\mu\text{m}$ 像素将具有 $15\mu\text{m}$ ($20\mu\text{m} \times 0.75$)的图像尺寸,由此得出结论,四个较小的像素图像可被映射在第二DMD的全HD矩阵中的单个像素的顶部上。在一些光学布置中,例如如果光引擎能够产生极其良好的准直光束且用第一DMD进行的图像调制可一直维持在到第二DMD的表面的所投影的光束中,那么可完全省略成像透镜。然而,所述DMD之间的成像透镜增加了有益的设计和组件选择灵活性。

[0169] 所述第一DMD被成像为沿着成像光学器件轴方向离开第二DMD表面的精确位置一小的空间偏移。这允许DDMD-LFIE使用第二DMD进行像素图像位置扫描。如果没有所述小的

空间偏移,所述第二DMD倾斜反射镜将不能产生虚拟像素位置的足够移位。在没有偏移的情况下,所述投影透镜将把像素重新成像到几乎完全相同的位置,尽管有不同的反射镜倾斜角。合适的空间偏移取决于所述第二DMD反射镜大小和成像光学器件数值孔径(NA)。如果所述偏移太大,则所述第一DMD反射镜的图像将在第二DMD微镜孔径外部模糊,从而引起像素之间的串扰。利用较大的第二DMD像素和较小的成像光学器件NA,可以使所述偏移距离更长,从而导致当所述第二DMD反射镜倾斜时,虚拟像素位置存在更大偏移。在图20A-20B中示出了示例设计,如下所述。

[0170] 图17描绘了根据一些实施例的LF投影仪设备1700的示例结构的示意性呈现。所述LF投影仪设备1700可包括DDMD-LFIE 1705和投影模块1740。所述DDMD-LFIE 1705可以包括光引擎1710、第一DMD1715、第二DMD 1720和光阱1725。所述投影模块1740可以包括投影光学器件1745(例如,透镜)和角度扩展元件1750。所述投影光学器件1745可以包括投影透镜,以将所述DMD所创建的图像投影到观看表面。所述投影光学器件1745还可以使用中继透镜,该中继透镜用于将不同的LF图像组合成中间虚拟光场图像,该中间虚拟光场图像然后更容易利用合理的投影透镜设计而投影到观看表面。所述角度扩展微光学元件1750可以用在投影模块1740中以扩展FOV(1755),并且从较短距离投影较大的图像。

[0171] 图18描绘了根据一些实施例的采用LF投影仪设备1805(诸如图17中描绘的、在图18中部分再现的设备)和透射背投屏幕1820的示例LF投影系统的示意性表示。为了在整个光学系统中为多个观看者使用包含所述DDMD-LFIE的所述LF投影仪设备,可以使用投影屏幕1820。该屏幕1820可以包括角度调整元件1825、聚焦透镜元件1830、光漫射元件1835和透镜片1860。

[0172] 由DMD 1810和1815产生的一组LF子图像以稍微不同的角度从所述投影仪设备1805投影到所述屏幕1820上。所述屏幕1820具有角度调整元件1825,其将每个子图像的传播方向转向主观看方向。该元件可以是例如模制的塑料菲涅耳透镜或具有浮雕微棱镜的箔。可以使用单独的聚焦元件1830来使像素在凸镜状透镜片1860后面聚焦。该聚焦元件1830可以是例如模制的微透镜阵列或具有衍射结构的浮雕箔。聚焦也可以由所述投影仪设备1805内的投影透镜来执行(参见图17的相关讨论),并且在一些情况下,可以不需要屏幕中的聚焦元件1830。光漫射元件1835可以使所成像的虚拟像素矩阵均匀,并帮助减少(i)与角度调节和聚焦元件特征(例如,填充因数)相关的图像伪像,以及(ii)不同投影子图像之间的微小不连续性。当对于特定使用情况仅需要水平视图时,一些屏幕光操纵元件可以是单向的(例如,凹槽)以降低成本,但是如果使用水平视图和垂直视图者两者,则所述屏幕结构应当类似地是二维的。在一个实施例中,所述不同屏幕元件的所有光学功能可以集成到一个全息/衍射片中。该片可以被制成灵活的,以用于特定的现实世界场景。

[0173] 如图18所示,观看者(1880A-1880E)可以看到所述屏幕1820的前部(例如,凸镜状透镜1860)。所述凸镜状透镜1860可以类似于在标准多视图自动立体系统中使用的凸镜状透镜结构而起作用。凸镜状透镜片后面的像素行的图像(例如,DMD像素行1812和1814的图像1840和1845)表现为光场像素(LFP),其类似于标准多视图设置中的一组LCD显示子像素。当所述透镜片1860的各个凸镜状透镜(例如1865和1870)将空间上分离的虚拟像素投影到观看者前方的观看空间时,可创建不同的观看方向。当所述DDMD-LFIE用于为投影像素产生多于一个焦平面时,该像素焦平面的不同深度位置被变换到投影光场中的不同虚焦平面

(例如,第一虚焦平面1850和第二虚焦平面1855)。这在图18中被描述,其中在第一DMD 1810顶部上的第一像素行1812被成像在前微透镜片1860后面作为一行虚拟像素1840,其然后被透镜片1860朝向观看者(1880A-1880E)投影,从而创建第一虚拟焦平面1850。以类似的方式,在此示例中与第一DMD 1810上的像素行1812交错的第二像素行1814被成像(1845)到所述屏幕的前透镜元件1860后面的另一深度位置。因为第二像素行1814的图像1845的深度位置比第一像素行图像1840更远离透镜元件1860,所以在第一虚拟焦平面1850和屏幕1820之间的观看者空间内产生第二虚拟焦平面1855。

[0174] 图19描绘了根据一些实施例的可以与图18的LF投影系统一起使用的示例颜色组合方法的示意性表示。该示例颜色组合方法示出了在LF光学系统级别使用双DMD结构的替代方式。如图19所示,子像素矩阵用于将不同颜色组合成若干全色图像。光引擎1910仅包含一个高功率白色照射LED,而第一DMD组件1915具有多个微镜,这些微镜覆盖有仅反射三原色的红色电介质滤色器、绿色电介质滤色器和蓝色电介质滤色器。由于第一DMD 1915上的三个相邻的有色“像素”(例如,红色“像素”1920A、绿色“像素”1920B、和蓝色“像素”1920C)被成像在第二DMD 1925上的单个较大的微镜的顶部上,所以这些颜色都被第二DMD 1925上的共享像素同时投影到相同的方向。另一组子“像素”1922A-1922C可类似地操作。位于第二DMD 1925前面的投影透镜将所述子像素准直成在不同位置处击中投影屏幕1930的分离的光束。所述投影屏幕1930的第一部分(例如,分别为角度调整元件1935、聚焦元件1940和漫射元件1945)将所述光束聚焦回到一行像素中。在该过程中,其将各个颜色的光束引导到相同的空间位置,从而在所述透镜片后面形成一行全色像素1950。通过使用物理光学结构(例如,棱镜、衍射结构等)或借助于颜色渲染方案,可实现将三个颜色像素组合成一个全色像素,其中以略微不同的时间间隔激活不同颜色的子像素,并且第二DMD 1925微镜的平衡角运动使得所述子像素图像在屏幕1930附近重叠。然后,这些全色像素图像充当所述前透镜片1955后面的图像生成元件(LFP)。在显示平面的方向上,每个虚拟像素位置被转换成从所述屏幕投影到一个观看方向的角度。当第二DMD 1925扫描通过其角度范围时,其也扫描通过不同的投影屏幕位置,且可形成到多个观看者(1980A-1980E)的全光场图像。

[0175] 根据一些实施例,图17的LF投影仪设备可以与如关于图11所示的反射性前投影屏幕一起使用。

[0176] 在一些现有多视图系统中,子像素的数目以及与其一起的投影方向的数目被固定到显示器(例如,LCD面板)中可用的像素的数目,并且受其限制。在这里提出的基于DDMD-LFIE的投影仪系统和方法中,所述DMD的快速调制反射镜矩阵在凸镜状结构后面产生更密集的“虚拟”显示。可以以多种不同的方式同时应用时间复用(例如,第二DMD微镜的角度扫描)和空间复用(例如,第一DMD像素的调制)。LF系统空间和角度分辨率要求对于不同尺寸的屏幕、用户数量、亮度等级等而言是不同的,并且从根本上与特定的使用情况相关。例如,相同的投影仪设备可以用于向坐在离屏幕1m距离处的单个用户或者向站在离大的投影画布5m距离处的一组人示出3D光场图像。这两种使用情况之间的改变可以涉及选择不同尺寸的屏幕并输入屏幕尺寸、分辨率目标等的相应设置。

[0177] 3D LF图像渲染方案取决于针对用例和硬件所选择的参数。可以通过改变渲染设置(而不需要改变硬件)来进行系统级性能参数之间的一些可能的折衷。这是因为不同的光学功能由不同的组件执行。一个示例性的折衷情况是在空间分辨率和唯一视图数量之间。

如果更多的第一DMD像素被成像在第二DMD镜的顶部上,则有可能同时投影更多的唯一视图或焦平面,但是以降低的空间分辨率为代价-在第一组件中可用的像素总数是有限的。当第二DMD镜扫过它们的路径时,所述第一DMD可以同时以不同的速率被调制,允许通过改变用于微镜组件的控制信号来交织。上下文自适应渲染方法可以用于改进例如图像亮度和/或功耗。此外,各种实施例可将超分辨率算法应用于所述渲染方案以便增加空间分辨率,否则所述空间分辨率将受DMD矩阵及成像系统的性质限制。

[0178] 从观察者的角度来看,所述DDMD-LFIE和投影光学器件可以位于屏幕后面以用于所透射的图像,或位于屏幕前面以用于所反射的图像。背照式屏幕使得可以创建“投影TV”式设备,其使得所有必要的组件在一个封装中,而前照式屏幕使得产品能够更接近家庭影院系统的显示布置。这里阐述的屏幕设计可以扩大或减小DDMD-LFIE产生的光场的角度范围,以便使3D图像从更大或更小的角度可观看。这种屏幕可以例如由具有不同焦距的两个微透镜或小透镜组件构成。该透镜结构可以被安装为使得它们之间的距离等于它们的焦距之和。

[0179] 当所述第二DMD微镜连续扫过角空间时,所述DDMD-LFIE产生非常密集的光场。3D场景的感知可要求至少两个不同的视点被朝向观看者投影,每只眼睛一个视图。所述示例DMD设备能够具有非常高的刷新频率,并且所反射的图像可以被连续地投影到观看空间。在一些实施例中,所述系统将多于一个图像投影到一个观看者的瞳孔。在这样的实施例中,人足够接近所述屏幕并且DMD刷新频率是足够的。这些实施例满足“超多视图”条件,并且可以向观看者提供更自然的观看体验。如前所述,所述DDMD-LFIE也可用于产生多于一个焦平面,这将使得能够实现距观看者不同深度距离处的虚像以及更自然的视网膜聚焦提示。

[0180] 对第二DMD微镜刷新率的要求是相当低的,因为该组件仅用于在整个投影屏幕上扫描由第一DMD产生的图像。如果显示器刷新率为~60Hz,人眼就可以看到无闪烁的图像。该数字可以用作第二DMD刷新率的最小值,第二DMD每秒扫过显示表面60次以便产生连续视频图像的外观。然而,在大多数实施例中将采用稍微更快的速率来创建用于颜色渲染的时间。当然,这可以根据所选择的渲染方案来调整。60Hz是用当前DMD容易实现的。为了控制微镜角度扫描,在一个实施例中,高频控制电子器件连接到DMD。在一些实施例中,反射镜倾斜角可以与第一DMD组件同步。在另一实施例中,可以以步进方式应用所述倾斜,其中第二组件微镜停止在极端倾斜角之间的中间位置。

[0181] 所述第一DMD组件可以具有比所述第二DMD更快的刷新速率。所述第一DMD可以用于调制投影屏幕附近的虚拟像素。唯一的观察方向的数量和可实现的空间分辨率取决于所述图像相对于所述第二DMD的扫描循环的周期而被调制的速度。

[0182] 图20A描绘了根据一些实施例的用于全3D LF投影系统中的示例DDMD-LFIE。在该示例投影系统中,在该示例中的目标屏幕尺寸对应于26”监视器(未示出),并且屏幕表面上的目标空间分辨率是HD就绪的(例如,1280×720像素)。该系统使用两个DMD(2010,2015)组件和产生白光照射的光引擎2005。所述第一DMD 2010微镜被覆有单独的滤色器,并且像素在被照射时,反射红、绿和蓝光。透镜2020在第二DMD 2015的顶部上成像所述第一DMD2010,所述DMD 2015然后穿过一角度范围扫描所述像素图像。位于第二DMD 2015之后的中继透镜2025产生所述像素矩阵的中间图像,其然后可以用单独的投影透镜而被成像到屏幕上。该中间图像平面2030是所述DDMD-LFIE模块和投影模块之间的接口。

[0183] 单个观看者位于距屏幕1m的距离处。所述屏幕以背投方式将所述DDMD-LFIE和投影光学器件产生的多视图图像导向所述观看者。相同3D内容的来自不同观看方向的多个图像被引导到所述单个用户的观看区域,并且该用户能够看到3D立体图像。示例性渲染方案可以用于创建所述多视图全色图像。

[0184] 所述第一DMD 2010可以具有4K微镜矩阵(例如,3840×2160像素)其具有3μm间距,而所述第二DMD 2015可以具有720p高清晰度(HD)矩阵(例如,1280×720像素),其具有9μm像素间距。所述第一DMD组件2010的九个微镜的阵列被成像在第二DMD 2015中的一个单个微镜的顶部上。所述反射镜矩阵的表面面积相同(11.52mm×6.48mm),因此该示例成像透镜产生1:1的放大率。这可以例如用焦距为~67.50mm和孔径直径为~40.10mm(f#2.5)的透镜来实现,该透镜位于距两个DMD组件~100mm的距离处。为了给所述光引擎和光阱提供空间,所述第一DMD相对于所述成像透镜的光轴倾斜22.5度。所述第二DMD以相同的幅度角倾斜,但是方向相反。这确保了第一DMD的倾斜图像平面平行于所述第二DMD的表面,并且较小的像素被精确地映射到较大的像素的顶部上。而且,所述图像平面位于距所述反射镜矩阵表面~15μm的标称距离处,以便能够利用所述较大反射镜的倾斜动作来偏移所述较小像素的表观(apparent)位置。这在图20B的即将到来的描述中进一步讨论。

[0185] 所述第一DMD被光引擎来照射,该光引擎包括单个高亮度白光LED和光准直光学器件。所述光引擎产生覆盖整个微镜矩阵表面区域的照射光束,并且具有至少0.21的NA值,以便能够填充两个DMD之间的成像透镜(f#2.5)的整个孔径。根据图像内容,±11.25度的微镜倾斜角将反射光束引导到成像光学器件的孔径或光阱2007。

[0186] 位于所述第二DMD之后的中继透镜产生所述像素矩阵的中间图像,然后该中间图像被用投影透镜将其重新成像到屏幕上。在该示例系统中使用的中继透镜具有~10mm的焦距,所述第二DMD被定位为距所述中继透镜100mm,并且所述中间图像距所述中继透镜50mm,产生1:0.5的放大率比。所述中间图像位于现在与中继透镜的光轴倾斜~11.3度的虚拟平面上。这种倾斜的表现是因为第二DMD表面也倾斜。该图像平面可以用作DDMD-LFIE模块和投影模块之间的接口。相同的DDMD-LFIE可以与不同类型的投影透镜一起使用,以便创建不同类型的LF投影系统。在一个实施例中,包含所述DDMD-LFIE模块和投影模块的LF投影设备包括用于适于不同使用情况的可互换投影透镜的安装选项。这是可能的,因为所述中间图像平面已经包含了全3D光场图像信息。

[0187] 图20B描绘了根据一个实施例的图20A的第二DMD的放大视图。它提供了在距第二DMD 2015表面15μm距离处的第一DMD图像焦点2050的特写视图。该图像平面位于距所述反射镜矩阵表面~15μm的标称距离处。这导致较大反射镜的倾斜动作使较小像素的表观位置偏移。没有这个小距离,第二DMD 2015反射镜倾斜将不会引起第二DMD反射镜2015中心处的第一DMD镜的镜像虚拟位置的足够移动,因为它们将太靠近旋转轴。所述中继透镜和投影透镜将所述虚拟像素成像到所述屏幕上完全相同的位置。这不适用于成像到第二DMD 2015反射镜的边缘的第一DMD微镜,因为当较大反射镜围绕其中心定位的轴倾斜时,在图像和反射镜之间总是存在一些距离。该距离随着第二DMD发射镜2015倾斜而改变,但是由于反射镜是平坦的和完全反射的,所以不影响光学质量。所述第一DMD图像2050和第二DMD 2015表面之间的距离如此小以至于在第二DMD 2015反射镜顶部上出现的图像模糊不会过分影响像素映射,只要光引擎照射和成像透镜的数值孔径(NA)保持足够小。对于该特定实施例,合适的

NA在 ~ 0.21 的范围内。

[0188] 图21描绘了根据一些实施例的图20A的DDMD-LFIE以及对应于各种第二DMD 2115倾斜量的虚拟图像。所述DDMD-LFIE被描述为处于光学功能的三个不同阶段。当第二DMD 2115微镜倾斜通过它们的角度范围时,第一DMD 2102微镜的虚拟位置(2104,2106)改变。在极端位置,倾斜的光束可填充中继透镜2135的整个孔径。所述中继透镜2135将不同的虚拟位置成像到图像平面2150,并且图像像素的空间位置与倾斜角(2104,2106)相对应。这使得可以利用第二微镜2115旋转而通过小的距离来扫描图像像素位置。在所呈现的示例中, ± 12 度的反射镜倾斜使得(在中间图像平面中)一个子像素位置扫描通过三个并排子像素的范围。

[0189] 图22示出了根据一个实施例的图20A的DDMD-LFIE、投影透镜和投影屏幕。除了所述DDMD-LFIE之外,示例性全3D LF显示系统使用投影透镜和屏幕。图22示出了一个示例投影系统的示意图和几何结构。DDMD-LFIE产生一系列图像,这些图像利用投影透镜从中间图像平面而被向前成像到投影屏幕。当由图像引擎产生的图像平面倾斜时,所述投影透镜的光轴相对于中继透镜光轴倾斜。然而,微图案化漫射器或角度倾斜元件可以被定位在此成使所述光学路径变直。如果所述投影透镜具有 ~ 10 mm的焦距,则从第一DMD到屏幕可实现来自所述DDMD-LFIE和投影透镜组合的大约50:1的总放大倍数。这意味着从1m的距离,投影图像可覆盖 $576\text{mm} \times 324\text{mm}$ 的区域,这对应于一26"监视器。图22中的屏幕具有500mm焦距的菲涅耳透镜,其将投影光束重新聚焦到所述屏幕前方1m的距离。位于该距离的单个观看者将看到跨越 ~ 32 度的水平FOV的图像。

[0190] 图23描绘了根据实施例的图22的投影屏幕的结构和几何形状的示意性呈现。

[0191] 所述投影屏幕包括三个主要部分:将多视图图像引导到观看者位置的菲涅耳透镜、在垂直方向而不是水平方向上漫射所投影的图像像素的全息漫射器、以及在水平方向上将所述像素图像投影到不同角度的凸镜状片。所有这些组件可以被制成非常平坦的,并且被堆叠以形成可以具有低于10mm的总厚度的屏幕。该系统仅用于单个用户,因为LF图像被从所述屏幕投影到该屏幕前面的特定观看窗口。由于本示例中的第二DMD不具有用于垂直方向的辅助扫描元件,所以仅在水平方向上生成相同3D场景的多个视图。

[0192] 图24A-24B示出了根据一个实施例的当图像被投影到图22的投影屏幕上时引起的衍射。在光学系统的总放大倍数为50:1的情况下,单个第一DMD像素将在几何上作为直径 $\sim 150\mu\text{m}$ 的光斑(spot)而被成像到所述屏幕上。然而,衍射稍微模糊了该光斑的边缘(外部尾端),如图24A所示。通过使用所述的 $f\#2.5$ 成像系统,绿光(550nm)的艾里斑半径为 $\sim 80\mu\text{m}$,并且所成像的光斑的半高全宽值为 $\sim 220\mu\text{m}$ 。对于蓝色(450nm)像素,光斑尺寸略小,因为艾里斑半径为 $\sim 60\mu\text{m}$,而对于红色(650nm)像素,光斑尺寸较大,因为艾里斑半径为 $\sim 100\mu\text{m}$ 。相邻像素将以 $150\mu\text{m}$ 的间距而被成像到屏幕上,这意味着在光斑之间将存在一些重叠,如图24B所示。当第二DMD微镜以 ± 12 度的角度倾斜时,屏幕上单个光斑的中心位置将偏移 $\pm 150\mu\text{m}$ 。这意味着,在屏幕上,在 $\sim 450\mu\text{m}$ 的宽度(相当于三个并排像素的组合宽度)上,单像素图像是可扫描的。屏幕前面的微透镜(凸镜状片)具有0.45mm的间距,从而覆盖三个相邻像素的范围。这些透镜形成了能够将像素图像投影到不同方向的投影仪单元结构(或LF像素)。576mm宽的显示器将在水平方向上并排具有1280个这样的投影仪单元。这将使所呈现的光学系统对应于具有 1280×720 LF像素的26"HD就绪显示器。

[0193] 在这个现实世界的例子中,像素图像作为 $\sim 0.004\text{NA}$ 和直径 $\sim 220\text{nm}$ 的良好准直光束而被投影到屏幕微透镜孔。在图23所示的示例屏幕中,微透镜焦距为 4.5mm ,并且像素光束以 $\sim 3^\circ$ 的发散角被从屏幕微透镜孔径中投射出。在离屏幕 1m 的距离处,从单个像素产生的光束将具有 $\sim 57\text{mm}$ 的最大宽度。从凸镜状屏幕后面的单个位置投影的单个像素仅可以在该水平观看窗内被看到。由于平均人瞳距为 $\sim 64\text{mm}$,从屏幕向单个方向投影的单个像素将一次仅对一只眼睛可见。当第二DMD微镜扫描 $\pm 12^\circ$ 角范围时,所投影的像素图像将在微透镜后面偏移,并且在屏幕前面 1m 距离处的单个像素观看窗口将从中心位置偏移 $\sim \pm 30\text{mm}$ 。所述单个波束宽度与扫描范围所涵盖的总角度范围为 $\sim 6^\circ$ 。这意味着可以在具有 $\sim 100\text{mm}$ 水平宽度的总观看窗口内观看单个像素的图像。该宽度可以容易地包含单个观看者的双眼,并且其形成所述总观看窗口。通过将来自相同3D内容的两个不同图像分别投影到两只眼睛来形成立体3D图像。所提出的系统和光学方法通过可以在双眼的宽度上被扫描的受限单像素观看窗口来实现这一点。

[0194] 在一个实施例中,使用在第一DMD微镜的顶部上处理的滤色器(例如,电介质薄膜)来执行用于本系统的全色图像渲染方法。在白色LED照射下,三种不同的颜色(红、绿和蓝)被从反射镜反射。不同的滤色器在水平矩阵方向上在并排连续微镜上被处理。在垂直方向上,所述滤色器具有不同的反射率值。作为一个示例,可将所述反射率值布置成使得如果第一像素以相对强度1来反射光,则第二像素以强度5进行反射,而第三像素以强度25进行反射。这种布置使得可以例如仅使用白色LED的两个不同的照射强度水平来从具有 3×3 像素的有色阵列创建1、2、5、10、25和50的相对强度值系列。以类似的方式,四个不同的LED强度水平(1x, 2x, 3x, 4x)能够用于创建高达值310($1+5+25=31$; $1*31+2*31+3*31+4*31=310$)的相对强度序列。这意味着当通过在正确的时间以正确的顺序激活正确的第一DMD像素来组合这些强度间隔时,屏幕上单个LF像素的出现可以在310个不同的强度等级和三种不同的颜色之间切换。

[0195] 这里描述的基于硬件的渲染方案教导了:如果光引擎被配置成与第二DMD移动同步地背靠背产生四个不同的照射水平,则可以利用四个第二DMD反射镜扫描(或两个来回扫描)来创建全24位彩色图像。所述第二DMD的合适扫描频率是 120Hz (两个微镜在极值之间来回倾斜)。该频率为人眼创建无闪烁图像,并且在POV时间框架内组合不同的颜色。如果在第一DMD有色子像素微镜的连续激活之间引入 $\sim 2.1\text{ms}$ 的时间延迟,则第二DMD反射镜水平扫描动作将导致不同颜色的子像素图像在中间图像平面上和在投影屏幕上重叠,从而产生全色虚拟像素。可以用 240Hz 的频率在四个强度级别之间调制所述白色LED,以便使其与第二DMD组件同步。这两个频率值都在当前可用组件的工作范围内。

[0196] 在系统使用多视图渲染方案的实施例中,屏幕凸镜状透镜后面的虚拟像素的扫描移动被用来生成多个唯一2D图像,该图像被投影到从所述屏幕的略微不同的观看角度。由于这些2D图像的每个像素都是从单个LF像素投影的,因此它们都具有与投影仪单元结构(1280×720)相同的空间分辨率。当在时间上组合三个颜色的子像素时,第一DMD的较高分辨率对于用户是不可见的。在水平方向和垂直方向,屏幕漫射体表面有助于不同反射子像素强度值的整合。

[0197] 当所述微镜倾斜动作使用时间复用时,系统不再受所述DMD的空间分辨率的限制。考虑到人类视觉系统视觉暂留(POV)现象和用于颜色渲染的LED强度调制,可以利用所述示

例DDMD-LFIE生成的独特视图的数量由可以利用所述第一DMD进行的图像调制循环的数量确定。一种当前存在的具有33kHz二进制帧率的DMD组件是德州仪器DLP7000。利用该组件,相同场景的多达138 ($33000\text{Hz}/(4(\text{扫掠}) \times 60\text{Hz})$) 个不同2D视图可被投影到单个用户观看窗口,并且其在指定的1m观看距离处可被填充有彼此仅空间偏移 $\sim 0.7\text{mm}$ ($100\text{mm}/138$) 的视图。这意味着在人类视觉暂留时间框架内,至少2个不同的视图可以被投影到单眼的瞳孔(最小直径2mm)中,满足单个用户的SMV条件。

[0198] 几种不同类型的渲染方案可以与所提出的显示结构和光学方法一起使用。根据所选择的渲染方案,所实现的显示设备可以是具有非常密集的角视图网格的多视图显示器或者是具有多个视图和焦平面的真实光场显示器。

[0199] 在多视图渲染方案中,每个LF像素投射来自相同3D场景的每个2D视图的一个像素。在这种结构中,LF像素由投影在屏幕的前透镜片中单个透镜附近的DMD像素图像形成。单个LF像素中的可用子像素的数目(以及所生成的视图的数目)取决于例如屏幕设计(单个透镜大小)、DMD像素的数目以及第一DMD可实现的调制速度。在该渲染方案中,一个2D方向图像中的所有像素都是利用LF像素内的相同相对位置处的虚拟子像素来创建的。例如,所有右上角LF子像素都被投影到位于显示中心左下角的视图。通过与第二DMD的角扫描动作同步地调制图像,可以使多视图图像场更密集。当第一DMD以非常快的速率调制较小的像素时,由于由第二DMD投影的像素行扫过FL像素孔径,所以可以在没有空间限制的情况下创建屏幕LF像素的虚拟子像素。由于对于每个虚拟子像素深度层将仅存在一个渲染的焦平面,因此该渲染方案单独将不能为眼睛提供正确的聚焦提示。然而,由于渲染将仅要求小角度间隔的一系列2D视图,所以该方案将更直接地实现。由于硬件可以用于创建屏幕附近的多于一个的虚拟子像素深度层,所以还可以在观看空间中生成多于一个的焦平面,并且利用这种基于硬件的方法来提供深度提示。

