



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113544577 B

(45) 授权公告日 2024. 02. 13

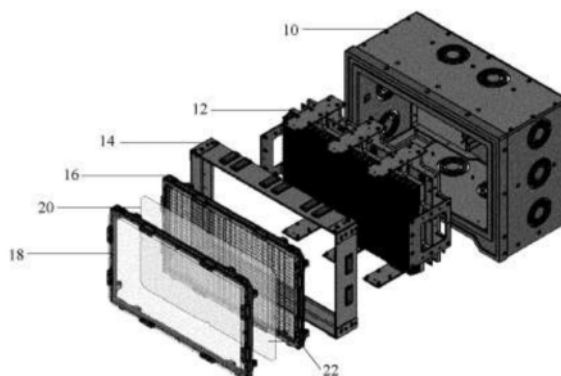
(21) 申请号 201980064233.9
 (22) 申请日 2019.09.30
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113544577 A
 (43) 申请公布日 2021.10.22
 (30) 优先权数据
 62/738,307 2018.09.28 US
 16/433,303 2019.06.06 US
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日
 2021.03.29
 (86) PCT国际申请的申请数据
 PCT/CA2019/051393 2019.09.30
 (87) PCT国际申请的公布数据
 W02020/061714 EN 2020.04.02
 (73) 专利权人 阿瓦龙全息照相技术股份公司
 地址 加拿大纽芬兰与拉布拉多省
 (72) 发明人 J·佩卡姆 D·韦伯
 (74) 专利代理机构 余姚德盛专利代理事务所
 (普通合伙) 33239
 专利代理师 周积德

(51) Int.Cl.
 G02B 30/27 (2020.01)
 G02B 27/18 (2006.01)
 H04N 13/307 (2018.01)
 (56) 对比文件
 US 2016373701 A1,2016.12.22
 US 2008309754 A1,2008.12.18
 US 2013194458 A1,2013.08.01
 Zhou Zhong等.Light Field Projection for Lighting Reproduction.《IEEE Virtual Reality Conference 2015》.2015,第135-137页.
 Hayato Watanabe等.Integral Imaging System using Locally Controllable Point Light Source Array.《Society for Imaging Science and Technology》.2018,第247-2~247-3页.
 Zhou Zhong等.Light Field Projection for Lighting Reproduction.《IEEE Virtual Reality Conference 2015》.2015,
 审查员 史勇

权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称
 直接投影光场显示器

(57) 摘要
 直接投影光场显示器,包括用于直接投影光场的投影仪阵列。整体设计和附加光学器件的结合实现了最佳的光分布和较小的像素尺寸,从而可以产生高清3D显示。直接投影光场显示器的体系结构对每个投影仪的亮度要求低,从而导致产生高清晰度的光场,增加了投影仪的密度,减少了系统并降低了功率要求。



1. 光场显示器,包括:
包括多个光场投影仪的投影仪阵列,其中每个投影仪被配置为产生光线;
多个透镜系统,被配置为使由所述投影仪阵列产生的光线产生光场,其中,所述多个透镜系统包括:
第一透镜系统,其包括:
第一透镜子系统,包括小透镜阵列,所述第一透镜系统被定位成接收来自所述投影仪阵列的光线;以及
第二透镜子系统,定位成接收来自第一透镜子系统的光,第二透镜子系统包括漫射阵列,定位成接收来自第一透镜子系统中的一个或多个小透镜的准直光束;以及
第二透镜系统,其包括微阵列小透镜,所述第二透镜系统被定位成接收来自所述第二透镜子系统的漫射的准直光束,其中由第二透镜系统接收的漫射的准直光束根据点扩展函数而漫射,其中从所述微阵列小透镜输出的光形成所述光场。
2. 根据权利要求1所述的光场显示器,其中,所述第一透镜子系统的每个小透镜被定位成接收来自所述投影仪阵列中的相应的一个投影仪的光。
3. 根据权利要求1所述的光场显示器,其中,所述第一透镜系统包括准直小透镜阵列。
4. 根据权利要求1所述的光场显示器,其中,所述点扩展函数由具有半峰全宽(FWHM)的高斯函数来描述,所述高斯函数由所述光场显示器的一个或多个参数来表征。
5. 根据权利要求4所述的光场显示器,其中,所述光场显示器的所述一个或多个参数包括以下各项中的一项或多项:
霍格尔节距;
像素节距;以及
所述第二透镜系统的焦距。
6. 根据权利要求1所述的光场显示器,其中,所述投影仪阵列包括用于调节每个投影仪的方向的调节元件。
7. 根据权利要求1所述的光场显示器,还包括壳体,其中,所述投影仪阵列和多个透镜系统布置在所述壳体中。
8. 创建光场的方法,包括:
由投影仪阵列的多个投影仪中的每一个产生光线;
将所述投影仪阵列产生的光线渲染为光场图像,包括:
通过第一小透镜阵列,准直由所述投影仪阵列产生的光线,以形成准直光束;
将来自第一小透镜阵列的准直光束接收到漫射阵列,以产生漫射的准直光束,其中漫射的准直光束根据点扩展函数而漫射;以及
通过微阵列小透镜的至少一个阵列,接收漫射的准直光束,其中从微阵列小透镜输出的光形成光场。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述点扩展函数由具有半峰全宽(FWHM)的高斯函数描述,所述高斯函数由光场显示器的一个或多个参数来表征。
10. 根据权利要求8所述的方法,包括调整所述投影仪阵列中的一个或多个投影仪中的每一个的方向。