[0200] 在第二要求更高的真实LF渲染方案中,目标是创建若干焦点或平面,以供(一个或多个)观看者在物理显示表面的前面或后面除了多个观看方向之外进行观看。在该实施例中,所述硬件不必能够提供所述多个焦平面,因为它们是纯粹通过渲染方法而被创建的。这可采用与多视图情况下讨论的方法相比不同的渲染方法,因为将为每个3D对象点或体素生成至少两个投影光束。对于显示器和观看者之间的所有体素,会聚光束应当在显示器前面以正确的体素距离交叉。类似地,比观看者更靠近显示器定位的体素具有在该显示器后面虚拟交叉的波束对。在3D对象像素正好在显示表面处的情况下,可以仅使用一个光束。(至少)两个光束的交叉能够产生不是仅在显示表面的焦点(或平面)。换句话说,所述光束可以产生期望的真实光场。

[0201] 因为真实LF渲染可能涉及繁重的计算,所以3D数据可以被过滤/裁剪到某些离散深度层,其对于观察者的视觉系统而言足够接近以具有连续3D深度体验。基于估计的人类视觉系统平均深度分辨率,覆盖从50cm到无穷大的视觉范围将花费大约 ~ 27 个不同深度层。这些深度层可以根据距离而在时间上顺序地被显示,或者它们可以基于图像内容被混合和适配。也可以在设备中主动地检测观察者位置,并且体素仅被渲染到所述观察者所处的那些方向。对于这个任务,可以采用通过在显示器结构周围或其中的相机的近红外(NIR)光的主动观察者眼睛跟踪。在这种渲染方案中,可利用控制软件创建多个焦平面,并且通过相应地配置软件,可以基于需要而增加或减少平面的数量。从硬件的角度来看,限制深度平

面的数目的主要因素是第一DMD的刷新率和通过DMD像素尺寸、设备投影透镜、屏幕透镜片单透镜孔径尺寸和透镜片光学质量的组合可实现的单光束准直的质量。

[0202] 所提出的光学方法可以应用于具有不同数量的像素的许多不同尺寸的显示器。关于正确的渲染方案的选择取决于硬件限制和使用情况。例如,在良好照射区域中的墙壁大小的广告显示器中,高光强度意味着屏幕透镜片后面的单个虚拟像素可以在延长的时间段内处于打开状态,以便提供更高的亮度。这可能导致更大的虚拟LF子像素,因为第二DMD扫掠动作将像素图像散布在更大的区域上,并且从屏幕出来的投影光束可能具有太大的光束发散,以致于真实的LF渲染方案不能正常工作。显示器可能需要仅从远距离由多个同时的观看者观看。在这种情况下,多视图渲染方案将更合适,因为观看者和显示器之间的长距离意味着观看者的深度感知将不太准确,并且密集多视图显示器可以足够好地创建3D效果。另一个示例是用非常密集的虚拟像素层创建的用于单个用户的较小显示器。所述虚拟层可以包括大量具有较低光强度的非常小的像素。在这种情况下,可以利用更复杂的、真实的LF渲染方案。空间分辨率可能是足够的,并且可以针对单个用户方向和眼箱计算大量焦平面,而不需要过大量的计算能力和数据传输速度。

[0203] 关于空间/角度分辨率和深度分辨率,发现了与真实LF渲染方案和光学硬件这两者相关联的一种性能折衷情形。给定有限数目的DMD像素和切换速度,必须选择是以较低数目的焦平面为代价来强调高空间/角分辨率,还是以更像素化的图像为代价来具有更多的焦平面以获得更好的深度效果。相同的关系适用于系统级的数据处理,因为更多的焦平面需要更多的计算和更高的数据传输速度。随着对象进一步远离,人类视觉系统自然地压缩深度信息,因为深度分辨率对数性地降低。同时,随着图像平面进一步远离,眼睛仅可以分辨更大的细节。这使得可以设计在离观看者的不同距离处产生例如不同像素分辨率的渲染方案,从而降低了图像渲染的处理要求。所有这些讨论的与渲染方案有关的折衷方案可以进一步基于所呈现的图像内容、启用例如较高分辨率或图像亮度而被适配。

[0204] 为了渲染全彩色图像,可以组合三种不同颜色的像素。如先前章节中所述,这里所述的光学系统可以用于该目的。然而,在一些情况下,硬件属性可能对该过程施加限制,并且使用另一颜色渲染方案。一种方案是通过在彼此略微不同的时间在略微不同的位置激活不同颜色的子像素,将第二DMD微镜的扫掠移动用作附加的优点。如果正确地选择了红色、绿色和蓝色像素激活之间的时间间隔,则所述反射镜具有刚好足够的时间倾斜到所有三个颜色像素都被投影到相同方向的位置。通过空间分离的子像素的同步顺序激活来抵消/平衡所述反射镜的所述扫掠运动。可以通过时间复用在投影仪屏幕LF像素中组合所述多种颜色,这在不同颜色图像投影之间引入了小的和不可忽视的时间间隙。

[0205] 在一些实施例中,可以存在一种方法,该方法包括:在光引擎处生成光源,其中所述光源入射在反射元件的第一单独可控像素矩阵上;调制所述第一单独可控像素矩阵以将入射光重新导向反射元件的第二单独可控像素矩阵或光阱;调制所述第二单独可控像素矩阵以跨一角度范围扫掠其反射元件并且以略微不同的角度方向朝向投影模块重新引导入射光;以及经由所述投影模块将所述入射的调制光朝向各个方向投影。该方法可包括其中所述光引擎包括RGB LED、激光二极管(一个或多个)和照射光学器件中的一个,并且被时间调制以渲染各种RGB颜色组合。该方法可包括其中所述光引擎产生白光源。该方法可以包括其中所述第一像素矩阵被调制以与所述扫掠所述第二像素矩阵中的反射元件的角取向同

步。该方法可包括其中第一像素矩阵具有比第二像素矩阵更多的像素,并且第一像素矩阵被成像在第二反射镜的顶部上以在第二像素矩阵的每个较大反射元件内产生可单独寻址的子像素的子矩阵。该方法可以包括其中第二像素矩阵使用时间和空间复用的组合而将不同的子矩阵投影到不同的方向。该方法可以包括其中所述第一像素矩阵以比第二像素矩阵更高的频率被调制。所述方法可以包括其中所述第一和第二单独可控像素矩阵是数字微镜器件(DMD),并且其中:所述第一DMD具有比所述第二DMD更大的分辨率和调制频率;并且第二DMD具有对较慢调制扫掠角的精确时空控制。该方法可以包括,其中当第二像素矩阵的反射元件以相对较慢的速度扫过所述角度范围时,第二像素矩阵将不同的子矩阵投影到不同的方向。所述方法可包含其中由所述第一DMD反射的光穿过位于所述两个DMD之间的成像透镜。所述方法可包含其中所述第一DMD以距所述第二DMD表面小的空间偏移而被成像,以在调制所述第二DMD时产生虚拟像素位置的充分移位。该方法可以包括其中所述投影模块包括反射屏幕。该方法可以包括其中所述投影模块包括透射屏幕。该方法可以包括其中所述投影模块包括透镜。该方法可以包括其中所述投影模块还包括角度扩展元件。该方法还可以包括中继透镜,其将来自所述第二像素矩阵的不同LF图像组合成中间虚拟光场图像,其中该虚拟光场图像充当双DMD光场引擎与所述投影模块之间的接口。所述方法可包含其中所述第一DMD的所述反射元件被覆盖有各种偏振膜,调制所述第一DMD进一步包含控制每一子光束的偏振方向及一双折射投影透镜,其将不同偏振方向成像到不同焦平面。该方法可以包括其中投影所述入射的调制光包括将所述入射的调制光投影到屏幕上。该方法可以包括其中所述屏幕包括角度调节元件、聚焦透镜元件、光漫射元件和凸镜状透镜片。该方法可以包括其中所述子像素矩阵用于将不同颜色组合成若干全色图像。

[0206] 在一些实施例中,可以存在一种显示3D多视图图像的方法,该方法包括:对多个颜色照射器进行同步时间调制,所述多个颜色照射器具有入射到反射元件的像素化的单独可控矩阵上的输出光,其中所反射的光变为入射到可移动反射镜组件或光阱上;所述反射镜组件以与颜色照射器调制和反射元件的所述可控矩阵同步的方式扫掠过一个角度;以及经由投影模块输出从所述反射镜组件反射的光。该方法可以包括其中图像内容以时间调制方式被渲染并呈现给所述显示设备,以便提供在多个可视窗口中显示的多个单独视图,每个窗口不大于典型的人的瞳孔间距。该方法可以包括其中图像内容以时间调制的方式被渲染并呈现给所述显示设备,以便提供要投影到具有多个可视窗口的全息屏幕的多个单独视图,每个窗口不大于典型的人类瞳孔间距。

[0207] 在一些实施例中,可以存在双DMD光场图像引擎,其包括:用于提供光源的光生成装置;图像调制装置,至少部分地由第一DMD和第二DMD执行,用于调制所述光源;投影装置,用于将来自所述第二DMD的调制光朝向各个方向发送;以及同步装置,用于协调执行所述图像调制的所述模块之间的精确定时。所述双DMD光场图像引擎可包含其中所述图像调制装置至少部分地通过在所述光生成装置处调制所述光源来实施。

[0208] 光准直反射镜的光学功能。本公开中呈现的示例实施例利用非常小的光准直反射镜。用光准直反射镜产生的光束通常对位置误差非常敏感。作为一般规则,需要的准直质量越好,系统就变得越灵敏。抛物线形状对于准直点光源通常是理想的,但是它们也具有严格的位置误差容忍度,并且易于出现非常大的离轴像差,这种像差随着例如扩展光源而发生。在一些情况下,如果需要准直光束,则可以例如以位置偏移的形式执行一些像差补偿。

[0209] 可以用许多不同的方法小规模地制造反射镜形状,并且还可以存在执行相同的基本光学功能的不同的反射镜设计。例如,一些反射镜可以具有遵循抛物线方程的传统连续形状,其中光学组件在中间比在边缘处薄得多。这种形状通常通过直接研磨和抛光玻璃或金属基材或模具来制造,所述模具然后被用于将所述形状复制到玻璃材料的塑料上。一些反射镜可以具有菲涅耳型设计,其中弯曲形状被分成不同的区域或菲涅耳环。基本思想是使组件更平坦,这对于通过复制来制造这种形状是有益的。有许多不同的复制技术能够产生光学器件中所需的精细表面质量和形状精度。例如,注塑和UV压印可用于以塑料片或甚至以辊对辊生产线在塑料箔上大量制造极其精确的光学形状。一些反射镜在宏观尺度上可以表现为完全平坦,但是可以在表面上以衍射微结构为特征,以保持相同的光束准直光学功能。存在不同的制造方法,例如电子光束光刻或反应离子蚀刻,其可以用于制造衍射光学设计中所需的纳米级结构。这些形状也可以利用例如UV固化材料复制,所述UV固化材料可以沉积在对材料具有足够粘附力的任何表面的顶部上,使得可以利用非常薄的光学结构覆盖不同的表面。

[0210] 基于反射镜的3D显示器的概述。本文讨论了基于使用小的光准直反射镜和非常小的发光元件来创建3D画面的结构和方法。在示例实施例中,所述发光元件作为稀疏阵列而被接合到透明窗口。它们产生光锥,这些光锥撞击准直反射镜,并且准直良好的光束被反射回来。由于发光组件(例如, μ LED)非常小,它们仅占据所述反射镜顶部的基板表面区域的相对小的部分,并且所述光束中的大部分光经过发射器并通过所述透明窗口离开所述结构。通过使用具有静态反射镜的成排光发射器或通过使用具有角度扫描反射镜的单个发射器,可以产生从单个反射镜朝向不同方向反射的一系列光束。当所述反射镜的尺寸足够小时,所述发射器(一个或多个)和单个反射镜可以形成一个多方向显示像素(MDP),其能够将多个良好准直的光束投射到不同的方向。在一些实施例中,通过用所描述的结构覆盖整个显示表面区域来制造一全多视图3D显示器。从单个MDP发射的单个光束在任何给定时间仅对一只眼睛可见。通过根据不同视角方向的图像内容而调制所述光发射器输出,可形成所述3D画面,且可产生一系列独特的立体视图。

[0211] 示例实施例提供了一种可以适合于移动设备使用的平坦且良好质量的多视图3D显示器。利用所提出的结构,可以比利用其它现有解决方案更容易地优化从电力到可用光的能量转换效率,这使得可以节省能量并且延长移动设备的操作时间。所述光学结构的简单性使得更容易控制在高质量光学系统中关键的组件制造链和组装公差。示例性结构还可以被制造得非常平坦,这在需要紧凑的显示器解决方案时是有益的。

[0212] 在一些示例实施例中,来自小发射器的光直接从反射镜反射向(一个或多个)观看者,而不是行进通过吸收和反射所发射的光中的一些的多个透明光学组件。当前多视图显示器中通常使用的多个微透镜、漫射器和凸镜状片组件可产生光学像差,该光学像差使发射的光束准直恶化,并且随着光束变得更加发散而降低整体显示质量,并且杂散光会引起相邻像素之间的串扰。在此描述的示例结构使用反射镜,使得可以利用其中仅一个表面被构造为高光学精度的结构来产生准直光束。

[0213] 示例方法还可以用于构建一可以在水平取向和垂直取向这两者上使用的显示结构。这个特征通常用于当前2D移动显示器中,其可以自由旋转并且适应用户的需要。所描述的图像扫描功能和渲染方案可以自然地适用于任何显示取向,而不会损失任何图像质量。

此外,所提出的利用扫描显微镜的方法能够产生非常密集的多视图画面,其满足能够实现高质量3D体验的SMV条件。

[0214] 示例性的基于反射镜的3D显示器。创建3D画面的一个示例方法是基于使用小的光准直反射镜和非常小的发光元件。图25描绘了根据一些实施例的结构的示意图,其中利用 μ LED行和静态光准直反射镜的组合产生多个定向光束。在该结构中,所述 μ LED被接合至透明基板(窗口)作为稀疏阵列2510,并且用透明导电材料制成电接触,例如目前触摸屏中常用的氧化铟锡(ITO)。基板材料(例如,窗口2515)可以是光学透明塑料,如聚碳酸酯和PMMA,或者是具有低热膨胀系数的玻璃材料,如硼硅酸盐。基板2515可以是平坦的或者包含进一步修改所发射的光束发散度、传播方向等的微光学特征。从单个 μ LED发射的光会撞击准直反射镜2520,其可例如由UV可固化材料用模具以辊对辊工艺制造,并覆盖有金属(例如铝或银)镜面。良好准直的光束从反射镜2520沿光发射器(例如,阵列2510)的方向反射回来。所述反射镜2520可以利用光吸收分隔壁2525彼此分离,这可以减少光束之间的串扰。这些壁2525可以被制成例如附接在反射镜阵列2520的顶部上的黑色塑料材料的穿孔片。

[0215] 由于所述 μ LED是非常小的组件,它们仅占据反射镜2520顶部的基板2515表面区域的相对小的部分,并且光束中的大部分光通过发射器组件并通过透明基板窗口离开该结构。若激活的 μ LED2510位于反射镜2520的光轴上,则光束传播至该光轴的方向。但是如果激活的发光组件2510处于离轴位置,则所述光束以一定角度离开该结构。对于一行 μ LED 2510,通过激活上述行中的适当发光组件,有可能生成从单个反射镜2520朝向不同方向反射的一系列光束。当所述反射镜2520的尺寸足够小时, μ LED行2510和单个反射镜2520可形成一个多方向显示像素(MDP),其能够在不同方向上投射多个良好准直的光束。

[0216] 根据一些实施例,图26中示出了可以用于创建不同方向的多个视图的替代MDP结构。扫描显微镜2620的矩阵可与定位在反射镜2620的光轴上焦距处的单 μ LED 2610的矩阵一起使用,且每一MDP仅含有一个发射器2610。光准直反射镜2620可以是直接蚀刻在平坦硅表面的顶部上并且用金属镜面涂层处理的衍射结构。可提供反射镜致动机构2630以控制每一相应反射镜的方向。反射镜致动机构2630可以是例如电热双晶片致动器,诸如先前所讨论的那些。根据一些实施例,致动反射镜结构能够在水平和垂直方向上将光束从显示表面法线投影到 ± 30 度。当显微镜2620倾斜时,可根据图像内容调制所述 μ LED 2610的强度。当与图25中呈现的先前静态反射镜情况相比时,此结构的一个益处是除了倾斜之外,有源反射镜2620还可被向上和向下移动。这使得可以补偿由光源相对于反射镜光轴的大水平偏移所引起的任何光学像差。

[0217] 在一些实施例中,通过用所描述的MDP覆盖整个表面区域,可构造全多视图3D显示器。离开光学结构的所有光束优选地被良好准直,以便限制单个光束一次仅对一只眼睛的可见性。成人之间的平均瞳距为 ~ 64 mm,这是在指定观看距离处的光束尺寸的上限。当每个单个 μ LED组件的可见度限于一次单只眼睛时,可以产生立体效果,因为通过激活适当的 μ LED(静态反射镜)或通过正确的时间激活组件(有源反射镜),可将独特的2D图像投影到不同的眼睛。如果仅使用两个图像,则它们可以利用仅对单个用户的面部区域的一半可见的非常宽的光束来产生,但是3D效果将具有较低的质量。通过利用每个反射镜多于两个发光元件而增加视图的数量和/或通过顺序地显示多于两个图像,可以提高显示器的质量。在观看窗口内部的视图越多,3D图像的幻觉就越好,因为视图之间的过渡变得更平滑,并且用

户能够通过移动他/她的头部或显示设备来“环顾”对象。这种运动是可利用手持设备很自然做出的。在使用两个 μ LED行在单个反射镜的顶部上形成十字形图案的实施例中,或者在有源反射镜在两个方向上倾斜的实施例中,也可以在水平和垂直方向上等同地产生不同视图,使得显示视图能够旋转。

[0218] 每个显示像素的光强度优选地在一定的动态范围内是可控的,以便使显示器具有良好的图像质量。有几种不同的方法可用于该目的。一种方法是连续调节流过每个发光组件的电流,从而根据图像内容来调节所述像素的亮度。另一种可能性是通过脉宽调制(PWM)数字地调节组件亮度。LED通常是可以极快地切换的组件,并且利用该方法可以容易地实现无闪烁图像的足够动态范围。还可以在结构的顶部上使用如LCD的单独光电元件,以用于像素亮度调节。LCD通过旋转两个偏振元件之间的通过光的偏振方向来调节透过每个像素的光量。通过将具有偏振器的LCD堆叠放置在基板窗口的顶部,所述发射器-微镜结构可以与该具有偏振器的LCD堆叠一起使用。所述LCD将选择性地阻挡或通过从反射镜(其被同步到针对各个观看方向的 μ LED的顺序激活)反射的光。LCD的一个缺点是它们的刷新频率相对较低,这限制了可以生成的定向2D图像的数量。这意味着基于发光元件的直接调整的图像渲染方法将是具有大量视图的显示器的优选选择。然而,附加的LCD可以提供适合于一些使用情况的替代方案。

[0219] 在倾斜微镜结构与单色光发射器一起使用的一些实施例中,可以采用附加步骤来创建颜色图像。图27为一结构的示意图,该结构可用于组合来自具有分离的红色芯片(2705)、绿色芯片(2707)和蓝色芯片(2709)的 μ LED阵列的颜色的方法中。由于不同颜色的芯片(2705、2707、2709)物理上位于不同的位置,光将从准直反射镜2720以稍微不同的方向反射。然而,在一些实施例中,通过利用反射镜2720的倾斜以补偿由空间分离引起的角度偏移,反射镜倾斜可以与不同颜色的激活同步,并且所述有色LED以小的时间间隔而被激活。这样,通过在颜色渲染方案中的不同颜色光源激活之间引入小的时间偏移,可以在所有方向上投影所有三种颜色。对于静态反射镜,不能使用该方法,而是可以用非常小的红色、绿色和蓝色 μ LED的簇(cluster)产生全色图像。在这种情况下,有色光输出被组合到一个RGB可控光源中,该光源具有例如如上所述的模制在所述簇的顶部的集成塑料元件。

[0220] 在一些实施例中,可在MDP中使用可小型化的其它光源(例如,OLED)作为 μ LED的替代。然而, μ LED目前非常小且具有高亮度。小尺寸是有益的,因为较大的光源可能在所述反射镜的顶部增加更多的遮挡,并且较大的光源也可能需要较大的反射镜以便实现相同水平的光束准直。更大的反射镜也可能意味着显示器上更大的像素尺寸,这被看作是更低的空间分辨率。给定的光源-反射镜对可实现的光学特性将光发射器尺寸直接联系到可实现的显示器尺寸/分辨率。如果发光元件和准直反射镜具有矩形形状,并且该发光元件的宽度例如是所述反射镜的宽度的10%,则所述发光元件将仅覆盖所述反射镜顶部上的1%的面积。作为示例,这意味着如果 μ LED的尺寸为 $5\mu\text{m}$,则反射镜尺寸可以是 $\sim 50\mu\text{m}$,而不会使光源阵列过分地阻挡所发射的光。该 $\sim 50\mu\text{m}$ 的反射镜具有与5英寸全HD移动电话显示像素大致相同的尺寸。该示例计算示出了所述 μ LED是移动设备使用情况的有用选项。如上所述,三色9片 μ LED矩阵可构建在 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 的区域内,使得可以构建例如5"-10"尺寸范围内的移动设备显示器。

[0221] 可实现的光束准直水平是显示器的适当观看距离的重要因素。从单个像素发射的

光束应当仅覆盖大约一只眼睛的区域。如果所述光束具有太大的发散，则其将同时被双眼看见，从而防止立体图像的形成。光束发散的理论上限来自眼睛瞳孔尺寸，因为只要少数光束同时撞击瞳孔便足以满足SMV条件。然而，实际上，所述下限可由光发射器的可实现的尺寸和所述反射镜的尺寸（其可确定显示器的像素尺寸）来设置。这两个参数定义了可实现的光束发散度和可行的观看距离。在非常小的光源的情况下，光束发散也会受到衍射效应的影响，这对在观察距离处可获得的光斑尺寸设置了严格的物理限制。

发射器尺寸 [μm]	在不同全HD显示器尺寸下的观看距离[mm]			
	5" (50 μm 像素)	10" (100 μm 像素)	25" (250 μm 像素)	50" (500 μm 像素)
2	1250	2500	6250	12500
5	500	1000	2500	5000
10	250	500	1250	2500
20	125	250	625	1250

[0222] 表1. 所计算的不同尺寸显示器的最大可行观看距离

[0224] 表1列出了仅基于几何分析的、对于不同尺寸的光发射器和显示器可行的最大观看距离的计算值的集合。为了计算表1中的值，假设微镜尺寸与显示像素尺寸相同，并且发光元件位于与反射镜孔径尺寸相比离反射镜相同的距离处，使得系统焦距比数(f-number)为1。假设所述反射镜理想地为抛物线形，并且所述发光元件被放置在正确的焦距处，使得光束尽可能好地准直。观察距离被设定为所产生的光束尺寸具有50mm直径的距离。利用这种尺寸，所述光束一次只舒适地配合在一只眼睛的区域上。例如，从表中可以看出，如果在5"移动电话显示结构中使用5 μm 发射器，则可以从~0.5m的距离观看全HD显示器，这与这种设备的正常观看距离很好地对应。该值表示近似最大距离，并且由于发散光束尺寸越靠近显示表面越小，所以可以在越近的范围内使用该设备。类似的，如果发射器尺寸大到20 μm ，则50"TV屏幕应该在~1.25m距离处被观看。该距离对于舒适的观看体验来说通常太短，并且对于发射器尺寸的更好选择将可能在5-10 μm 之间。可以利用不同的光学焦距比数获得所述最大观看距离的一些其它值，但是由于大多数可能的光发射器具有相当大的NA，所以从照射效率的观点来看，小的焦距比数是期望的。如果系统焦距比数和/或发射器NA非常大，则可能浪费大量的光，因为其错过了反射镜孔径。这也将意味着系统中像素和杂散光之间的更多串扰，其具有降低图像对比度的效果。

[0225] 为了进行完全显示，要在有限的显示区域上重复小MDP。由于单个MDP产生具有非常有限的角范围的有限组的波束，所以它也将具有有限的总发散角(TDA)。该参数测量了一个MDP的总FOV，并且其仅在该特定角度范围内可见。如果显示器较大，则位于显示器边缘处的MDP的TDA具有足够的重叠区域是有益的。没有重叠区域，所述边缘将不会同时可见，使得整个显示图像仅部分可见。图28A示出了在重叠的TDA在观看者面部区域周围形成观看窗口的情况下的观看几何结构。另一选择是使位于显示器边缘处的MDP的发射方向角(EDA)朝向显示器中心线倾斜。图28B中所示的这种选择对于更密集的视图而言是很有潜力的，因为TDA可以更窄。在示例实施例中，这可以通过将光源的标称位置在MDP内部稍微移位并且通过朝向显示器边缘增加该移位的值来实现。在替代实施例中，通过将额外的光学元件放置在所述窗口的顶部上或通过将这些光束倾斜特征集成到所述窗口本身来光学地执行此倾

斜。

[0226] 在示例实施例中,3D渲染可以如下实现。在固定反射镜的情况下,每一MDP具有专用于一些特定观看方向的多个像素。专用于一个特定方向的多个像素可被激活,以形成一个3D场景的特定方向的2D视图。所有可能的视图可以同时产生,因为显示器仅基于空间复用。在倾斜有源微镜的情况下,可以通过与反射镜倾斜角和不同方向上的图像内容同步地激活像素来顺序地创建投影到不同方向的图像。这种复用方案可以主要基于时间复用。在一些实施例中,硬件可通过在倾斜反射镜的顶部添加多于一个像素来组合先前两种情况。这使得可以实现先前提出的颜色渲染思想,而且还可以增加视图的角密度。

[0227] 基于反射镜的3D显示器的示例使用情况。图29A-29B示出了根据一些实施例的用于本文所述的显示系统的示例性使用情况。在这种使用情况下,具有10"多视图3D屏幕的平板设备被放置在距单个观看者500mm的距离处。该设备具有立体相机对和照射观看者的面部区域的红外(IR)LED。所述相机用于准确的眼睛跟踪,该眼睛跟踪可操作以确定观看者的眼睛瞳孔的3D位置,并且在一些实施例中,确定注视方向。该信息可用于仅在眼睛方向投影立体3D图像,这可节省能量,因为该照射被定向到眼睛瞳孔,而非整个周围空间。这还可以显著地减小为了图像数据及渲染而计算的信息量。

[0228] 图30是根据一些实施例的显示设备3000的一部分的截面图,示出了这种设备的物理尺寸(以 μm 为单位)。所述显示结构3000基于通过单独控制的电热双晶致动器3025而被移动的有源倾斜反射镜3020。发光组件(例如 μLED)3002、3004、3006被结合到每个反射镜3020顶部上的薄硼硅酸盐玻璃窗口基板3010。电接触由透明ITO通过蚀刻制成。所述发光组件(3002、3004、3006)可形成十字形图案,例如其中一个绿色 μLED (3004)在中间,在垂直和水平方向上被两个红色(3002)和蓝色(3006)组件围绕。每个 μLED 的尺寸可为 $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$,且该 μLED 可具有 $6\mu\text{m}$ 的间距。 μLED 可定位于距反射镜 $100\mu\text{m}$ 距离(d_1)处。通过使用上述技术使芯片成形,可以提高 μLED 的光提取效率,该技术也可以使发射定向,其中大部分光功率包含在 $\pm 24^\circ$ 发射角内。该 ~ 0.4 的NA值足够大,以覆盖距离 $100\mu\text{m}$ 的单反射镜孔径的大部分,并且也足够小,以不在孔径外过度地浪费光。在该示例中的微镜可以具有衍射图案,该衍射图案使得微镜的光学功能类似于焦距为 $100\mu\text{m}$ 的抛物面镜。该图案可通过用UV压印而被复制到反射镜表面,并用纯铝镜面涂层处理。单反射镜孔径尺寸为 $90\mu\text{m}\times 90\mu\text{m}$ (d_2),并且它们处于间距为 $100\mu\text{m}$ 的 1920×1080 矩阵(全HD)中。每个反射镜可以在垂直和水平方向上倾斜 $\pm 15^\circ$ (α_1),使得光束可以在两个方向上投射通过 $\pm 30^\circ$ 的总范围。所述反射镜也可以通过所述致动器而被上下移动通过 $\sim 5\mu\text{m}$ 的总范围,以补偿在反射镜的极端倾斜角度处发生的光束聚焦光学像差。

[0229] 为了测试示例性实施例的光学功能,可利用商业光学模拟软件OpticsStudio 15.5执行一组光线跟踪模拟。图31A-31B示出了模拟几何结构。在该模拟中,将两个小光源被放置在距离两个相同的抛物面镜 $\sim 100\mu\text{m}$ 的距离处,所述抛物面镜具有 $100\mu\text{m}$ 的焦距和矩形的 $90\mu\text{m}\times 90\mu\text{m}$ 的孔径。一个反射镜被留在反射镜顶点表面法线指向光源的方向的标称位置,并且另一个反射镜倾斜 15° ,这导致光束被反射到 30° 的角度。除了倾斜之外,所述第二反射镜表面从由焦距确定的标称位置移动 $3\mu\text{m}$ 更靠近源。两个 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 的检测器表面被放置在距光源500mm的距离处。所述光源具有矩形的 $5\mu\text{m}\times 5\mu\text{m}$ 孔径。这两个光源的角散度被设定为具有 $\pm 24^\circ$ 的半高全宽(FWHM)值的高斯分布。

[0230] 模拟结果在中心方向和 30° 扫描角度下被准备。在中心位置,用反射镜从 $5\mu\text{m}$ 尺寸的 μLED 产生的光束具有 $\sim 3^\circ$ 的发散度,这意味着在 500mm 的观看距离处单个像素的光斑尺寸为 $\sim 25\text{mm}$ 。由于系统焦距比数低,衍射对光束准直角度仅有较小的影响。在最大 30° 的光束倾斜角下,光学像差使光束质量变差,并导致 $\sim 5^\circ$ 的发散值。这是在微镜从标称位置向 μLED 移近 $3\mu\text{m}$ 以补偿由离轴几何形状引起的一些光学像差时实现的。由此可见,当考虑剩余的光学像差和几何因素时,在FOV的边缘处可获得 $\sim 50\text{mm}$ 的光斑尺寸。该值仍然在平均人瞳孔间距之下,并且在每个像素的 60° 总扫描范围内的任何给定时间,所有显示像素仅对一只眼睛可见。

[0231] 图32示意性地示出了示例性用例的观看几何结构。在一个实施例中, 200mm 宽(D1)的显示器3210可以具有每个像素的高达 60° 的总扫描范围,如针对所述模拟结果所讨论的。在 500mm (d2)的用户距离处,如图所示,在没有任何附加的光束倾斜光学器件或布置的情况下,即使在显示器边缘处的像素的总角度范围也在显示器的中心线处重叠,并且形成 376mm 宽的观看窗口3230。该尺寸对于单个观看者是足够的(例如,瞳孔间距为 64mm (d3)),并且可以允许平板设备的相当大的倾斜和使用的容易性。这里所阐述的数字是该特定示例结构能够产生的最大值。在一些情况下,通过利用例如眼睛跟踪,可能不需要使用所有呈现的扫描范围,因为光可以仅被引导到两个眼睛瞳孔。眼睛跟踪可以允许相当大的能量节省,并且还允许在反射镜以较小的倾斜范围扫描眼睛瞳孔时将更多的视图投影到单个眼睛。

[0232] 在一些实施例中,通过根据图像内容和镜倾斜角调制 μLED 强度来执行图像渲染。在一些实施例中,所有反射镜同时首先朝向一个眼睛瞳孔倾斜,然后朝向第二眼睛瞳孔倾斜。在这样的实施例中,可以通过仅呈现两个不同图像来生成立体效果。然而,在其他实施例中,当反射镜扫描通过眼睛瞳孔并且在 60Hz 无闪烁图像POV时间框架内向每只眼睛投影多于一个图像时,可以通过更快地调制所述像素来增强3D画面质量。当反射镜将投影光束扫描到每只眼睛时,可以通过在红色、绿色和蓝色像素的激活之间引入小的时间延迟来执行颜色渲染。对于彼此相距 $6\mu\text{m}$ 的将被投影到相同方向的两个相邻像素,可以使用 $\sim 1.7^\circ$ 的反射镜倾斜。这意味着如果绿色 μLED 在五个 μLED 簇的中间,则通过将反射镜倾斜 $+1.7^\circ$,可以使蓝色像素图像与绿色光斑重叠,并且通过将反射镜倾斜 -1.7° ,可以实现红色光斑重叠。由于反射镜是反射组件,所以对于不同的 μLED 没有色差发生。并且由于 μLED 被接合到十字形图案,因此可以在垂直和水平方向上进行颜色组合和3D图像扫描,从而允许移动显示器的旋转。

[0233] 如果考虑用于颜色渲染的反射镜倾斜并且反射镜扫描通过两个瞳孔之间的范围,则像素光束扫描动作的总角度范围为 $\sim 11^\circ$ 。例如,如果反射镜来回倾斜频率被设置为 60Hz 的值,则对于光束扫描,可获得 $\sim 0.8\text{ms/度}$ 的角速度。这意味着红色、绿色和蓝色 μLED 激活之间的适当时间延迟为 $\sim 1.3\text{ms}$,以便使不同颜色的光束重叠。所述 μLED 可以 240Hz 刷新频率驱动,这将允许在每个反射镜单向扫描期间投射两个不同图像,并且将生成一个完整的反射镜来回循环内的总共四个图像(每只眼睛两个)。此外,可将其他刷新频率与 μLED 一起使用,以便向单眼产生不同数量的图像,或者例如,以便使用不同的 μLED 占空比用于利用PWM方法的图像强度渲染。

[0234] 使用定向背光。在一些实施例中,使用小的光准直反射镜和非常小的发光元件来形成定向背光模块。在一些实施例中,该定向背光模块与诸如LCD面板之类的空间光调制器

(SLM)一起使用,以形成3D多视图显示器。

[0235] 极小的光源(例如, μ LED)可作为稀疏阵列而被接合至透明基板并放置于准直反射镜的顶部上。良好准直的光束可以从反射镜反射回到光发射器的方向。由于所述光源非常小,它们仅占据反射镜顶部的基板表面区域的相对小的部分,并且所述照射光束中的大部分光通过发射器组件并通过透明基板窗口离开该结构。利用一行光源或一光源矩阵,可以产生一系列光束,并通过激励适当的发光组件从单个反射镜向不同方向反射。

[0236] 通过将SLM放置在所述定向背光模块的顶部上,并且通过用所述背光单元结构覆盖整个显示表面区域,可以构造全多视图3D显示器。在使用单色 μ LED的实施例中,可在单色 μ LED上覆盖将所发射的蓝光或UV光转换成更连续的白光光谱的薄磷光体层。位于所述背光模块顶部的LCD显示器可以用于选择性地阻挡在显示表面上方的不同空间位置处的定向光束。在示例实施例中,通过顺序地示出不同的3D场景角度投影图像并且通过根据图像方向激活所述行中的适当光发射器,可执行3D图像的渲染。由于单个微镜上的每个光源产生向一个特定方向发射的光,所以单个投影图像仅在一个单个观看方向上可见,使得可以产生数个立体图像对。

[0237] 一种示例性方法使用小的光准直反射镜和非常小的发光元件,其形成定向背光模块。该背光模块可以与SLM(例如,LCD面板)一起使用以形成3D多视图显示器。在一个实施例中,所述背光结构可以如图25所示,如上所述,其示出了一个示例性结构,其中利用 μ LED行和静态光准直反射镜的组合产生多个定向光束。所述多个 μ LED以稀疏阵列形式被接合到透明基板(窗口),且用透明导电材料(例如,氧化铟锡(ITO))制成电触点。所述基底材料可以是光学透明的塑料,如聚碳酸酯和PMMA,或者是具有低热膨胀系数的玻璃材料,如硼硅酸盐。该基板可以是平坦的,或者可以包含进一步修改发射的光束发散度、传播方向等的微光学特征。从单个 μ LED发射的光撞击准直反射镜,该准直反射镜可以例如由UV可固化材料用模具以辊对辊工艺制造并且覆盖有金属(例如,铝或银)镜面。良好准直的光束从反射镜反射回到光发射器的方向。所述反射镜通过光吸收壁而相互分离,所述光吸收壁可减少光束之间的串扰。这些壁可以被制成为例如附着在反射镜阵列顶部的黑色塑料材料的穿孔片。

[0238] 由于所述 μ LED是非常小的组件,它们仅占据反射镜顶部的基板表面面积的相对小的部分,并且光束中的大部分光通过发射器组件并通过透明基板窗口离开所述结构。若激活的 μ LED位于反射镜的光轴上,则光束向光轴方向传播。但是如果被激活的发光组件处于离轴位置,则光束以一定角度离开所述结构。对于一行 μ LED,简单地通过激活上述行中的适当发光组件,就可以生成从单个反射镜朝向不同方向反射的一系列光束。当反射镜的尺寸足够小时,所述 μ LED行和单个反射镜可以形成一个多方向背光像素(MBP),其能够将多个良好准直的光束投射到不同的方向。

[0239] 在一些实施例中,通过将SLM 3302放置在所述定向背光模块3301的顶部上并且通过用所描述的MBP覆盖整个显示表面区域,可构造全多视图3D显示器3300。图33示出了这种显示系统3300的一个示例结构。光在小发光元件的密集线性阵列3310中产生。在使用单色 μ LED的实施例中,可在单色 μ LED上覆盖将所发射的蓝光或UV光转换成更连续的白光光谱的薄磷光体层3312。如果所述层3312足够薄,则有源 μ LED仍然透过该层可见,并且白光从微镜3320顶部的一个特定空间位置被发出。抛物面微镜3320将所述光准直为高度定向的光束,该光束穿过作为背光模块3301的最顶层的透明窗口3305。SLM 3302(例如,LCD显示器)位于

背光模块3301的顶部,并用于选择性地阻挡在显示表面上的不同空间位置处的定向光束。通过顺序地显示不同的3D场景角度投影图像并且通过根据图像方向激活所述行中的适当光发射器,可执行3D图像的渲染。当单个微镜3320上方的所述行中的每个 μ LED产生向一个特定方向发射的光时,单个投影图像仅对一个单个观看方向可见。

[0240] 在一些实施例中,滤色器3350用于从白色背光生成全色图像,如图33所示。在替代实施例中,用单独的红色、绿色和蓝色背光组件产生全色图像,在此情况下,可不需要在LCD结构中使用所述滤色器。如上所述,当前可实现的 μ LED尺寸和结合精度使得尺寸小于 $10\mu\text{m}$ 的三色像素成为可能。在该方法中,要解决的一个问题是由光发射器的不同空间位置引起的定向照射光束的颜色分离。集成光学器件可用于解决这个问题,因为光混合光导结构可直接集成在 μ LED簇的顶部上。

[0241] 所述背光模块的一个用途是为3D显示SLM提供可控的定向照射,所述SLM用作图像调制组件。由于这两个模块具有单独的光学功能,它们还可以针对不同的使用情况和更好的可制造性而被稍微单独地优化。例如,MBP的尺寸可以比显示像素的尺寸大得多。然而,这要求在所有照射方向上对各个SLM像素进行空间均匀照射。这可能难以实现,因为不同的边缘效应通常会出现在阵列形式的照射结构中。通过将MBP的尺寸减小到人类视觉灵敏度的阈值以下或者通过将它们拟合到显示像素的尺寸,可以避免这种潜在的问题。

[0242] 关于匹配所述背光模块和SLM模块的一个要解决的问题涉及产生颜色的方法。如上所述,在不同的实施例中使用不同的方法来产生颜色。例如,彩色图像可以使用三色背光或使用提供更宽的白光光谱的模块来生成。一个潜在的问题是当光来自不同角度时,滤色器3350不同地透射光。基于材料吸收的滤波器由于与层厚度和几何形状有关的不同衰减长度而实现这一点,而基于电介质层的滤波器由于与入射角有关的光干涉差而产生不同的透射特性。这两种滤光器类型都可以针对特定的角度范围和波长而被优化,并且在显示系统的结构中考虑这些滤光器的特性。在白光照射的情况下,通过从不同方向照射LCD滤色器3350来产生不同的观看方向,并且滤色器材料层中的吸收长度变得不同。这可能导致在观看方向上出现稍微不同的颜色,并且可以执行利用LCD像素传输的颜色校准。在一些实施例中,可对被应用在 μ LED顶部上的磷光体材料3312进行微调以补偿此效应。由于向不同方向发射光的 μ LED位于不同的空间位置,因此可选择性地应用具有略微不同颜色特性的磷光体材料3312。

[0243] 离开所述光学结构的所有光束优选地被良好准直,以便限制单个光束一次仅对一只眼睛的可见性。成人之间的平均瞳距为 $\sim 64\text{mm}$,这可作为在指定观看距离处光束尺寸的上限。当每个显示像素的可视性被限制为一次仅一只眼睛时,由于独特的2D图像被投影到不同的眼睛,因此可产生立体效果。在一些示例方法中,这通过与LCD同步地激活适当的 μ LED来完成。在一些实施例中,仅使用两个图像,并且它们是利用仅对单个用户的面部区域的一半可见的非常宽的照射光束而被产生的。在其它实施例中,通过利用每个反射镜具有多于两个发光元件而增加视图的数量和/或通过顺序地显示多于两个图像,可以提高显示器的质量。在观看窗口内部的视图越多,3D图像的幻觉就越好,因为视图之间的过渡变得更平滑,并且用户能够通过移动他/她的头部或显示设备来“环顾”对象。这种运动是可利用手持设备很自然做出的。在使用两个或更多个 μ LED行在单个反射镜的顶部上形成十字形或矩形图案的实施例中,可在水平和垂直方向上同等地生成不同的视图,从而实现显示视图旋

转。

[0244] 限制这种多视图3D显示器中的视图数量的一个因素是所述SLM的切换速度。由于现有显示器仅呈现 $\sim 240\text{Hz}$ 的刷新率,因此目前的LCD面板是用于此目的相对慢的组件。如果对于所有视图方向都期望无闪烁的图像,则这将仅允许四个唯一的视图,因为对于人眼来说通常接受的阈值是 60Hz 。然而,在使用眼睛跟踪的实施例中,这可能是足够的刷新速率,因为自动立体3D图像所需的视图的最小数量仅为两个,并且眼睛跟踪可以用于确定观看者的精确位置。在这种情况下,LCD将仅产生用于两个眼睛方向的那些图像。在一些实施例中,四个视图可用于改善所述立体效果,因为它将允许两个稍微不同的图像用于双眼,并且将满足SMV条件。

[0245] 每个显示像素的光强度在期望的动态范围内是可控的,以便使显示器具有良好的图像质量。对于LCD,通过借助于两个偏振器3330、3340和扭转通过的光的偏振状态的电可控液晶(LC)材料层3335控制通过每个像素的光量来调节光强度。在一些实施例中,使用背光强度调整与LCD像素吸收率的组合以便实现较高对比率。在示例背光结构中,这可以通过连续地调节流过每个发光组件的电流来完成。在替代实施例中,通过脉宽调制(PWM)来数字地调节组件亮度。LED通常是可以极快地切换的组件,从而允许用于无闪烁图像的足够动态范围。在一些实施例中,所述背光模块MBP的尺寸与LCD像素的尺寸相同。在此类实施例中,可执行利用背光模块与LCD的组合进行的像素级强度调整。该方法可以用于更大的动态范围像素。这种方法还可以允许更快的显示面板切换速度,因为强度调节将部分地由所述背光模块处理。

[0246] 可以小型化的任何合适的光源(例如OLED)可以用于MBP中作为 μLED 的替代。然而, μLED 目前优选用于此目的,因为它们非常小且具有高亮度。小尺寸是有益的,因为较大的光源将在反射镜的顶部增加更多的遮挡,并且较大的光源也将需要较大的反射镜以便实现相同水平的光束准直。更大的反射镜也将导致更厚的更大的MBP,这可以被看作是负面特征,尤其是在移动设备的情况下。如果发光元件和准直反射镜具有矩形形状,并且发光元件的宽度例如是反射镜宽度的十分之一,则所述发光元件将仅覆盖所述反射镜顶部上的1%的面积。作为一个示例,这意味着如果 μLED 的尺寸为 $5\mu\text{m}$,则在阵列或光源不会过度地阻挡所发射的光的情况下,反射镜尺寸可以是 $\sim 50\mu\text{m}$ 。 $\sim 50\mu\text{m}$ 的反射镜具有与5"全HD移动电话显示像素大致相同的尺寸。该示例计算表明,所述 μLED 是移动设备用例的现实选择,并且MBP的尺寸可以适合于LCD像素的尺寸,从而实现例如更高动态范围的画面。如上所述,一三色9片 μLED 的矩阵可被构建在 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 的区域内,这使得可以利用所述两个模块的像素级装配而在5"-10"尺寸范围内构建例如移动设备显示器。

[0247] 可实现的背光照射光束准直水平与确定显示器的合适观看距离有关。从单个显示像素发射的光束优选地仅覆盖大约一只眼睛的区域。如果所述光束具有太大的发散,则其将同时被双眼可见,这样会干扰到立体图像的形成。光束发散的下限来自眼睛瞳孔尺寸,因为只有少数光束同时撞击瞳孔就足以满足SMV条件。然而,实际上,所述下限是由所述背光模块光发射器的可实现尺寸和反射镜元件的尺寸来设定的。这两个参数描述了所述可实现的光束发散度和可行的观看距离。在非常小的光源的情况下,光束发散也会受到衍射效应的影响,这对在观察距离处可获得的光斑尺寸设置了严格的物理限制。

发射器尺寸 [μm]	在不同背光模块准直反射镜尺寸下的观看距离[mm]			
	50 μm 反射镜	100 μm 反射镜	250 μm 反射镜	500 μm 反射镜
2	1250	2500	6250	12500
5	500	1000	2500	5000
10	250	500	1250	2500
20	125	250	625	1250

[0248] 表2. 所计算的不同背光模块下的最大可行观看距离

[0250] 表2列出了仅基于几何分析的对于不同尺寸的光发射器和小准直反射镜可行的最大观看距离的计算值的集合。在计算表2的值时,假设发光元件位于与反射镜孔径尺寸相同的距反射镜的距离处,使得系统焦距比数为1。假设所述反射镜理想地为抛物线形,并且所述发光元件被放置在正确的焦距处,使得光束尽可能好地准直。观察距离被设定为一距离,在该距离,所产生的光束尺寸具有50mm直径。通过利用这种尺寸,光束一次只舒适地配合在一只眼睛的区域上。例如,从所述表中可以看出,如果5 μm 发射器与50 μm 显微镜一起使用,则可以从~0.5m的距离观看显示器,这与移动设备的正常观看距离很好地对应。该值表示了近似最大距离,并且由于发散光束尺寸越接近显示表面越小,因此可以在越接近的范围使用该设备。可以利用不同的光学焦距比数获得最大观看距离的一些其它值,但是由于大多数可能的光发射器具有相当大的NA,所以从照射效率的观点来看,小的焦距比数是期望的。如果系统焦距比数和/或发射器NA非常大,则由于其错过反射镜孔径,所以可能浪费大量的光。这也将意味着系统中的像素与杂散光之间的更多串扰,其降低图像对比度。

[0251] 为了进行完全显示,要在有限的显示区域上重复小的MBP结构。由于单个MBP产生具有非常有限的角范围的有限组的光束,它也将具有有限的总发散角(TDA)。该参数表示了一个MBP的总FOV,并且它仅在该特定角度范围内可见。如果显示器很大,则要注意位于显示器边缘的MBP的TDA将具有足够的重叠区域。没有重叠区域,所述边缘将不会同时可见,使得整个显示图像仅部分可见。图28A示出了在一实施例中的观看几何结构,其中重叠的TDA形成围绕观看者面部区域的观看窗口。在一个替代实施例中,位于显示器边缘处的MBP的发射方向角(EDA)朝向显示器中心线倾斜。图28B中所示的这种选项对于更密集的视图而言很有潜力,因为所述TDA可以更窄。在一些实施例中,这是通过将MBP内稍微移动光源的标称位置并且通过朝向显示器边缘增加该移动的值来实现的。作为替代,可以通过在窗口顶部放置额外的光学元件或者通过这些光束倾斜特征集成到窗口本身中来光学地执行该倾斜。在用于解决所述重叠问题的另一替代方法中,整个显示表面可以针对预定观看距离而具有特定曲率。关于下面描述的使用情况,将更详细地描述最后一个选项。

[0252] 在示例性渲染方案中,每个MBP具有专用于一些特定观看方向的发光组件。专用于一个特定方向的发射器矩阵被激活并与所述SLM同步,以形成一个3D场景的特定方向的2D视图,并且顺序地创建投影到不同方向的图像。这种复用方案可以仅基于时间复用。在替换实施例中,可以使用更复杂的渲染方案,例如,利用3D场景中的图像内容的冗余,以便实现更亮的画面或节省能量。

[0253] 定向背光的示例用例。关于图34所示的观看条件,描述了定向背光源实施例的示例性用例,其大致类似于图29A-29B。具有弯曲的10"多视图3D屏幕的平板设备被放置在距

单个观看者500mm的距离处。该设备具有立体相机对和照射所述观看者的面部区域的IR LED。所述相机用于准确的眼睛跟踪,该眼睛跟踪能够确定观看者眼睛瞳孔的3D位置,并且在一些实施例中,能够确定注视方向。该信息可用于仅在所述眼睛方向投影立体3D图像,这可节省能量,因为该照射被定向到所述眼睛瞳孔,而非整个周围空间。这还可以显著地减小为了图像数据及渲染而计算的信息量。

[0254] 图35是示出基于抛物线微镜的光学背光结构3500的示例测量(以 μm 为单位)的横截面图。在此特定示例中,总共八十一个 μLED 3510被结合到每一反射镜3525顶部上的薄硼硅酸盐玻璃窗口基板3505。这些组件被覆盖有将发射的蓝光转换成更宽的白光光谱的薄磷光体层3512。电接触由透明ITO通过蚀刻制成。每个 μLED 的尺寸为 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$,并且它们具有 $3\mu\text{m}$ 的间距,这意味着每行和每列中最外面的 μLED 与矩阵中心的距离为 $\pm 12\mu\text{m}$ 。这些组件被定位在距反射镜3525 $90\mu\text{m}$ 的距离处。通过如上所述成形所述芯片,已经增加了 μLED 3510的光提取效率。由于所述成形,所述发射是定向的,并且大部分光功率主要包含在 $\pm 20^\circ$ 发射角内。该 ~ 0.34 的NA值足够大,以覆盖距离 $90\mu\text{m}$ 的单反射镜孔径的大部分,并且也足够小,以不在孔径外过度地浪费光。微镜3525具有焦距为 $95\mu\text{m}$ 的弯曲抛物线形状。这些形状可通过UV可固化材料(例如,Ormocer(有机改性陶瓷))而被复制到反射镜基板3520上,并用纯铝镜面涂层进行处理。单反射镜孔径尺寸为 $96\mu\text{m} \times 96\mu\text{m}$,并且反射镜是具有间距 $100\mu\text{m}$ 的 1920×1080 矩阵(全HD)。所述发光组件3510是矩形的 9×9 矩阵,这使得可以利用每个MBP产生总共81个唯一的观看方向。照射光束从所述窗口3505的顶表面离开所述背光结构,该项表面覆盖有由UV可固化材料(例如,Ormocer)制成的光漫射表面微结构。漫射器引起光束发散的小的 1° (FWHM)加宽,并且有助于使远场照射图案更均匀。最外面的组件产生从表面法线倾斜了 $\sim \pm 7.3^\circ$ 的光束。并且由于这些组件是在完整的矩阵中,所以所述照射可以被对称地定向到水平和垂直方向。

[0255] 在示例实施例中,通过将具有 $100\mu\text{m}$ 像素的全HD三色LCD显示器放置在上述背光模块的顶部上来创建多视图3D显示器。图36示出了这种实施例的观看几何结构。通过利用眼睛跟踪,不需要使用所有呈现的范围,因为光可以被主要定向到两个眼睛瞳孔。用反射镜从 $2\mu\text{m}$ 尺寸的 μLED 产生的光束具有 $\sim 5.2^\circ$ 的发散度,这导致在500mm观看距离处的单个MBP照射光束的光斑尺寸为 $\sim 45\text{mm}$ 。衍射对光束准直仅有较小的影响,因为背光系统焦距比数较低。由于偏轴角相对较小并且距反射镜的 μLED 矩阵距离被优化,所以光束发散值对于所有的光束角都是相同的。在观看距离处的光斑尺寸远低于平均的人瞳孔间距,并且在每个MBP的 15° 总范围内的任何给定时间,所有单个照射光束仅对一只眼睛可见。当考虑垂直方向时,显示器边缘中的像素的总角度范围在中心线处重叠,并且不需要附加的光束倾斜特征。然而,在水平方向上,显示宽度很大,以至于重叠面积不足。为了提供足够大的观看窗口,整个显示器在水平方向上弯曲,并且形成130mm宽的观看窗口。该尺寸对于单人是足够的,并且允许了平板设备的倾斜和易于使用。

[0256] 在示例性实施例中,图像渲染是用渲染方案执行的,其中 μLED 强度根据图像内容而被调制并与LCD同步。两个不同图像的呈现足以产生立体效果。然而,在一些实施例中,通过更快地调制LCD像素及 μLED 并在60Hz无闪烁图像POV时间框架内将一个以上图像投影到每只眼睛来增强3D画面质量。如果使用240Hz的LCD,则可以在无闪烁频率内投影用于双眼的两个图像。光学硬件也允许这一点,因为两个相邻的照射光束具有合理的重叠,这使得可

以几乎同时从两个略微不同的观察方向将两个不同图像投影到眼睛。这种实施例满足所述SMV条件并可生成良好质量的3D图像。可以通过利用包含在LCD面板中的滤色器来执行颜色渲染。

[0257] 图37是示出了根据一些实施例的替代光学背光结构的示例测量结果(以 μm 为单位)的截面图。图37的实施例使用离轴自由曲面反射镜3725。总共七个 μLED 3710被结合到含有光学特征的薄聚碳酸酯窗口基板3705上。所述组件3710被覆盖有将发射的蓝光转换成更宽的白光光谱的薄磷光体层3712。电接触由透明ITO通过蚀刻制成。每个 μLED 3710的尺寸为 $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$,并且它们具有 $3.3\mu\text{m}$ 的间距,使得每行和每列中最外面的 μLED 与行中心相距 $\pm 10\mu\text{m}$ 的距离。所述组件位于距反射镜 $\sim 98\mu\text{m}$ 的距离处,并且组件行法线从垂直方向倾斜 28° 。所述 μLED 的光学性质可与关于图35所论述的相同。在水平方向上,所述微镜3725具有焦距为 $70\mu\text{m}$ 的弯曲抛物线形状。所述反射镜3725也是已经朝向 μLED 行倾斜 $\sim 4.4^\circ$ 的离轴抛物线。在垂直方向上,所述反射镜3725具有半径为 $280\mu\text{m}$ 的球形形状。这些形状可以用UV可固化材料(例如,Ormocer)而被复制到反射镜基板3720上,并且用纯铝镜面涂层处理。单反射镜孔径尺寸为 $96\mu\text{m} \times 96\mu\text{m}$,并且它们在间距为 $100\mu\text{m}$ 的 1920×1080 矩阵内。在该示例中,聚碳酸酯窗口3705包含影响水平方向上的光束准直的附加光学形状。圆柱形具有 $184\mu\text{m}$ 的半径,并且它们在垂直方向上不具有任何光功率。照射光束从所述窗口3705的顶表面离开所述背光结构,该窗口可以被覆盖有与图35的实施例中使用的相同的光漫射表面微结构。

[0258] 在图37的实施例中,使用反射镜和透镜形状的组合的一个原因是避免MBP孔径处的光吸收。图37的实施例涉及避免光源的中心遮挡的解决方案。这是通过将 μLED 行移动到背光像素孔径的边缘并通过利用离轴反射镜形状来实现的。该布置允许 μLED 接触垫和电导体不透明。结果,例如,蚀刻的铜布线可以用于制造所需的电接触而不是透明ITO,使得更容易优化设计的电特性。在每个MBP中,所述反射镜稍微聚焦所述光束,使其在由 μLED 行限定的孔径处更小,并且透镜形状以很小的发散光功率补偿了这一点。当 μLED 位于单个MBP孔径的边缘时,反射镜和窗口的优化的整体自由形状允许良好的准直。所述发光组件在水平方向中,这使得可以利用每个MBP产生七个水平的唯一观看方向。如图35的示例中,最外组件产生在水平方向上从表面法线倾斜约 $\pm 7.3^\circ$ 的照射光束,而单光束发散度为 $\sim 5.2^\circ$ 。在垂直方向上,所述反射镜的球形形状使得所述照射光束以 $\sim \pm 8.5^\circ$ 的有意更大的发散角扩展,以便覆盖该方向上的更大的FOV。

[0259] 图35和37的示例之间的差异包括 μLED 相对于反射镜孔径的位置差异以及它们产生的视图数量的差异。在图37的示例中,所述 μLED 行位于反射镜孔径的边缘,以避免来自图35的实施例的位于中心的源矩阵的遮挡效应。这种遮挡在近场空间照射分布中是明显的,这使得将所有定向光束等分地映射到小尺度的LCD像素更加困难。在图37的实施例中,没有遮挡,并且背光模块和LCD之间的装配是更简单的任务。由于图35的实施例具有位于中心的光源,因此通过将 μLED 置于矩阵中,可在水平和垂直方向上更直接地排列视图。在图37的实施例中,使用孔径边缘导致光源被布置成行而不是矩阵,使得在水平或垂直方向上仅生成一维视图更自然。然而,同样在此情况下,可采用离轴自由形状,使得可将另一行 μLED 添加到另一方向,从而允许垂直方向和水平方向这两者均具有将允许显示器旋转的替代性独特视图。

[0260] 诸如图35和37中所示的那些示例背光结构可以在图34中所示的移动显示器使用

情况场景中采用。另外,图36中所示的观看几何结构也可应用于此类实施例,因为背光设计在水平观看方向上均具有类似的光学性能特性。然而,由于图35的实施例采用光源矩阵,而图37的实施例采用光源行,因此垂直方向上的光学特性可能不同。在图35的实施例中,优选使用近似圆形的照射光斑,以便限制单 μ LED在两个方向上对仅一只眼睛的可见性。在图37的实施例中,照射图案可以是在一个方向上窄(水平)而在另一个方向上宽(垂直)的线,以便限制光斑在一个方向上的可见性,但是同时允许它们在另一个方向上相当大的FOV上可见。在两种情况下,相对窄的照射光束FOV不仅允许立体视图,而且使得可以节省能量,因为所述照射通常被引导朝向眼睛。此外,图像的有限可视性使得从隐私视点来看整个设备使用起来更安全,因为显示内容仅可以在指定的观看窗口内被观看。

[0261] 定向背光结构的光线跟踪模拟。为了测试图35和37的结构的光学功能,用商业光学模拟软件OpticsStudio 15.5进行了一组光线跟踪模拟。对于在光源的所有模拟中使用的光学参数,所述光源的物理宽度被设置为 $2\mu\text{m}$,并且角发散被设置为具有 $\pm 20^\circ$ 的半高全宽(FWHM)值的高斯分布。模拟几何结构根据图35和37所示的定向背光源设计而被设定。在模拟中,将虚拟的 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 检测器表面放置在距所述结构 500mm 的距离处,以便在限定的远场观察距离处获得照射图案的视图。另一个尺寸为 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 的虚拟检测器表面被直接放置在所述背光结构的顶部,以便分析落在LCD面板像素上的近场照射图案。

[0262] 获得了这两种设计的远场模拟结果。在图35的所述结构的模拟中,在光源矩阵的远边和中间使用总共九个光源,以便确定可获得的照射图案的范围。九个可见的大致圆形的光斑显示出光源矩阵图像的总尺寸为 $\sim 160\text{mm} \times 160\text{mm}$ 。单个光斑的发散度为 $\sim 5^\circ$,导致在观看距离处的光斑尺寸为 $\sim 45\text{mm}$ 。在图37的所述结构的模拟中,在光源行的远边和中心处使用总共三个光源。三个可见的垂直照射条纹显示出光源行图像的总尺寸在与图35的结构相同的范围内。在水平方向上,图37的结构中的照射光束具有 $\sim 5^\circ$ 的发散度,导致在观看距离处的条纹宽度为 $\sim 45\text{mm}$ 。在垂直方向,所述光束具有 $\sim \pm 8.5^\circ$ 的发散度,这导致在指定的 500mm 观看距离处 $\sim 150\text{mm}$ 的高度。

[0263] 对于图35和37的结构也获得了近场模拟结果。在从用上述相同的九个光源照射的单个MBP直接落在LCD像素上的光的辐照度分布中,由光源矩阵在所述MPB孔径中心处引起的遮挡在所述光分布中是清楚可见的。光强度的这种下降使得更难以使所述背光模块适合像素化显示器,因为像素可能不同地调制行进到不同方向的照射光束。单个MBP照射光斑的尺寸为 $\sim 100\mu\text{m}$,可以看出两个照射的MBP产生了总的照射图案,其中光斑可以彼此清楚地被限定。通过使用图37的结构,具有单个MBP和上述三个光源,可获得近场图案。在这种图案中,没有可见的中心遮蔽,并且像素可以被堆叠成具有小得多的边缘效应的矩阵,因为光斑将稍微融合在一起。图35和37的结构之间的近场差异使得在显示系统中使用图37的结构更直接,其中背光MBP比LCD面板像素大得多。

[0264] 第二组光线跟踪模拟被执行,以便展示在立体照射使用中背光照射设计的性能。当在图35和图37的模拟结构内部激活合适的光源对时,可获得照射图案。在图35的结构的模拟中,使用了整行的垂直光源,以便表明整行能够覆盖整个 $\sim 150\text{mm}$ 高的垂直观看窗口。在图37的结构的模拟中,仅使用两个光源作为MBP产生的条形照射图案,其在垂直方向上高度为 150mm 。在两种情况下,用所选的光源对所获得的照射峰在水平方向上彼此相距 $\sim 64\text{mm}$ 。该距离对应于平均的人瞳孔间距。此外,所述模拟结果示出了被定向到左眼的图案与

被定向到右眼的图案很好地分离,反之亦然,使得这是在两个立体通道之间具有潜在地非常低的串扰的系统。

[0265] 通过在单个MBP内使用两对并排的光源,用图37的结构进行进一步的模拟。结果显示了来自两个相邻光源的照射相重叠,使得可以从稍微不同的观看角度将两个不同的图像投影到两只眼睛,并且满足SMV条件。这个特征还可以用于扩展以一只眼睛为中心的眼盒,并且因此提高可用性和/或降低制造公差,因为眼睛然后可以更自由地围绕中心位置移动而不劣化立体图像。

[0266] 在一些实施例中,可以存在一种显示设备,其包括:反射镜阵列,其包括多个准直反射镜;透明基板,其定位在所述反射镜阵列上方;以及对于所述反射镜阵列的每个反射镜,安装在所述透明基板上的对应发光元件子阵列,每个子阵列被定位成使得来自其的光基本上被对应反射镜准直并且被引导通过所述透明基板。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是凹面镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是抛物面镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是菲涅耳镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是衍射镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜具有围绕至少一个轴的可控倾斜水平。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜具有距所述对应子阵列的可控距离。所述显示设备还可以包括在所述透明基板上的透明导体,该透明导体连接到相应的发光元件以驱动该相应的发光元件。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上线性的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上十字形的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上正方形的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列基本上以相应反射镜的光轴为中心。所述显示设备可以包括其中每个子阵列从所述相应反射镜的光轴偏移。所述显示设备可以包括其中每个发光元件是发光二极管(LED)。所述显示设备可以包括其中每个发光元件是微发光二极管(μ LED)。

[0267] 在一些实施例中,可以存在一种显示设备,其包括:反射镜阵列,其包括多个准直反射镜;透明基板,其位于所述反射镜阵列上方;空间光调制器,其位于所述透明基板上,所述空间光调制器具有多个像素;以及对于所述反射镜阵列的每个反射镜,安装在所述透明基板上的对应发光元件子阵列,每个子阵列被定位成使得来自其的光基本上被对应反射镜准直并且被引导通过所述透明基板和通过所述空间光调制器的对应像素。所述显示设备可以包括其中所述空间光调制器是液晶显示器。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是凹面镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是抛物面镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是菲涅耳镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜是衍射镜。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜具有围绕至少一个轴的可控倾斜水平。所述显示设备可以包括其中所述准直反射镜具有距所述对应子阵列的可控距离。所述显示设备还可以包括在所述透明基板上的透明导体,该透明导体连接到相应的发光元件以驱动该相应的发光元件。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上线性的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上十字形的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列是基本上正方形的发光元件阵列。所述显示设备可以包括其中每个子阵列基本上以相应反射镜的光轴为中心。所述显示设备可以包括其中每个子阵列从所述相应反射镜的光轴偏移。所述显示设备可以包括其中每个发光元件是发光二极管(LED)。所述显示设备可以包括其中每个发光元件是微发光二极管(μ LED)。

[0268] 在一些实施例中,可以存在一种操作多视图显示器的方法,该方法包括:调制从多个子阵列的每一个子阵列中的多个发光元件的每一个发光元件发射的光,所述发光元件安装在透明基板上;以及对于所述子阵列中的每一个,由多个准直反射镜中的相应一个准直反射镜反射所发射的光通过所述透明基板;其中所发射的光被调制,以便至少生成从第一位置可见的第一视图和从第二位置可见的第二视图。该方法还可以包括用空间光调制器调制所反射的发射光。该方法可以包括其中所述空间光调制器是液晶显示器,并且其中所反射的发射光作为所述液晶显示器的背光工作。

[0269] 在一些实施例中,可以存在具有背光的液晶显示器,其中所述背光包括:反射镜阵列,其包括多个准直反射镜;透明基板,其位于所述反射镜阵列上方;对于所述反射镜阵列的每个反射镜,安装在所述透明基板上的对应发光元件子阵列,每个子阵列被定位成使得来自其的光被对应反射镜基本上准直并且被引导通过所述透明基板。

[0270] 尽管以上以特定的组合描述了特征和元素,但是本领域的普通技术人员将理解,每个特征或元素可以单独使用或与其它特征和元素任意组合使用。另外,本文描述的方法可以在计算机程序、软件或固件中实现,所述计算机程序、软件或固件并入计算机可读介质中以由计算机或处理器执行。计算机可读存储媒体的示例包括但不限于只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、寄存器、缓冲存储器、半导体存储器设备、磁媒体(例如内部硬盘和可移除磁盘)、磁光媒体和光学媒体(例如CD-ROM盘和数字通用盘(DVD))。与软件相关联的处理器可用于实施用于WTRU、UE、终端、基站、RNC和/或任何主计算机的射频收发信机。

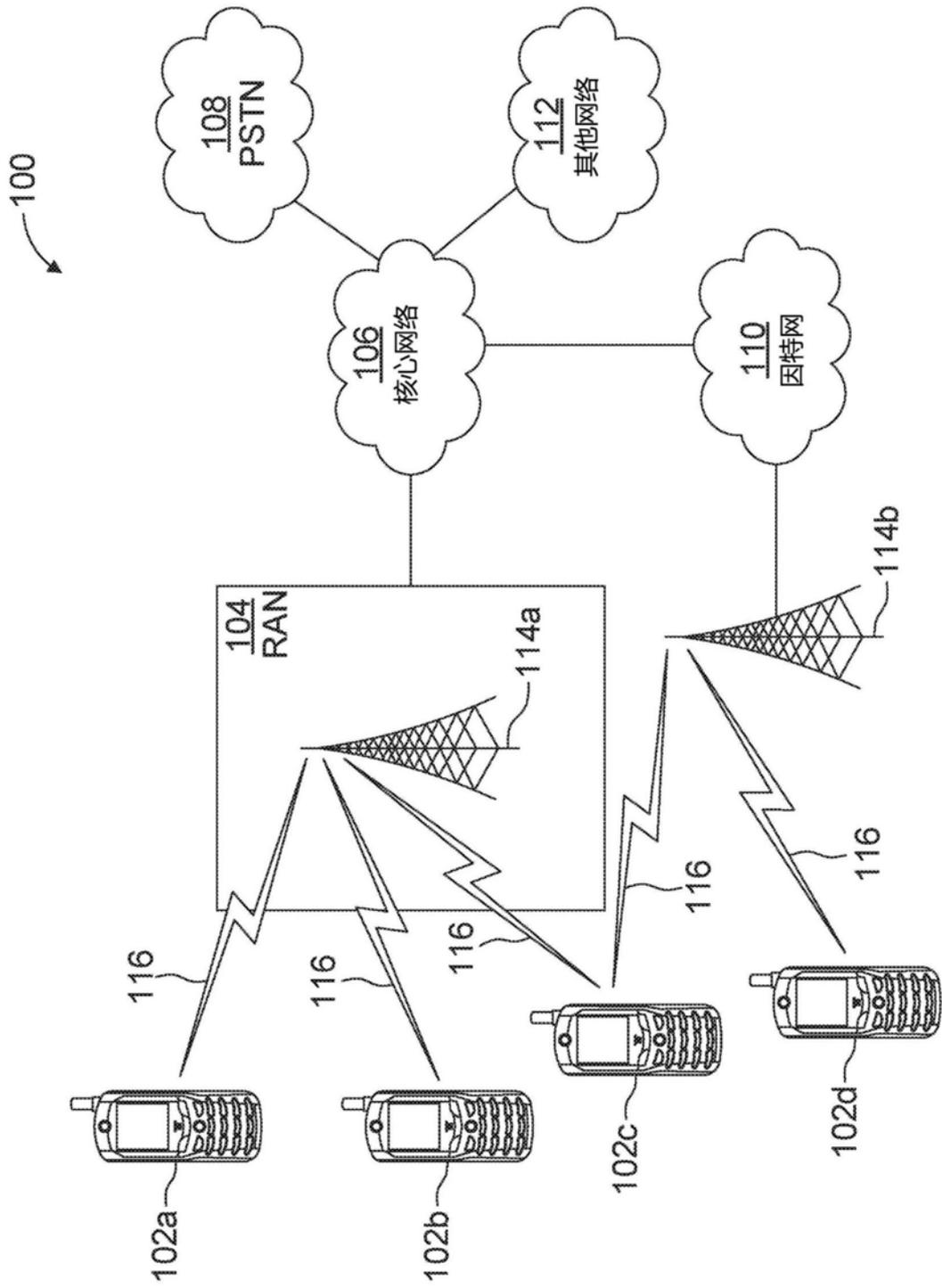


图1A

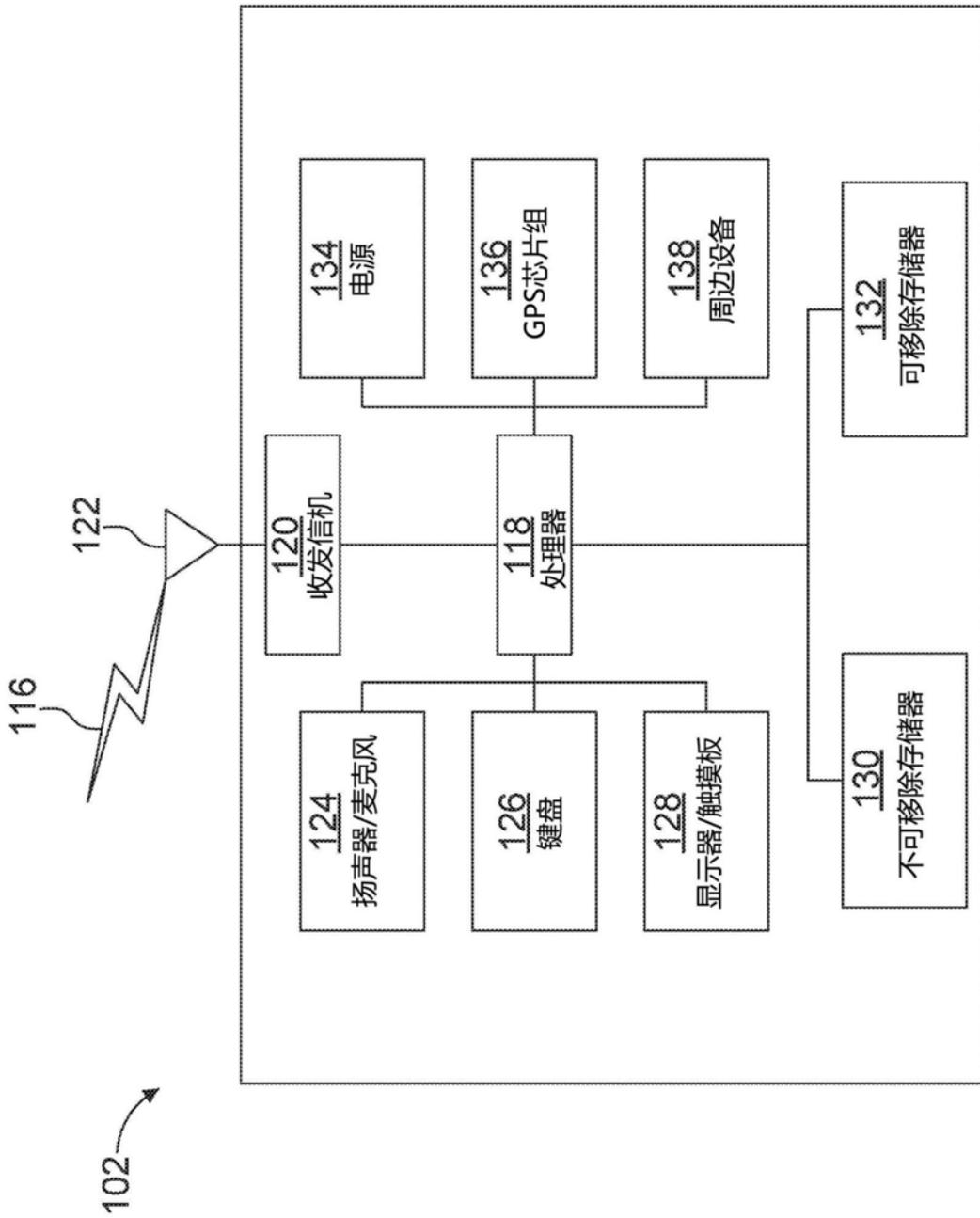


图1B

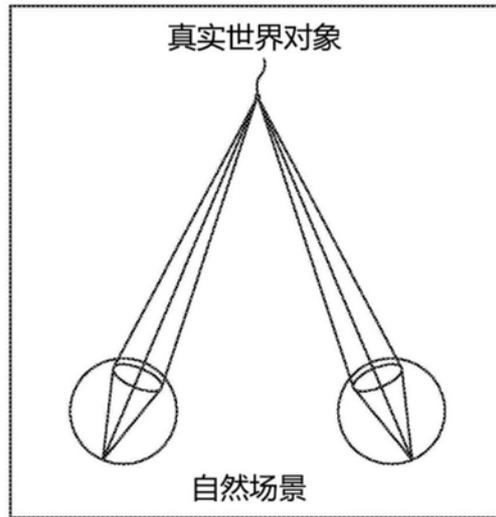


图2A

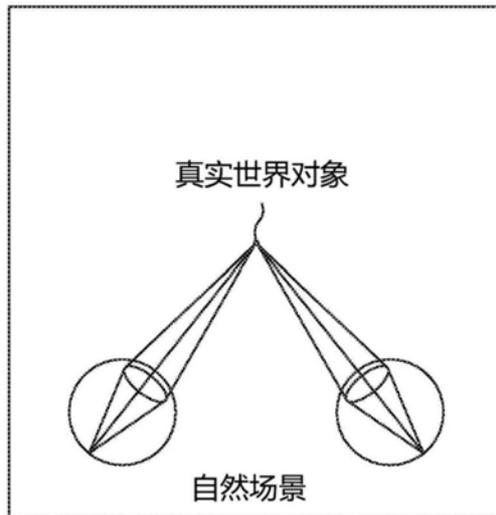


图2B

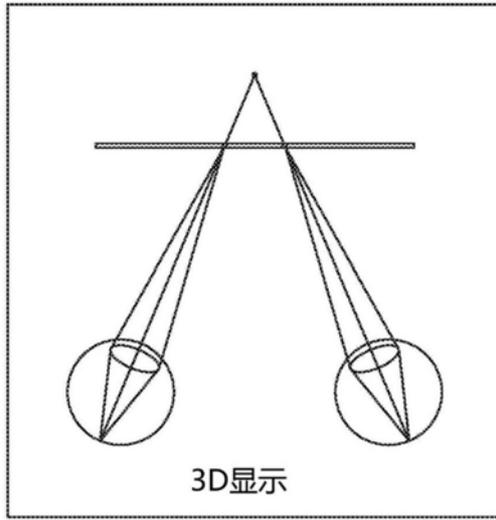


图2C

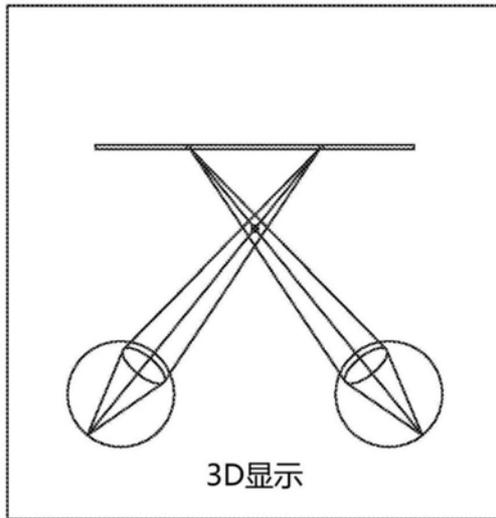


图2D

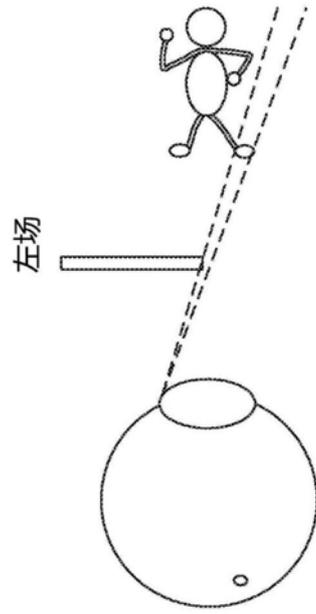


图3A

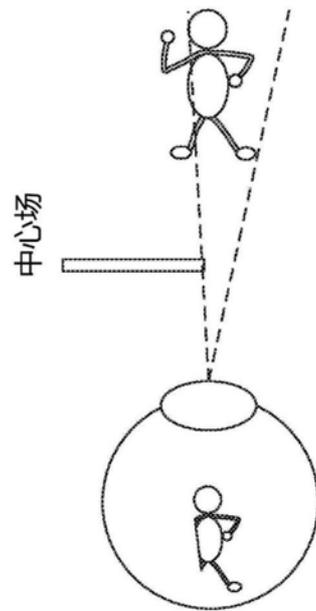


图3B

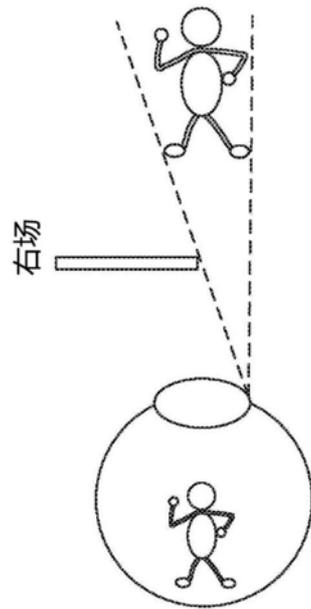


图3C

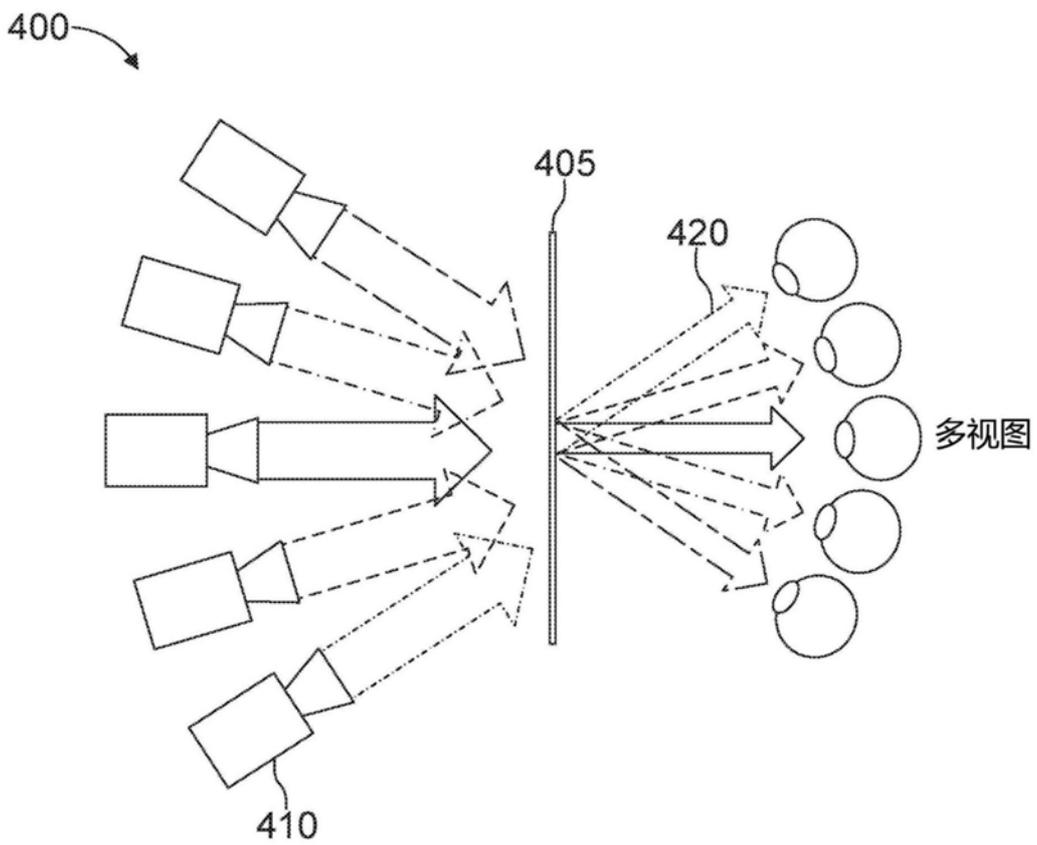


图4

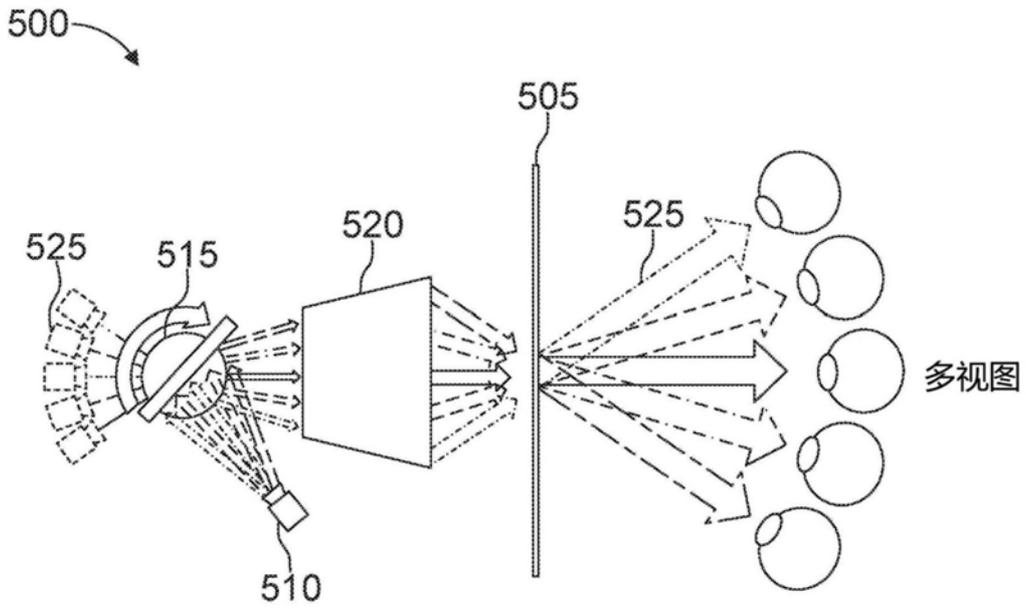


图5

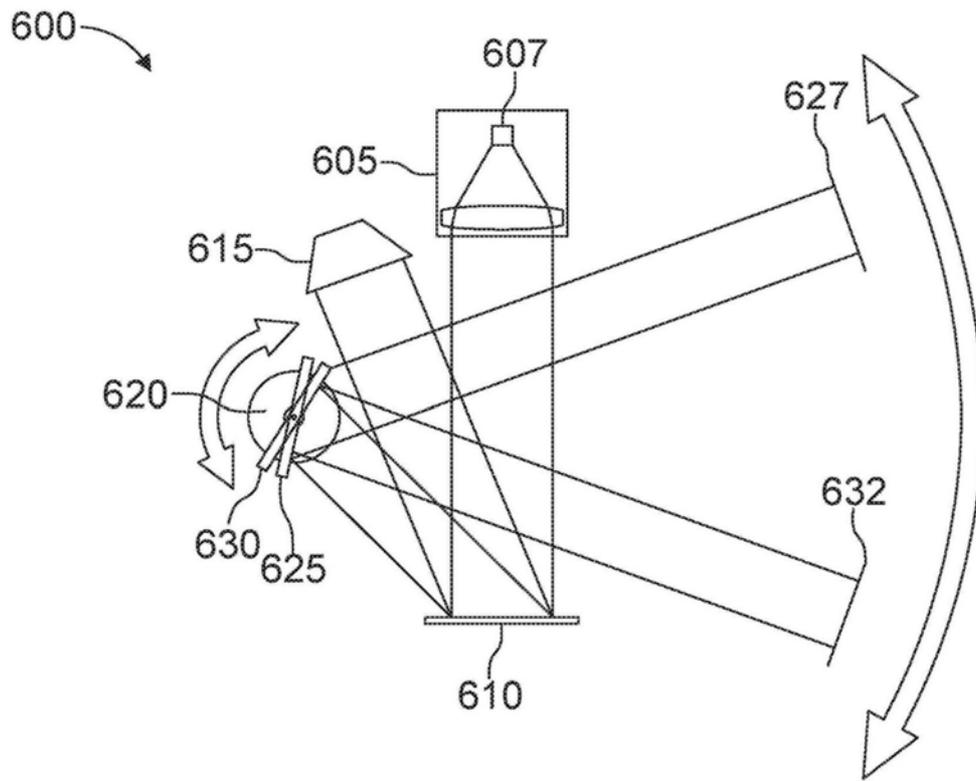


图6

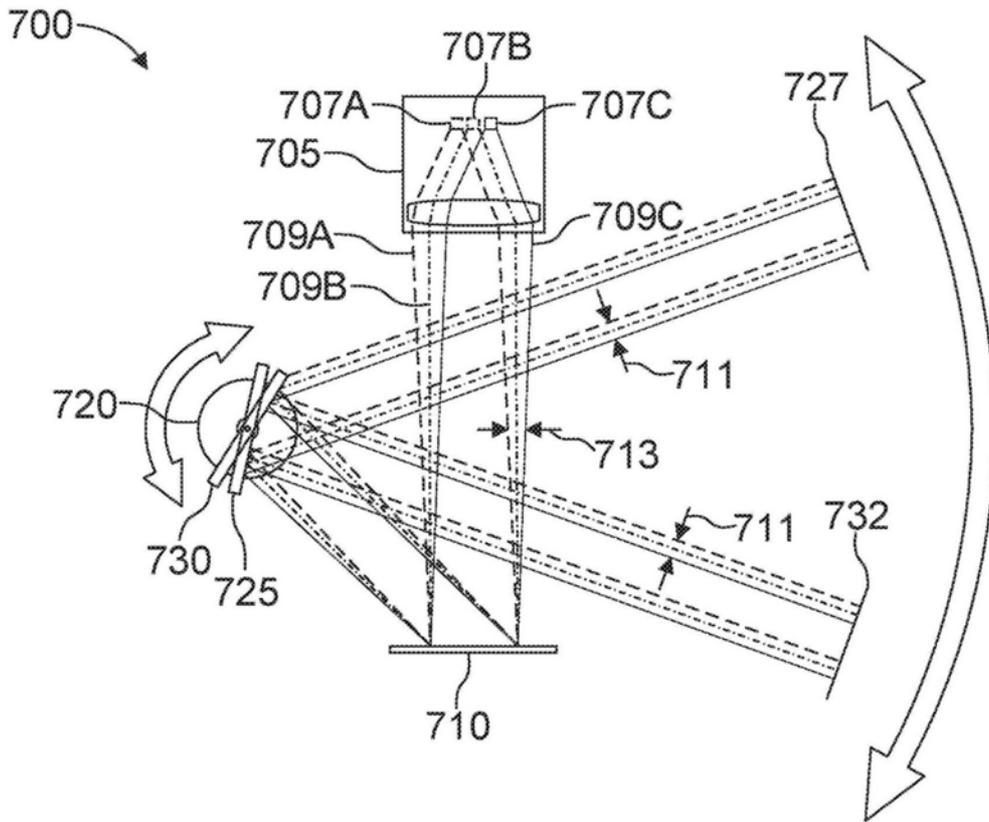


图7

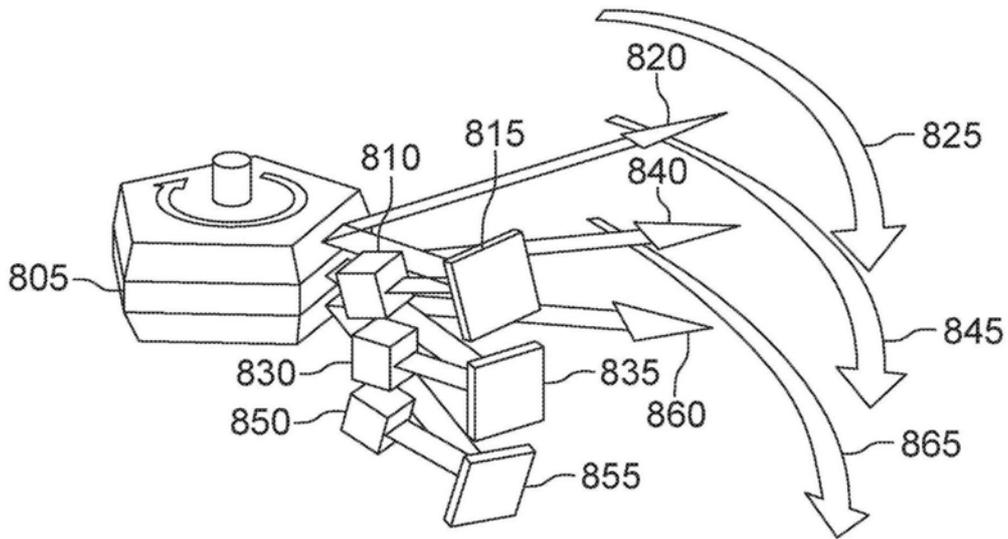


图8

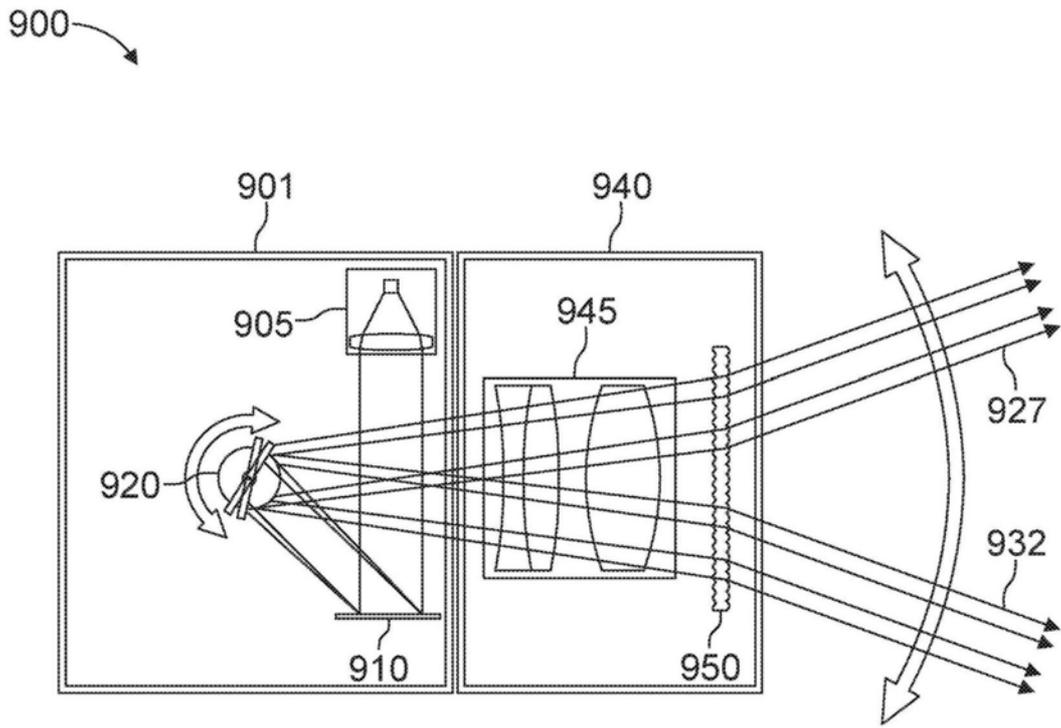


图9

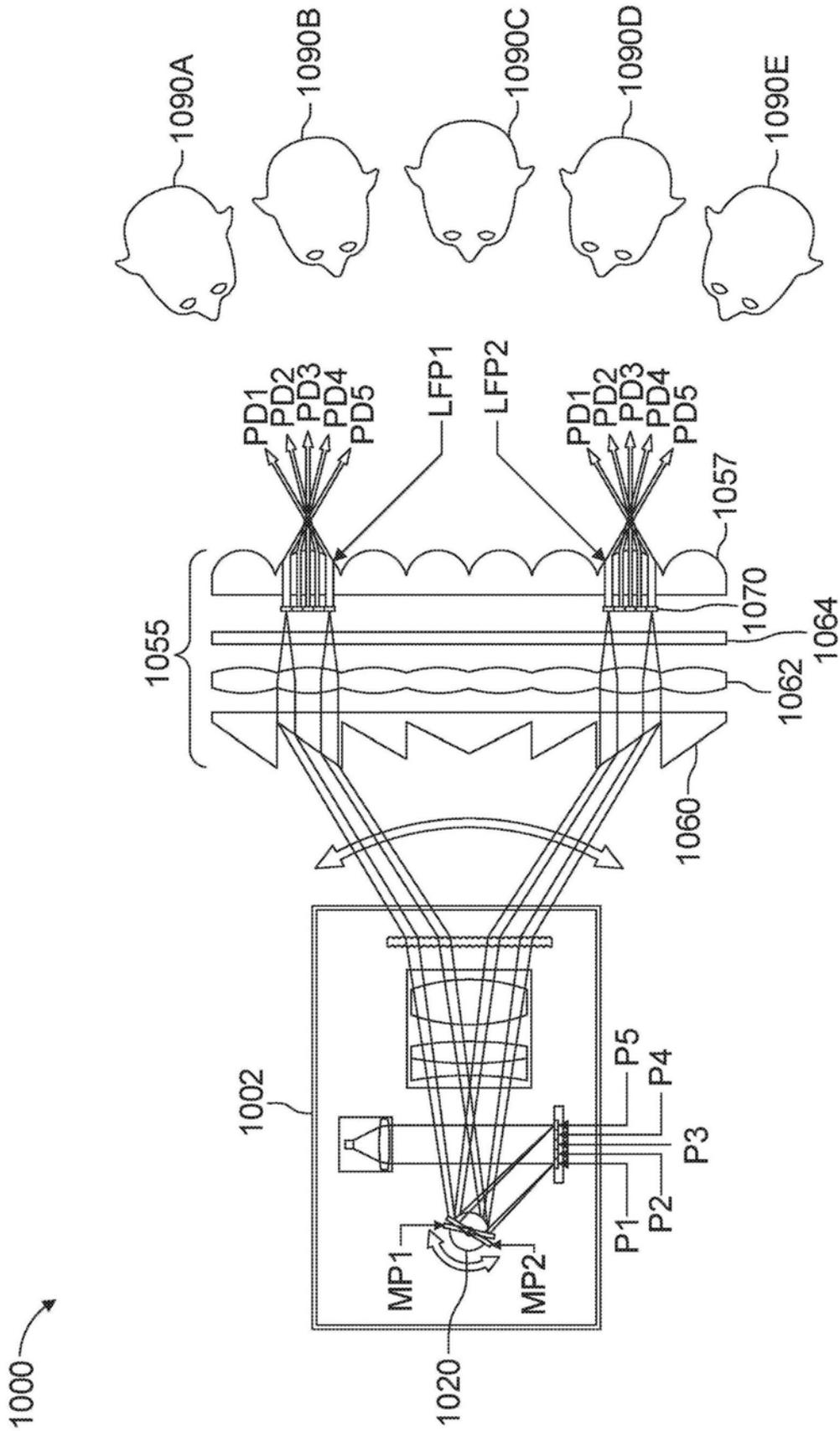


图10

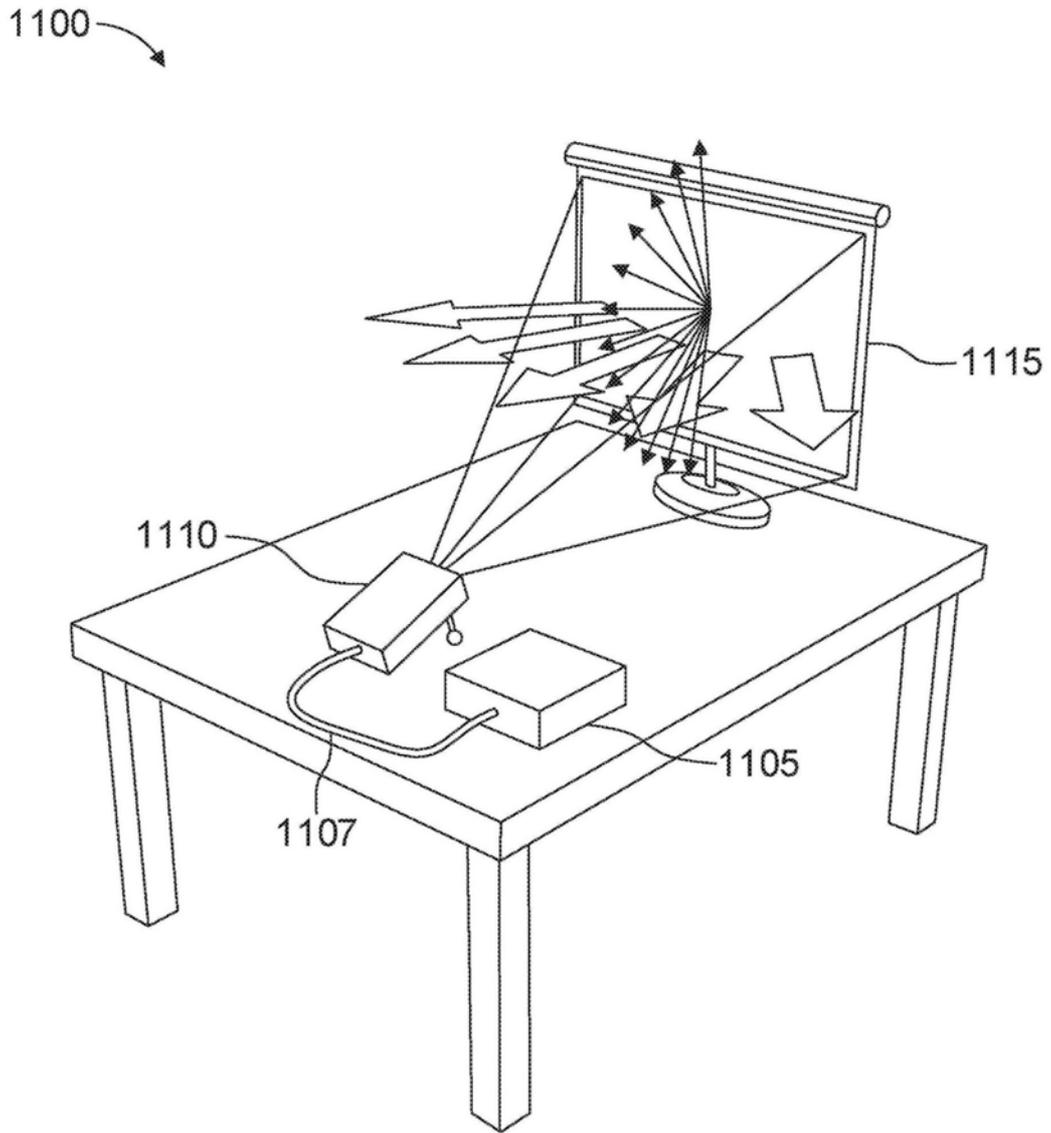


图11

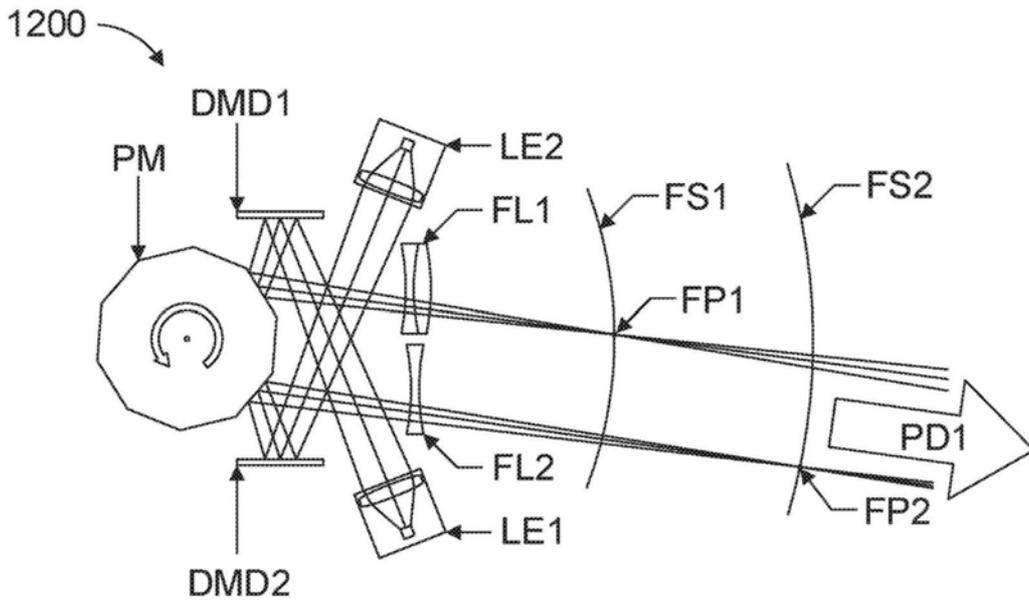


图12A

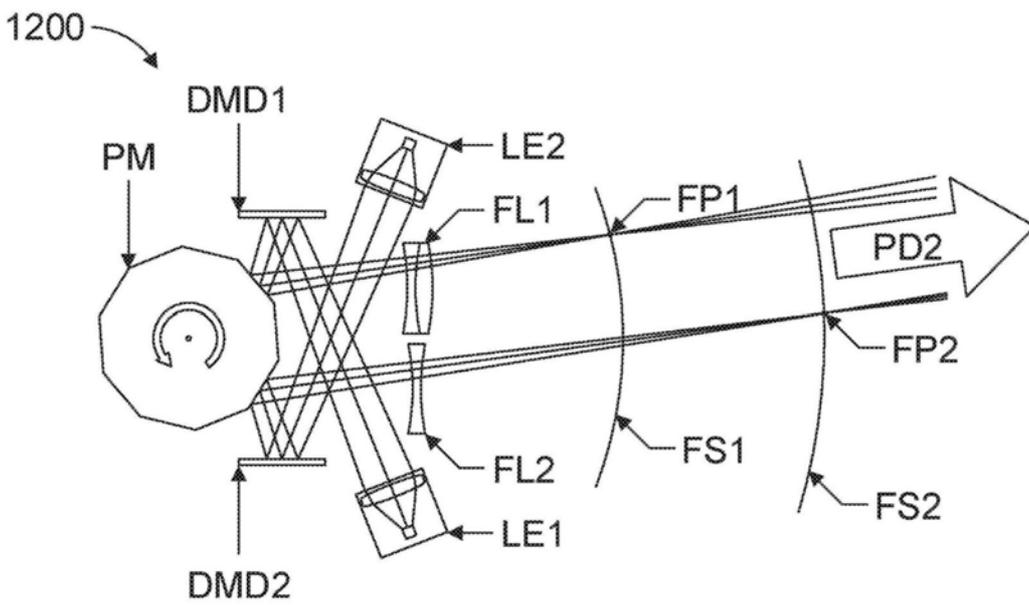


图12B

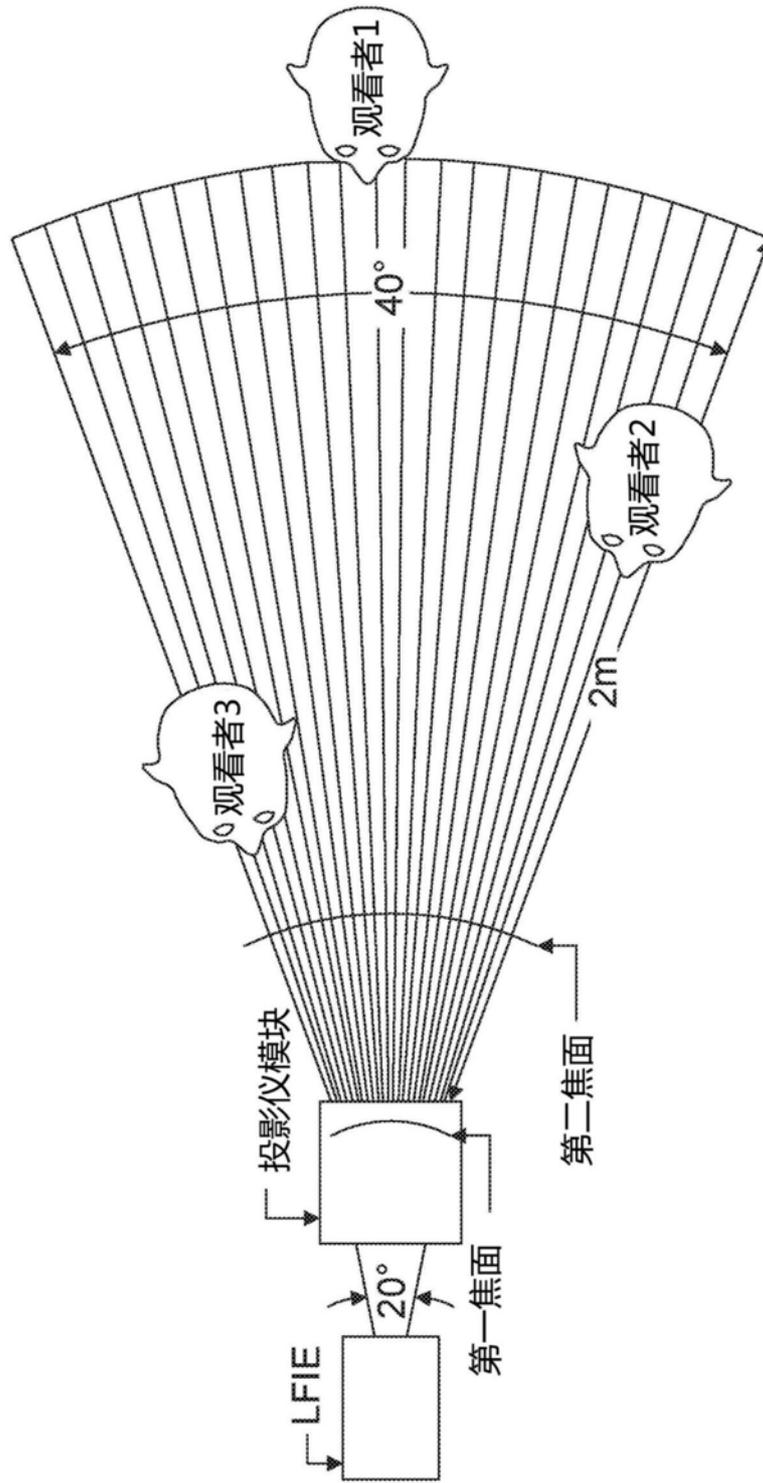


图13A

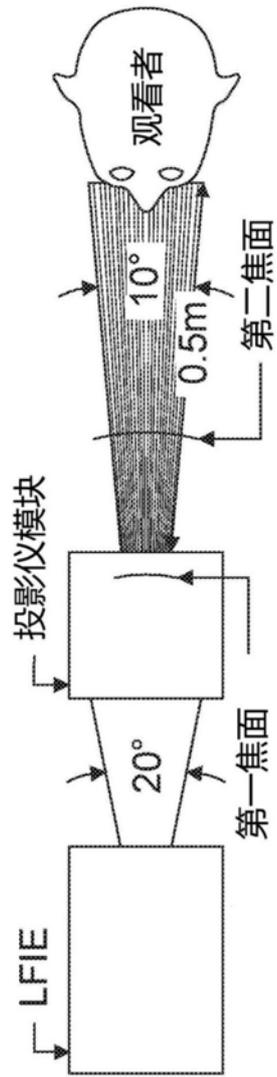


图13B

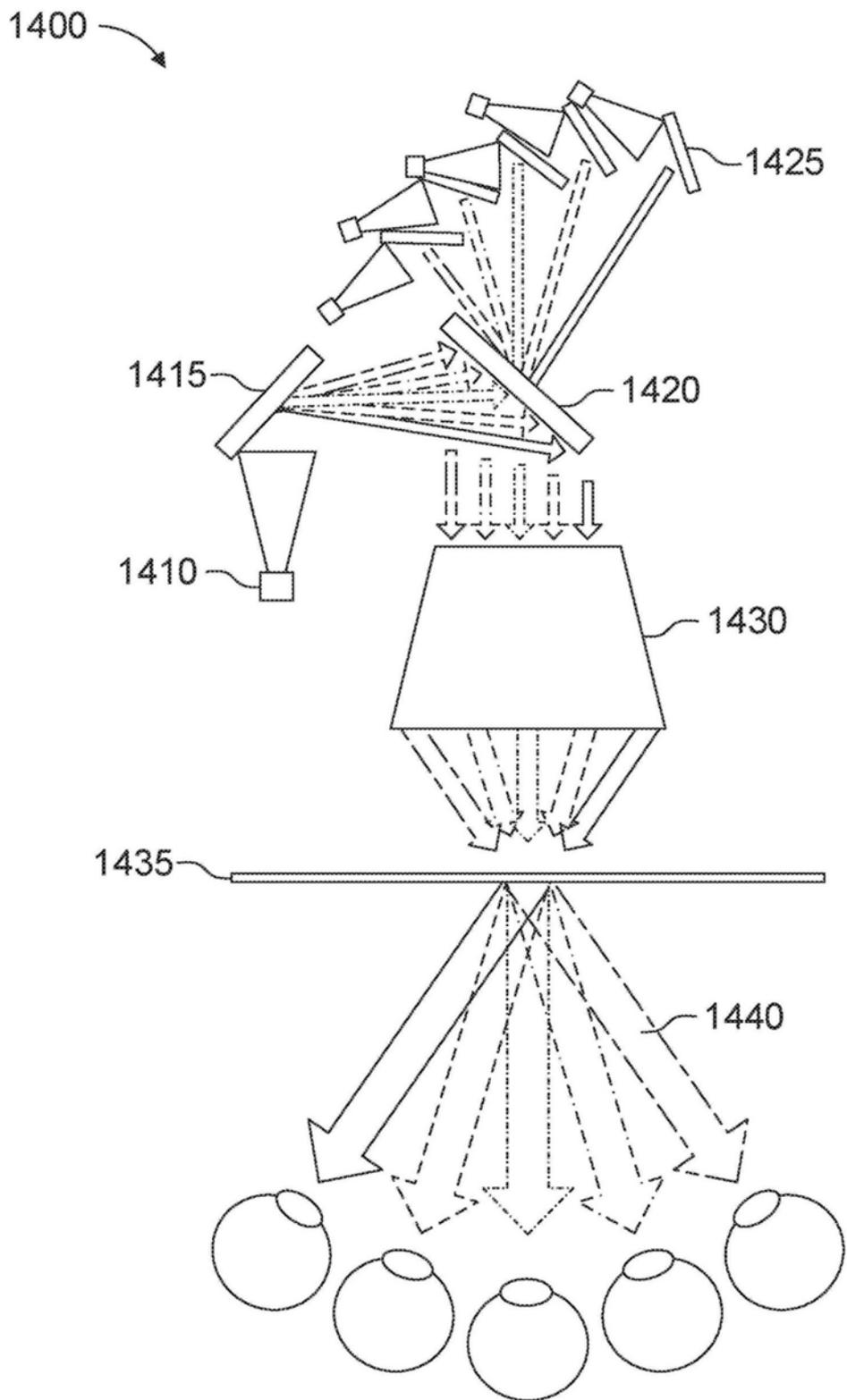


图14

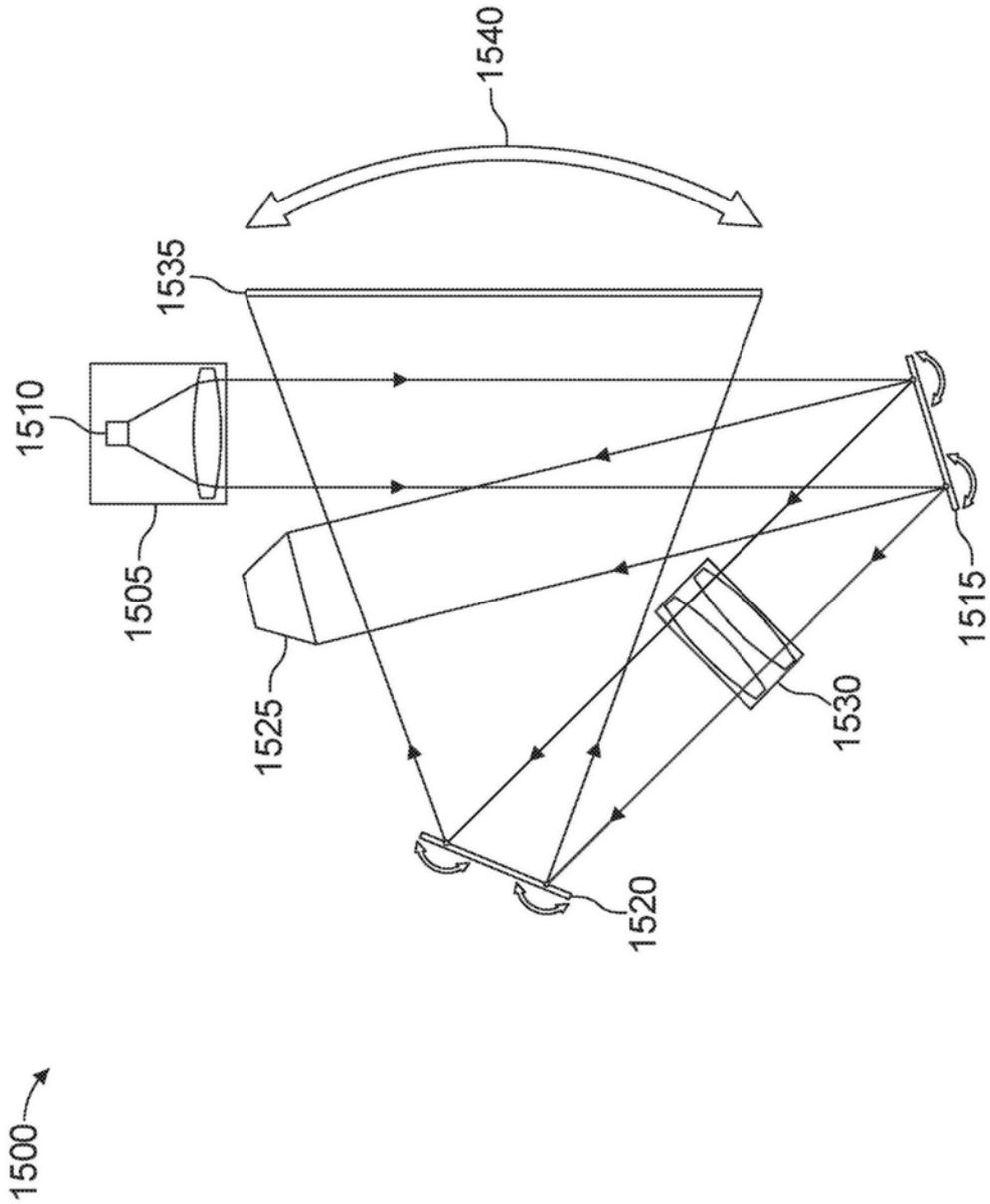


图15

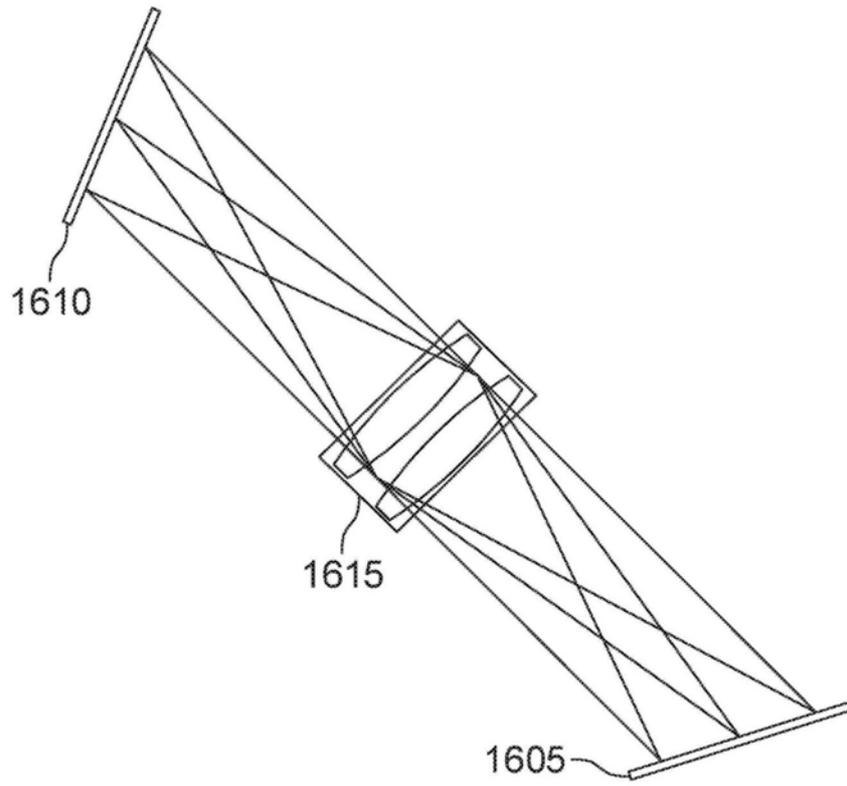


图16A

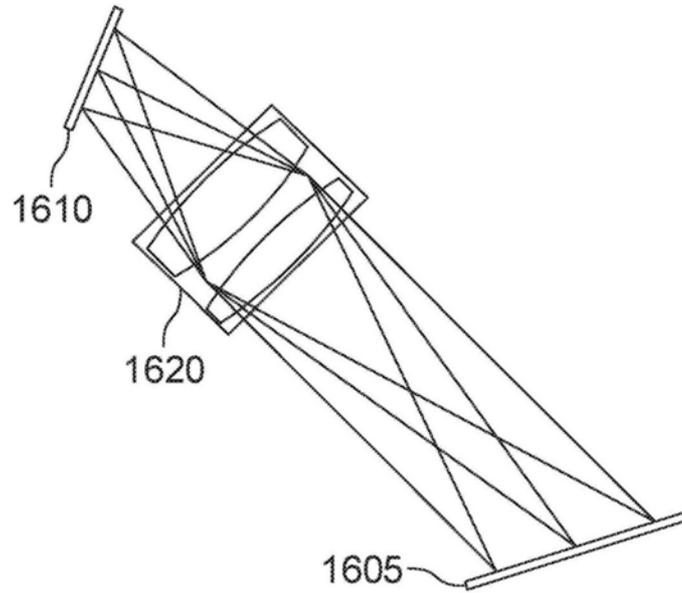


图16B

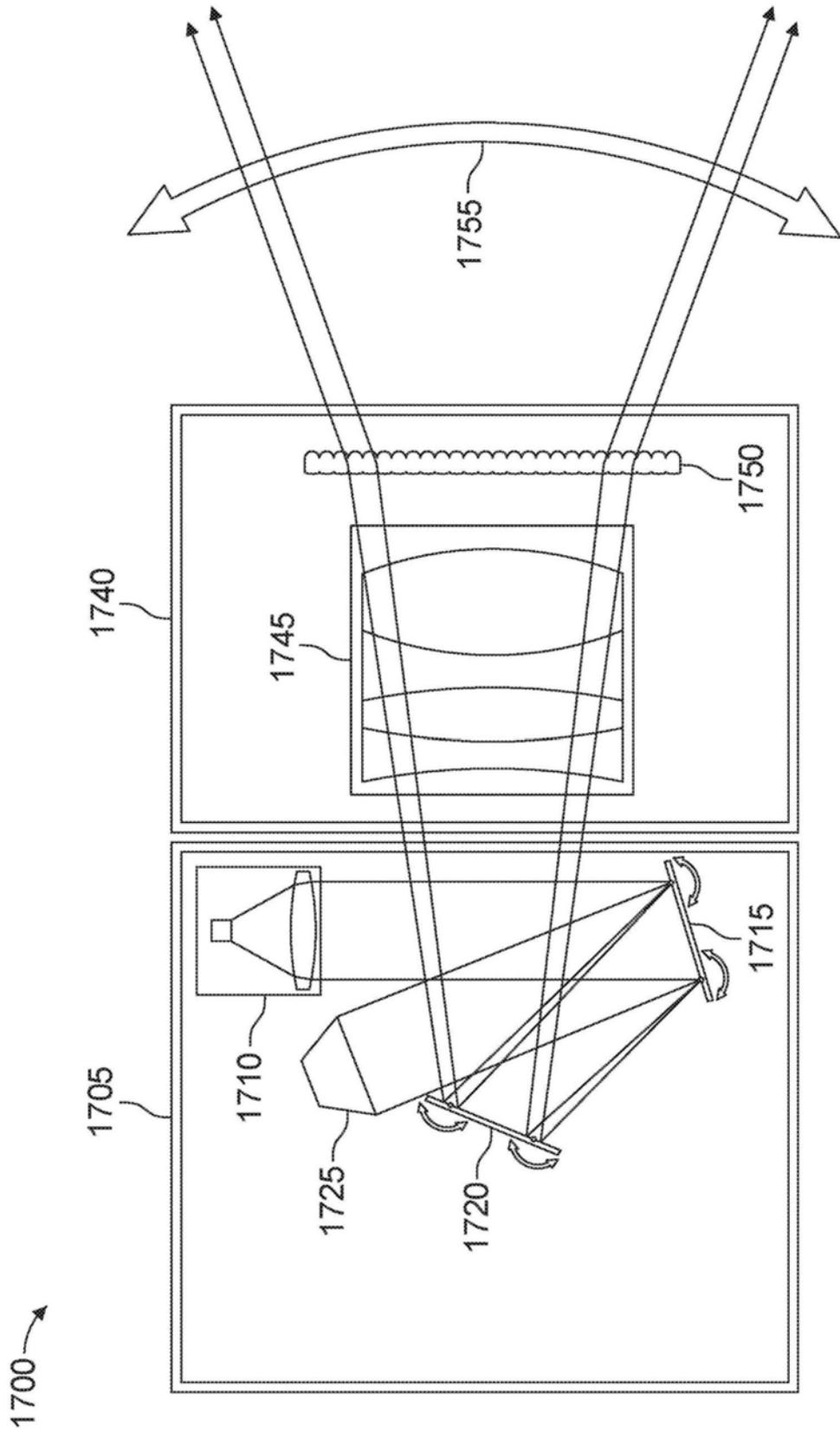


图17

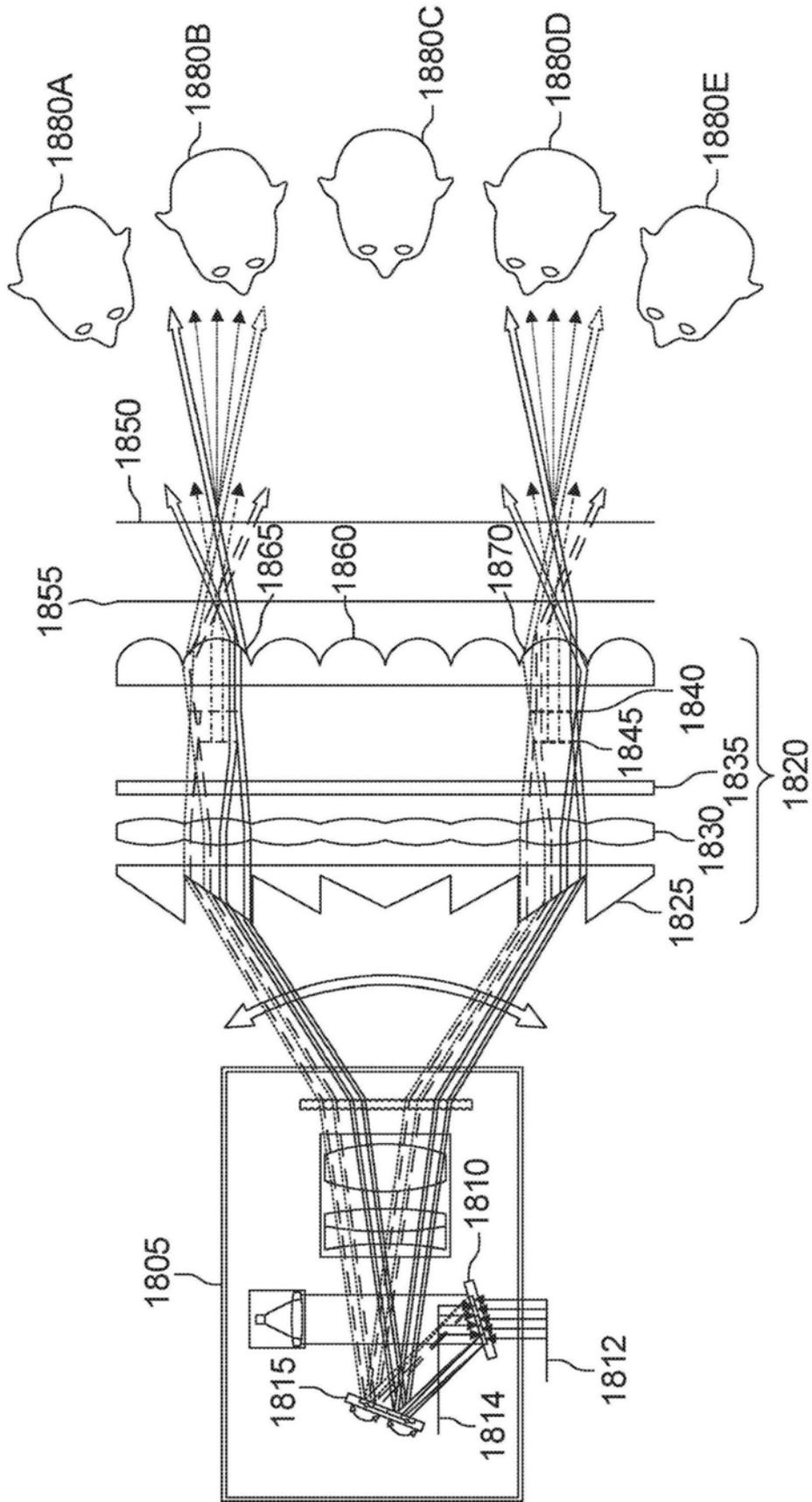


图18

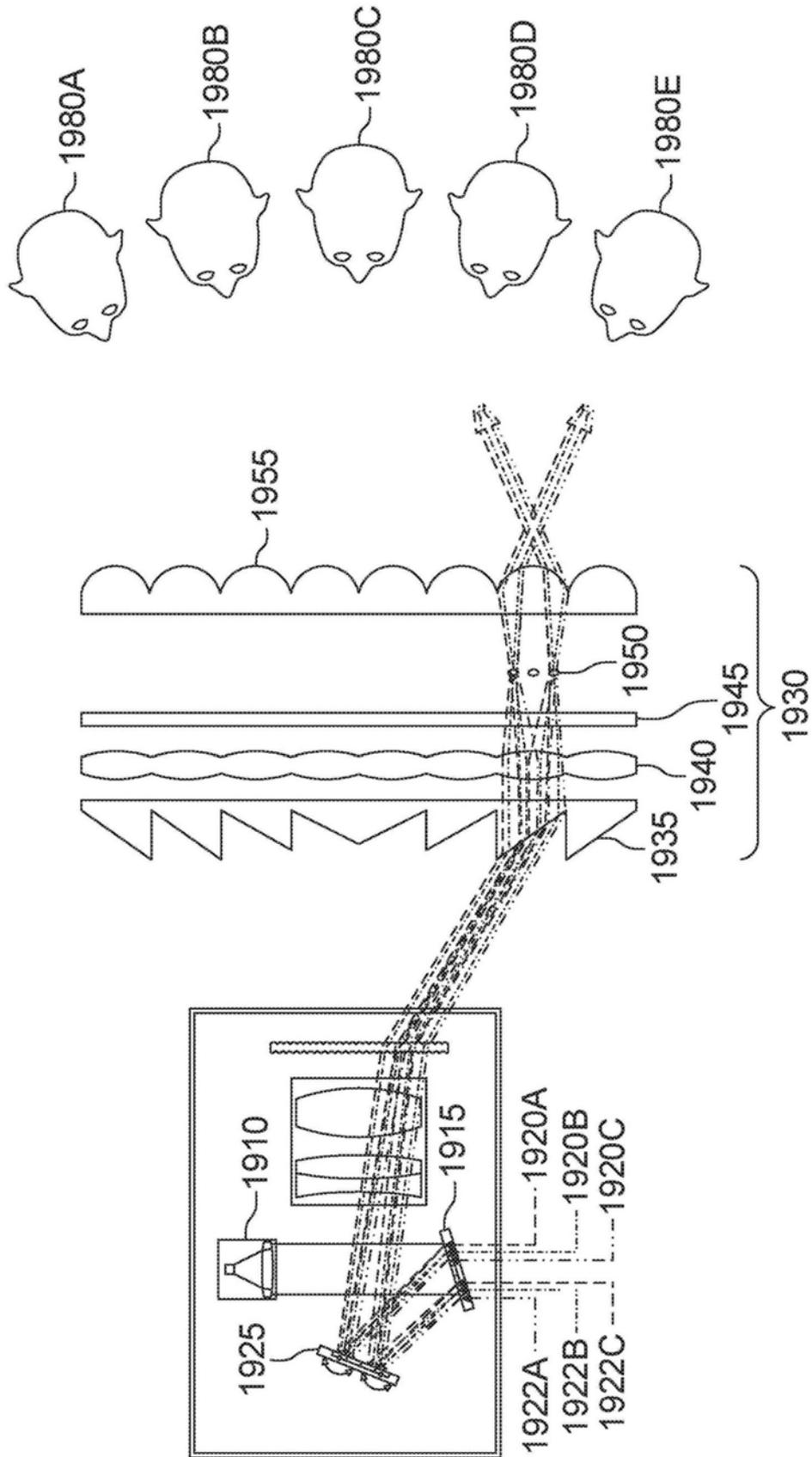


图19

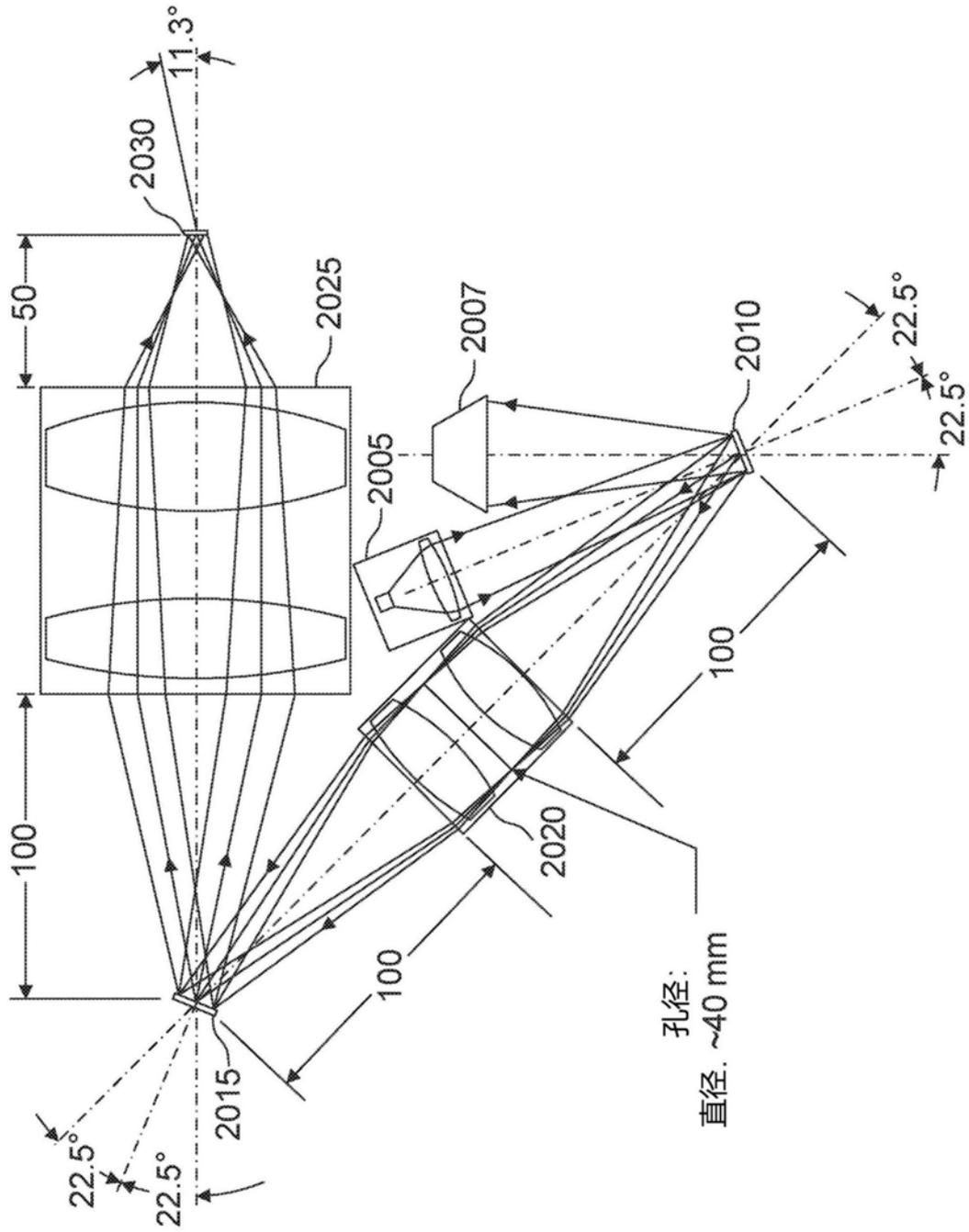


图20A

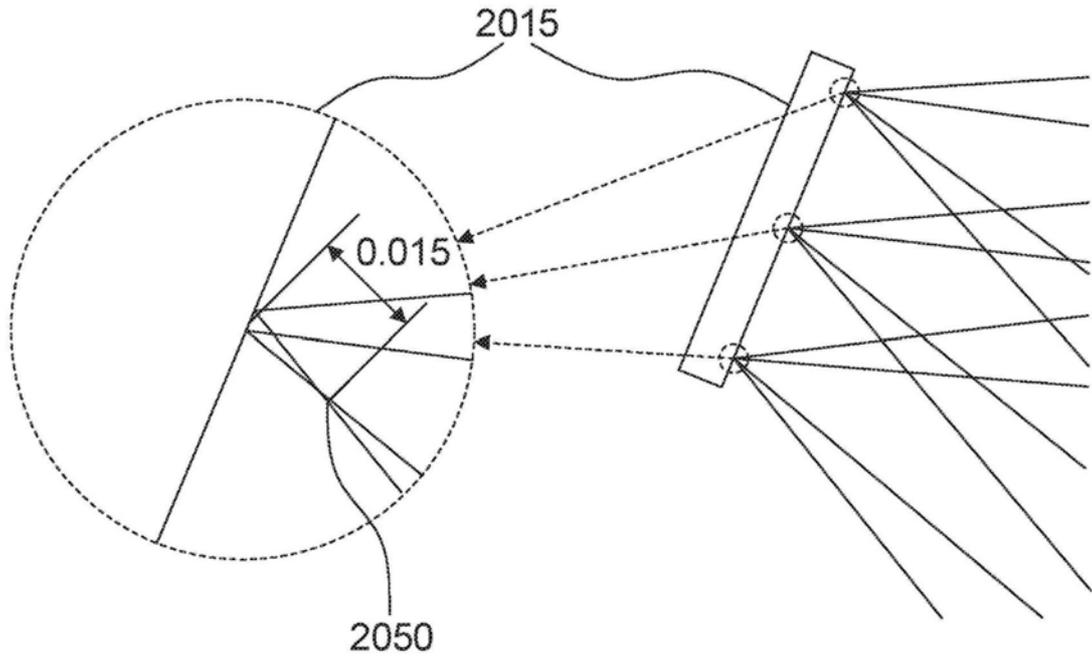


图20B

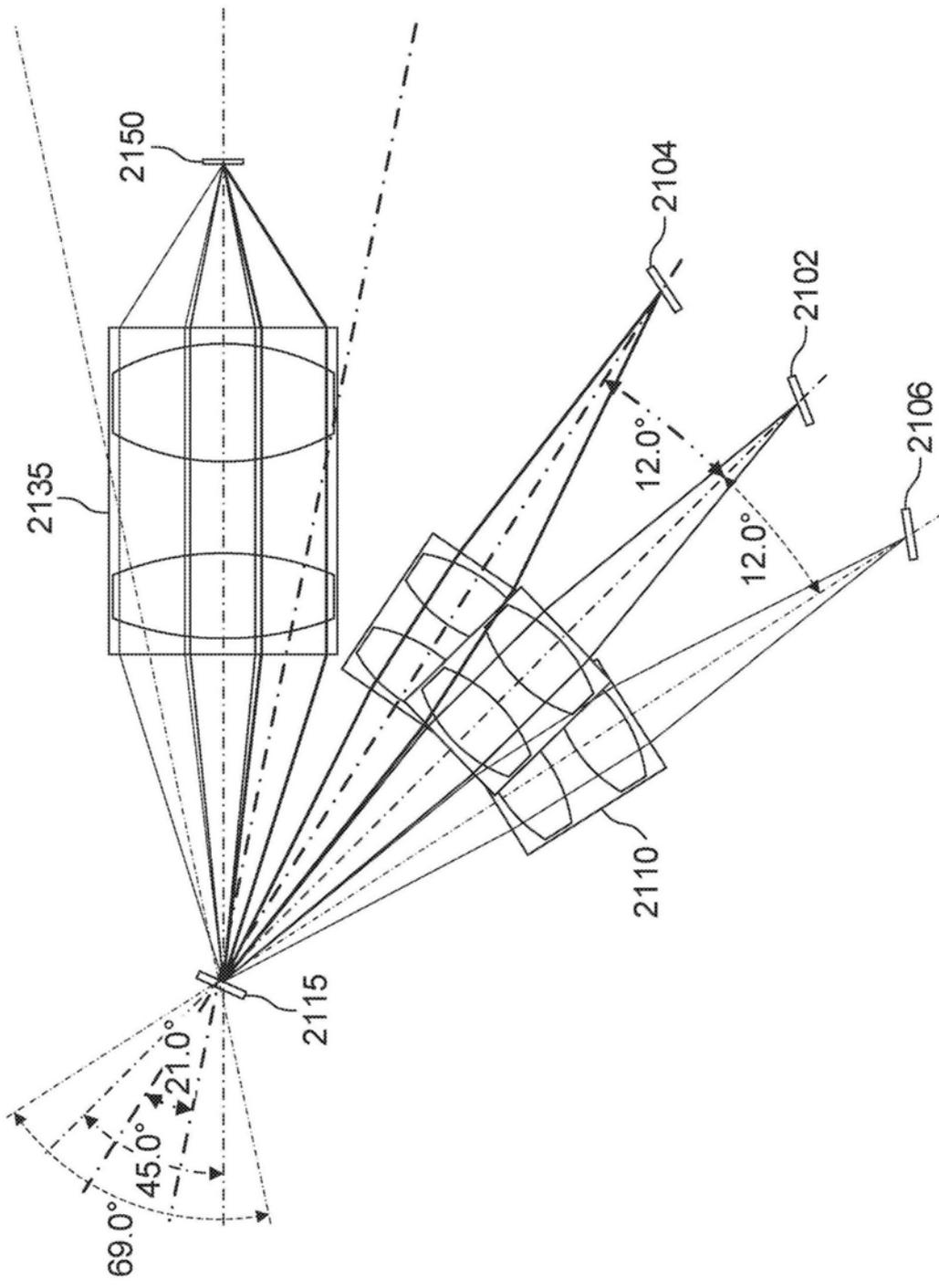


图21

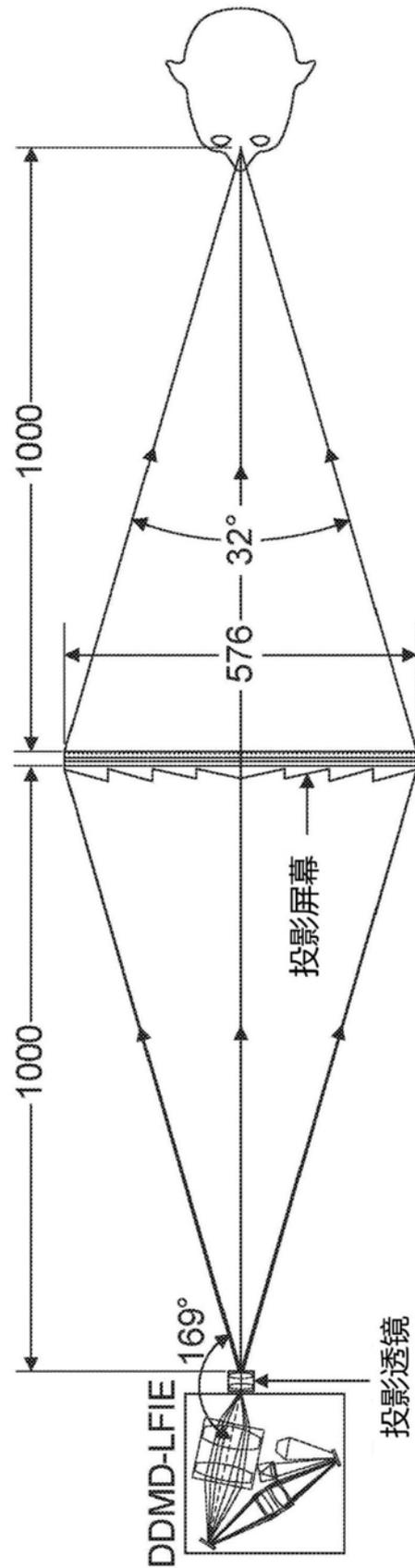


图22

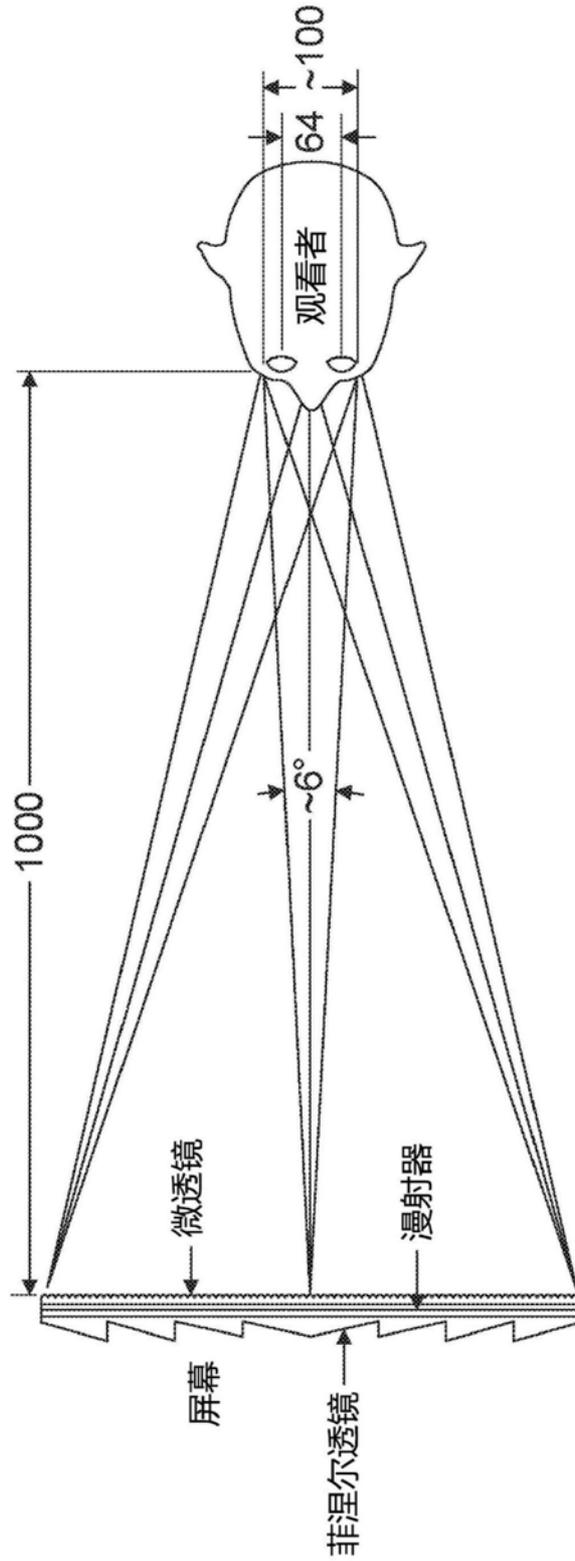


图23

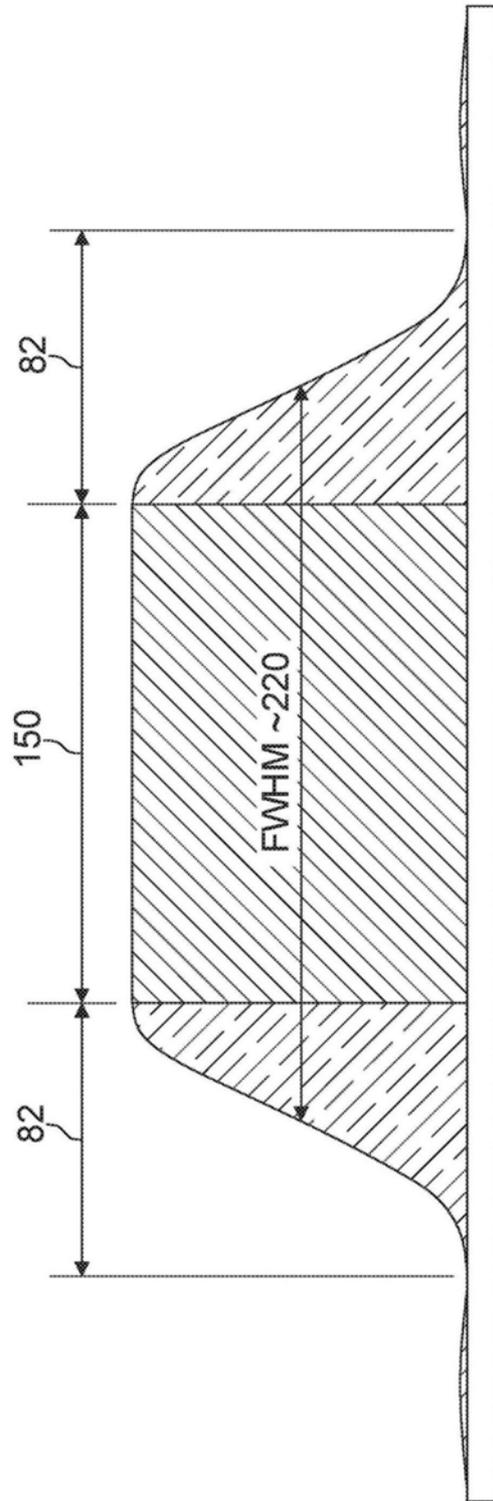


图24A

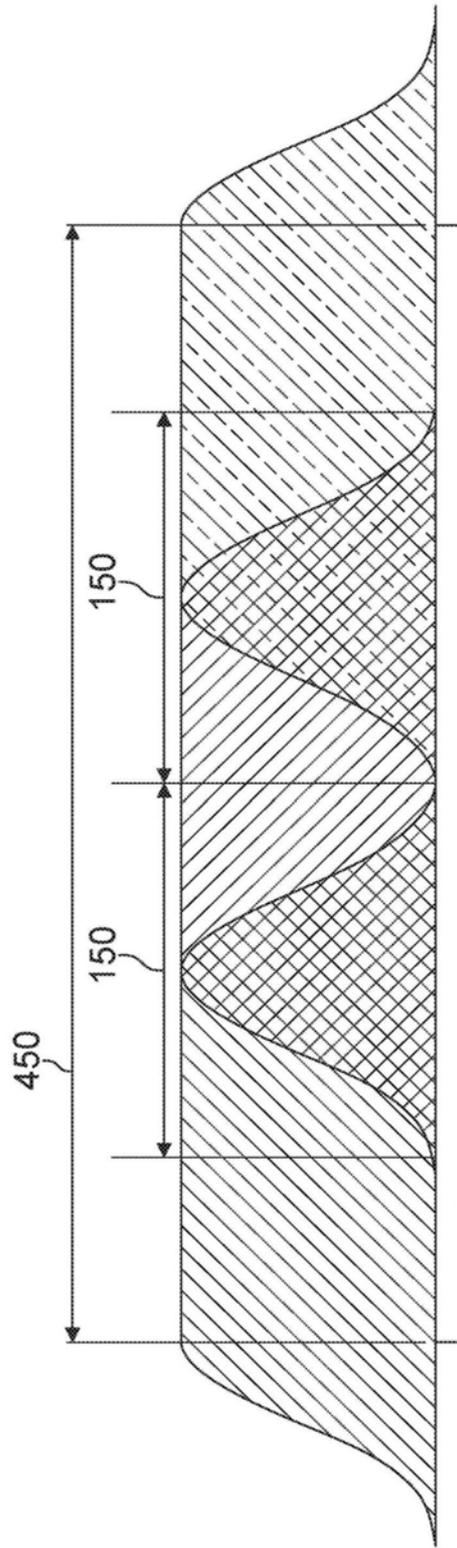


图24B

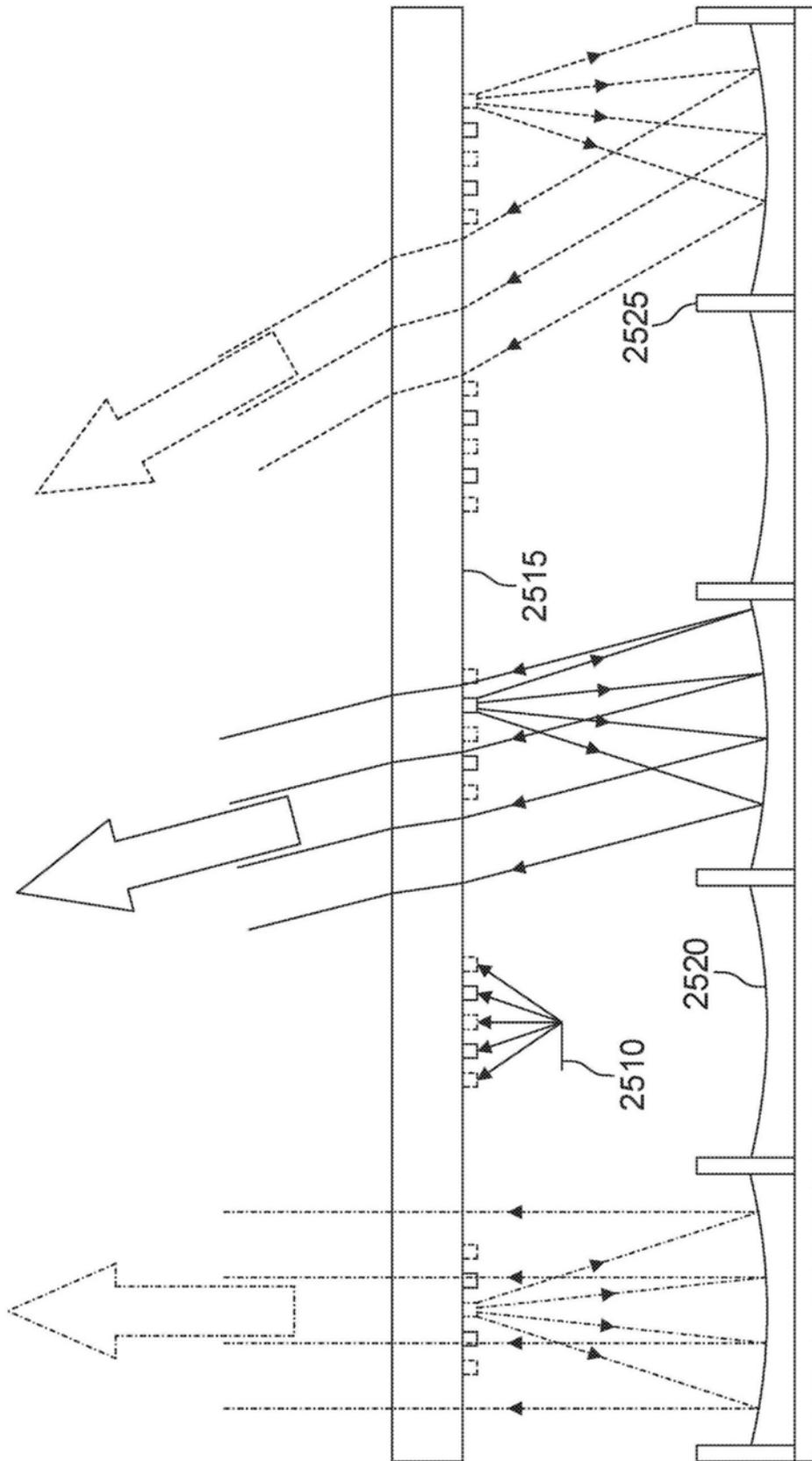


图25

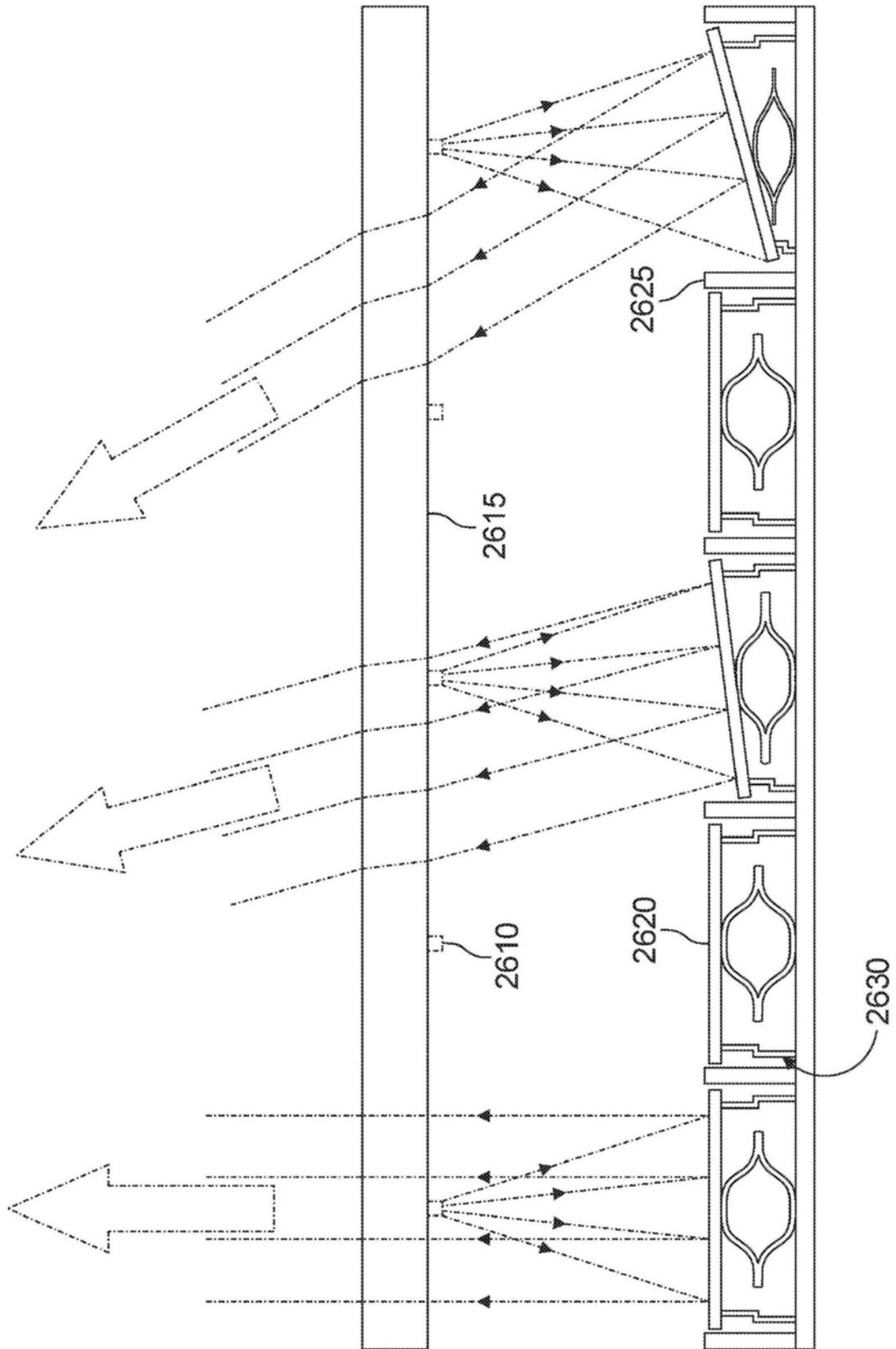


图26

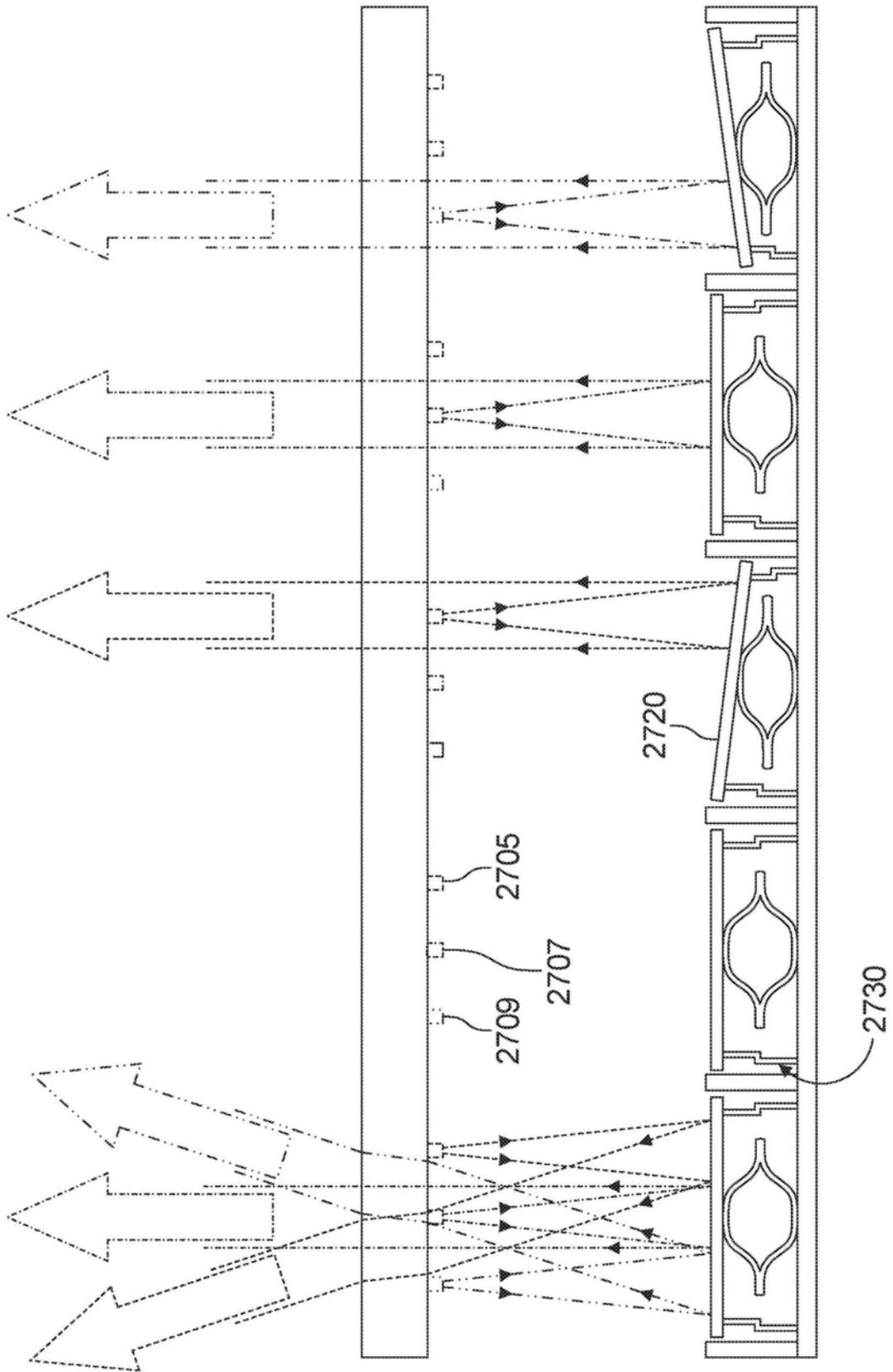


图27

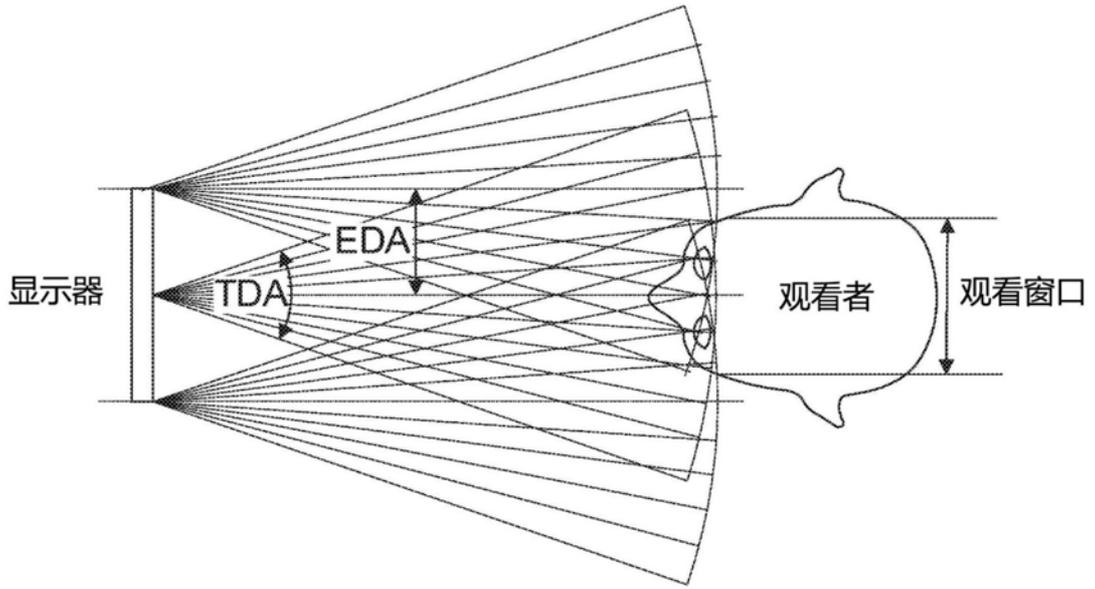


图28A

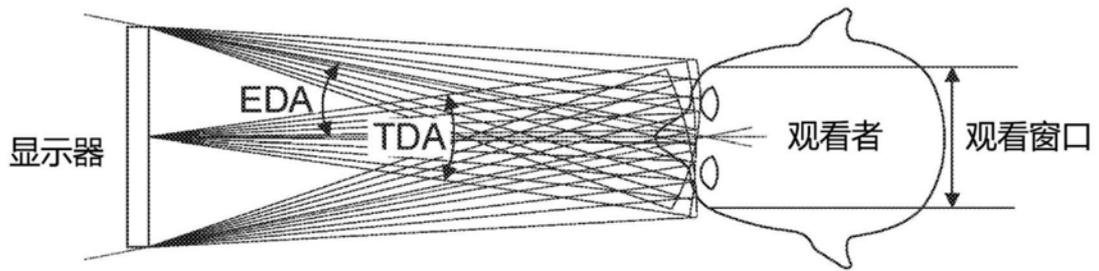


图28B

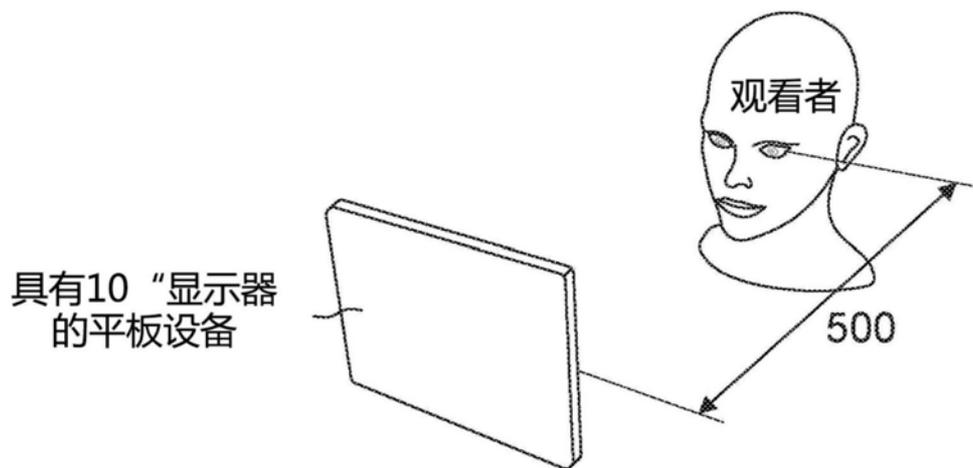


图29A

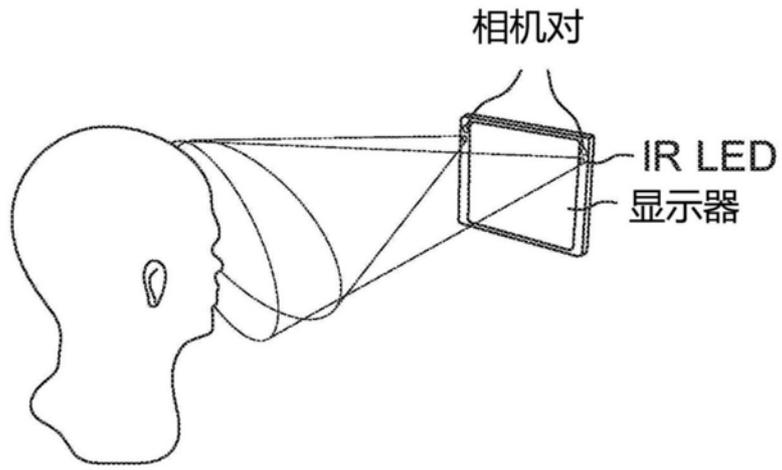


图29B

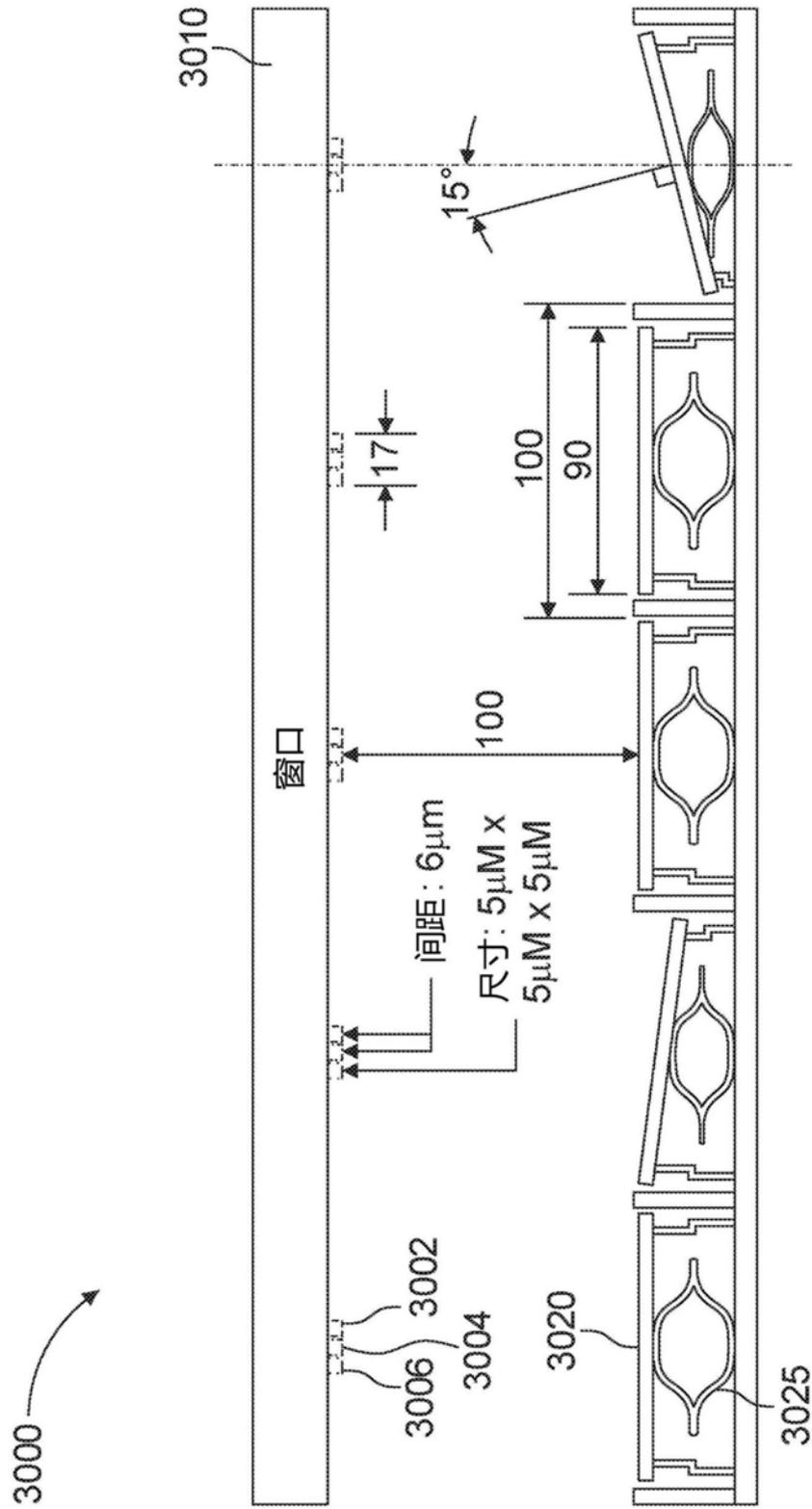


图30

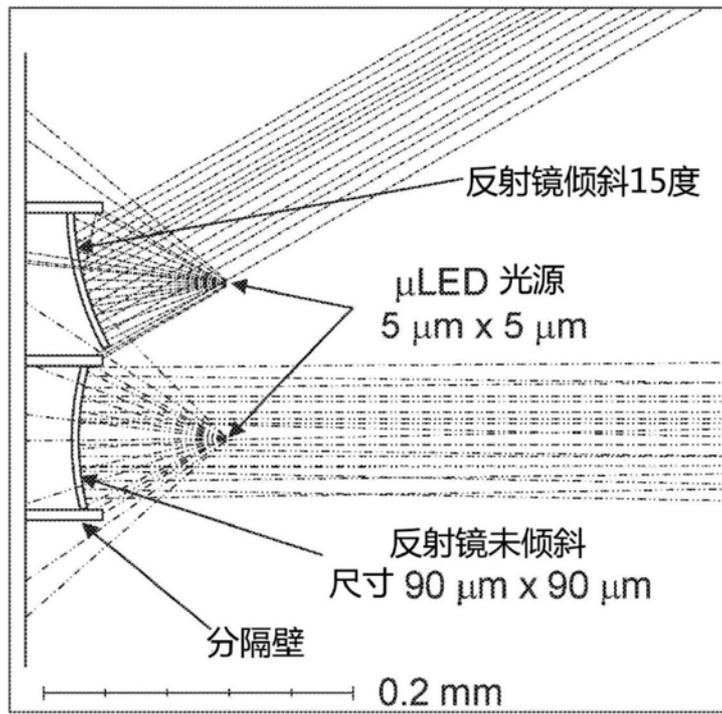


图31A

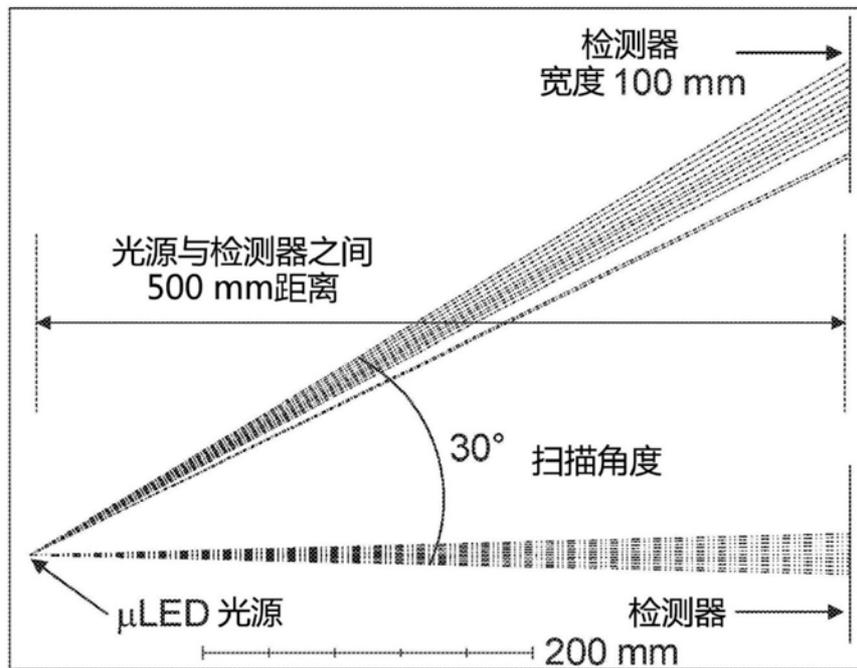


图31B

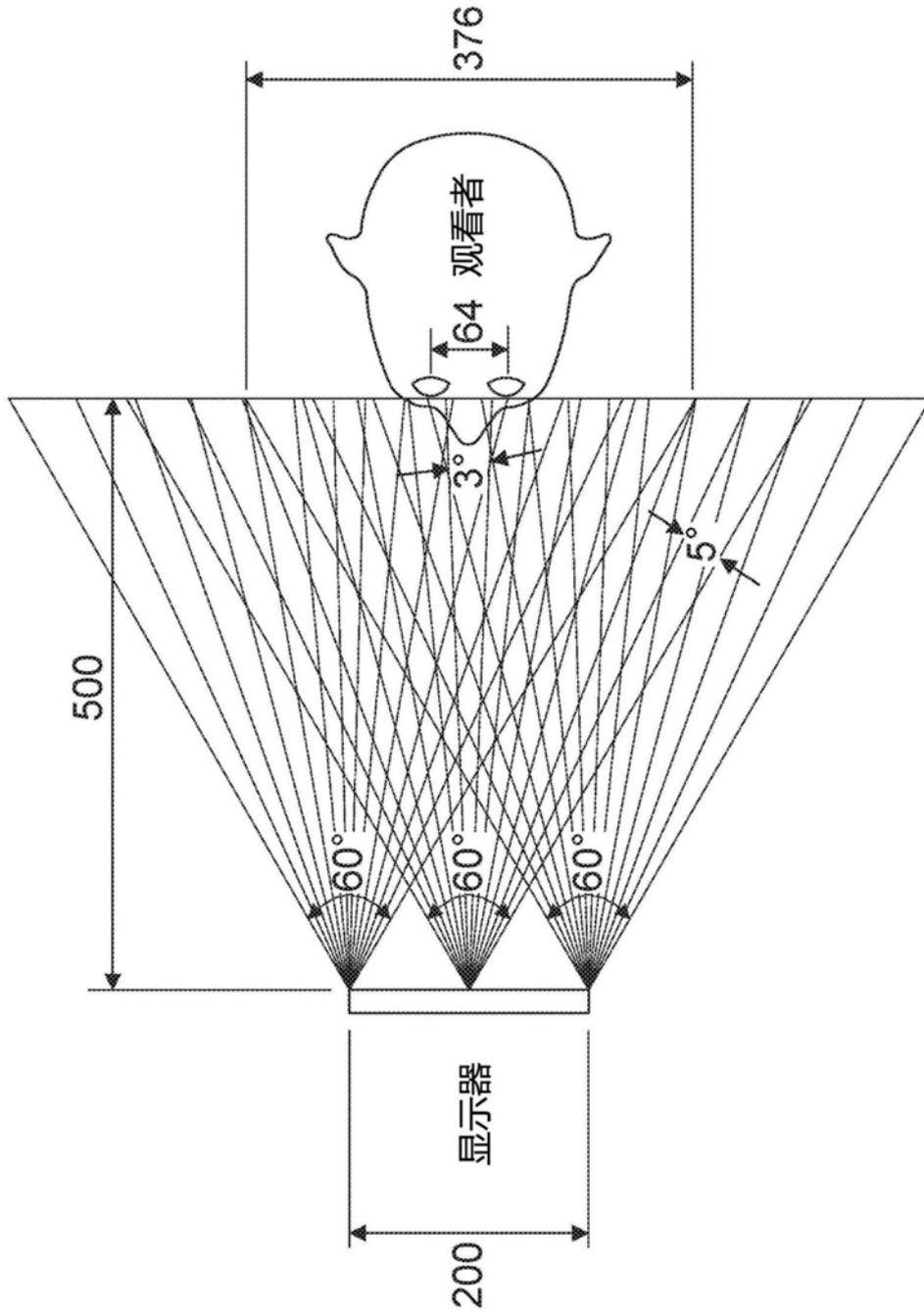


图32

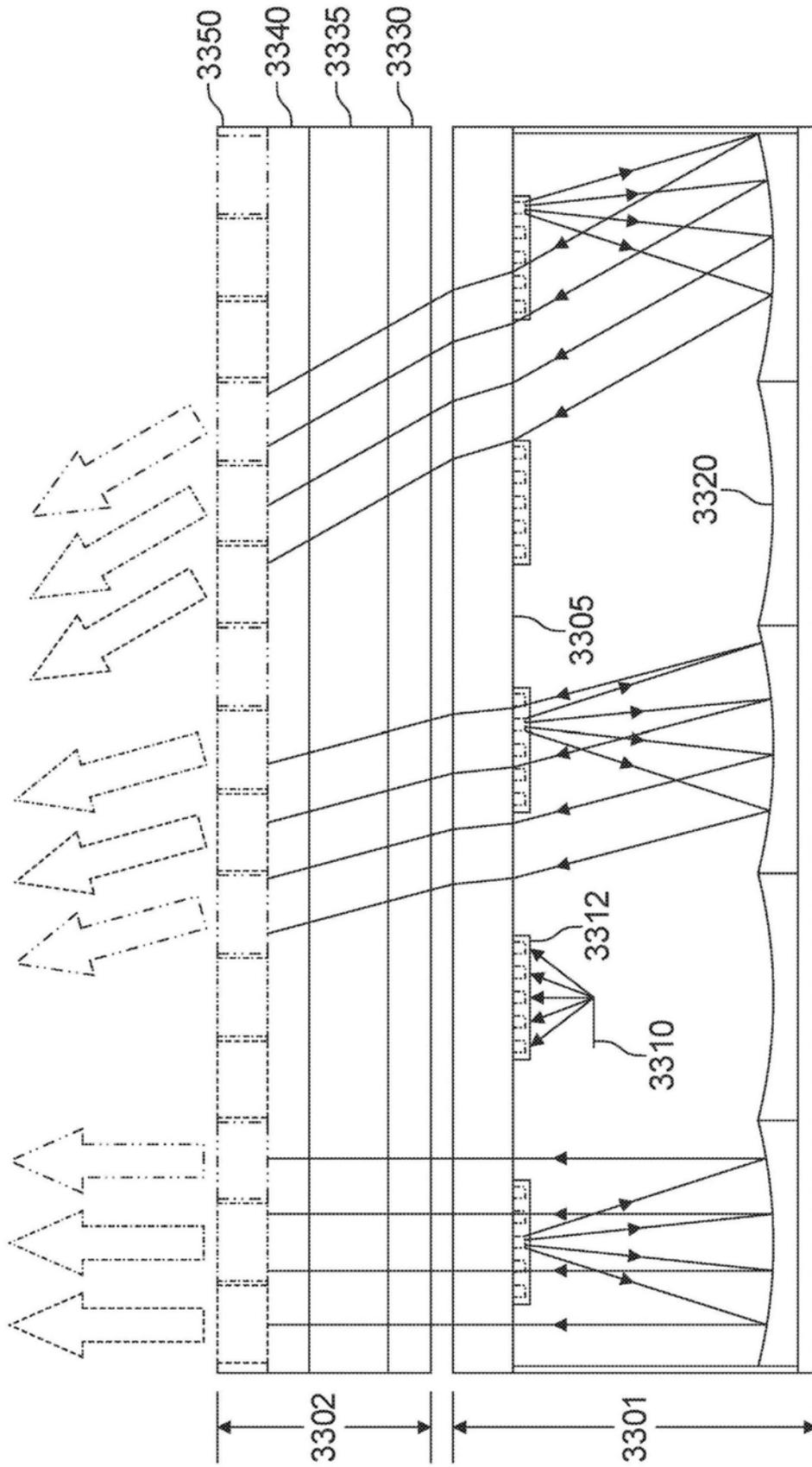


图33

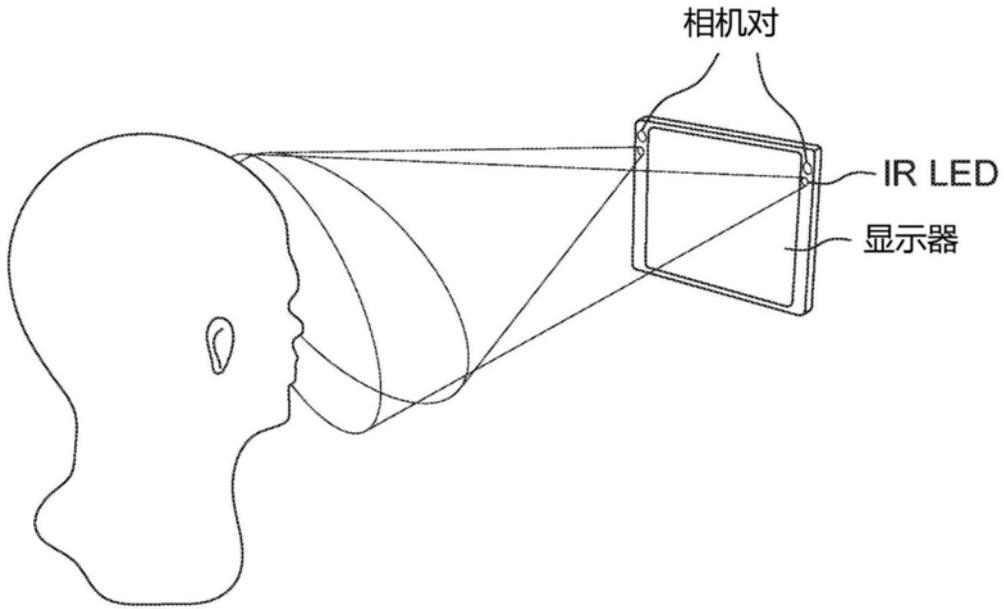


图34

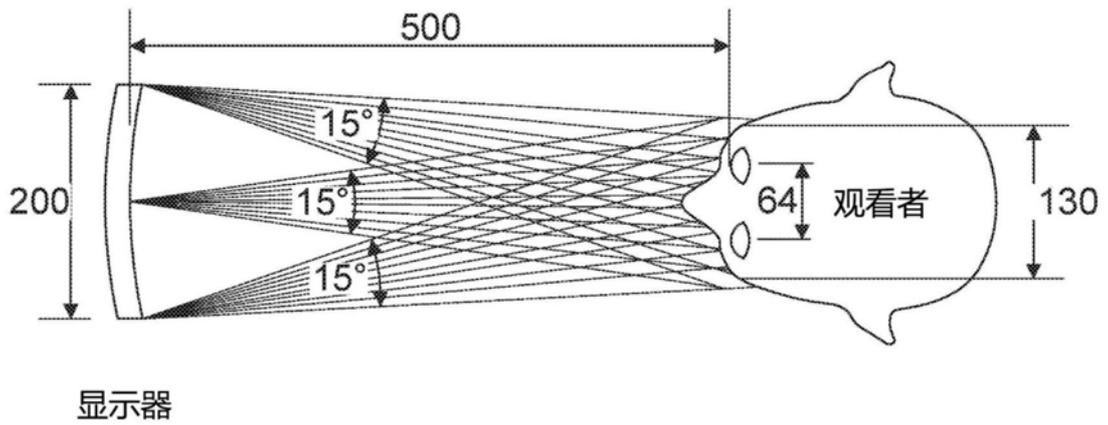


图36

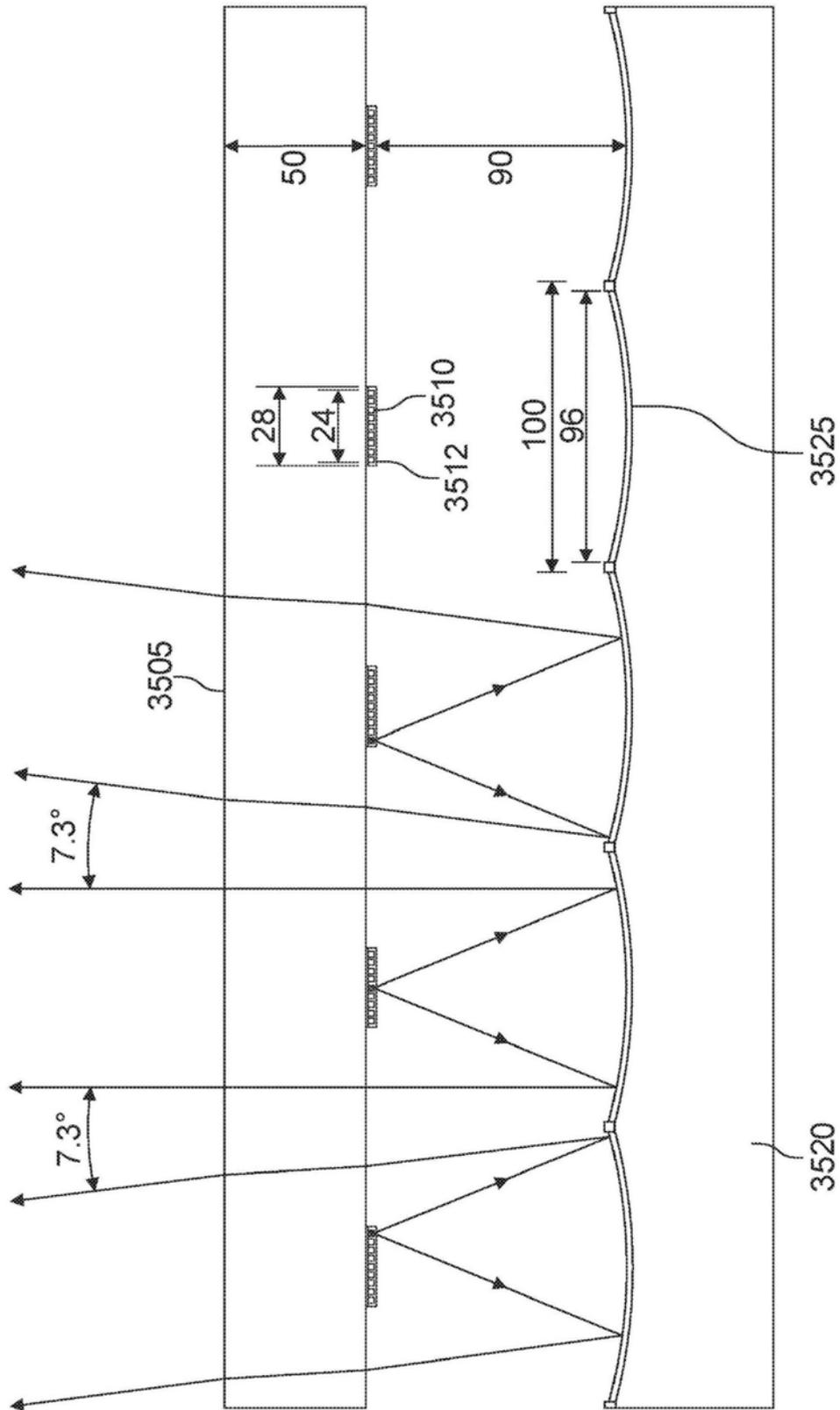


图35

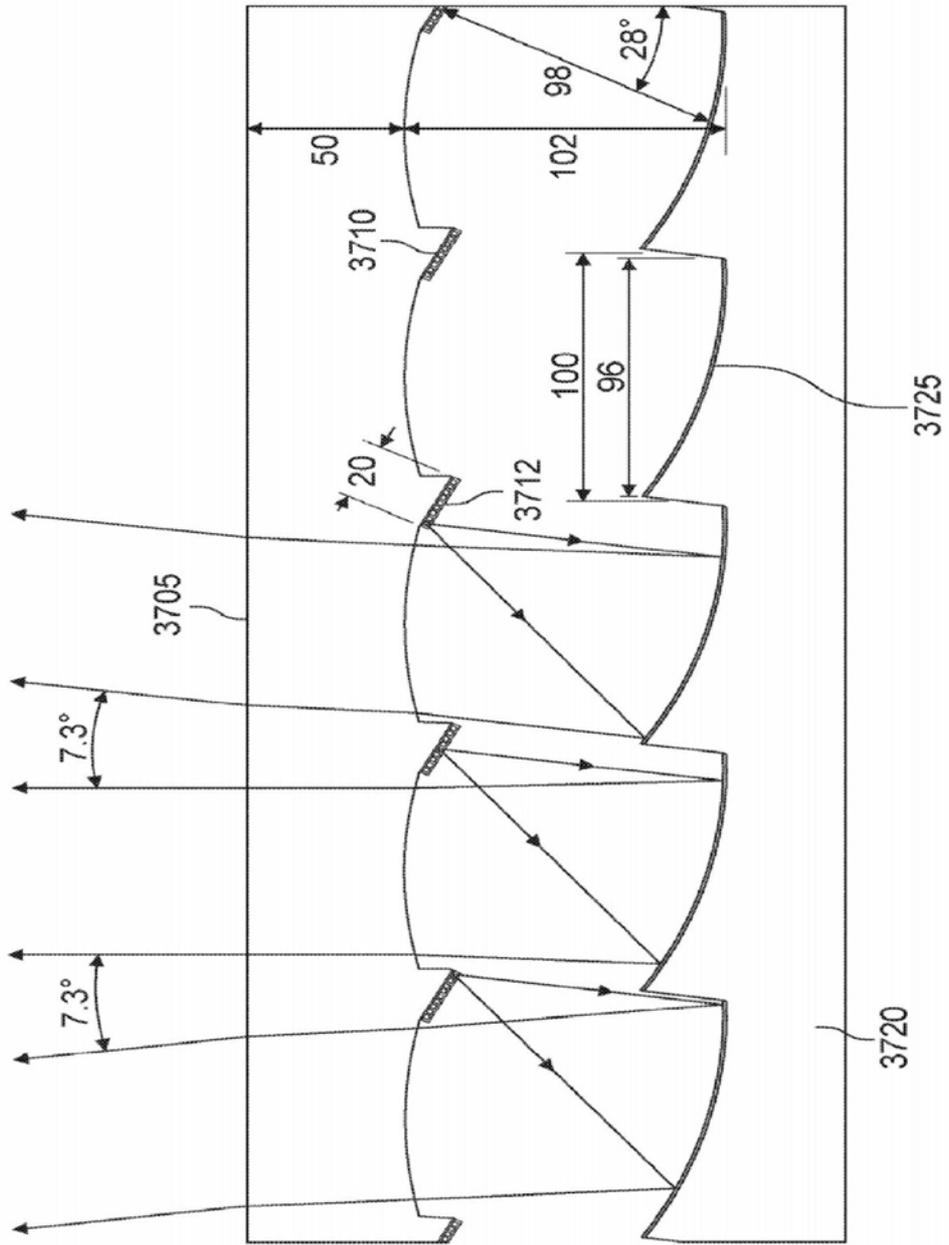


图37