直接投影光场显示器

[0001] 优先权要求

[0002] 本申请要求于2018年9月28日提交的美国专利申请序号62/738,307的优先权,其全部内容通过引用合并于本文中。

背景技术

[0003] 三维显示器允许观看者在他们正在观看的图像上获得更广阔的视野。一些三维显示器使用偏振光,并且要求观看者戴上专门的眼镜。其他人则使用直接投影并产生在单个维度上提供一定视差的图像。

发明内容

[0004] 本公开涉及用于以固定的一组基本图像直接投影光场的投影仪阵列。直接投影方法在整体设计中产生了许多好处,包括减小的系统深度,直接的像素与视图数的关系以及每个投影仪的亮度要求降低。

[0005] 根据一个方面,存在光场显示器,其包括:

[0006] i. 包括多个光投影仪的投影仪阵列,其中每个投影仪被配置为产生光线;ii. 多个透镜系统,被配置为使由所述投影仪阵列产生的光线产生光场,其中,所述多个透镜系统包括:

[0007] a. 第一透镜系统,其包括小透镜阵列,所述第一透镜系统被定位成接收来自所述投影仪阵列的光线;以及

[0008] b. 第二透镜系统,其包括微阵列小透镜,所述第二透镜系统被定位成接收来自所述第一透镜系统的漫射的准直光束,其中从所述微阵列小透镜输出的光形成所述光场。

[0009] 实施方案可以包括以下特征中的一个或多个。

[0010] 在光场显示器的实施方案中,第一透镜系统的每个小透镜被定位成接收来自投影仪阵列中的相应的一个投影仪的光。

[0011] 在光场显示器的实施方案中,第一透镜系统包括第一透镜子系统和第二透镜子系统,其中,第二透镜子系统位于第一透镜子系统与所述第二透镜系统之间,第二透镜子系统被定位为接收来自第一透镜子系统的光,并且第二透镜系统被定位成接收来自第二透镜子系统的漫射的,准直光束。

[0012] 在光场显示器的实施方案中,第二透镜子系统包括漫射阵列。

[0013] 在光场显示器的一个实施方案中,漫射阵列被定位成接收来自第一透镜子系统的的一个或多个小透镜的准直光束。

[0014] 在光场显示器的一个实施方案中,第一透镜系统包括准直小透镜阵列。

[0015] 在光场显示器的一个实施方案中,由第二透镜系统接收的漫射的,准直光束根据点扩展函数而漫射。

[0016] 在光场显示器的一个实施方案中,点扩展函数由具有半峰全宽(FWHM)的高斯函数来描述,所述高斯函数由所述光场显示器的一个或多个参数来表征。

[0017] 在光场显示器的一个实施方案中,光场显示器的一个或多个参数包括以下各项中的一项或多项:

[0018] i. 霍格尔节距;

[0019] ii. 像素节距;以及

[0020] iii. 第二透镜系统的焦距。

[0021] 在光场显示器的实施方案中,投影仪阵列包括用于调节每个投影仪的方向的调节元件。

[0022] 在包括壳体的光场显示器的实施方案中,其中投影仪阵列和多个透镜系统布置在所述壳体中。

[0023] 根据一个方面,存在用于创建光场的方法,包括:

[0024] i. 由投影仪阵列的多个投影仪中的每一个产生光线;

[0025] ii. 将投影仪阵列产生的光线渲染为光场图像,包括:

[0026] a. 通过包括小透镜阵列的第一透镜系统,将由投影仪阵列产生的光线准直以形成准直光束;

[0027] b. 通过包括微阵列小透镜的第二透镜系统,将漫射的准直光束渲染到光场中。

[0028] 实施方案可以包括以下特征中的一个或多个。

[0029] 在该方法的实施方案中,从第一微阵列小透镜阵列的相应一个小透镜发射的光在漫射阵列处被接收。

[0030] 在该方法的实施方案中,从漫射器阵列发射的漫射光由点扩展函数来表征。

[0031] 在该方法的实施方案中,点扩展函数由具有半峰全宽 (FWHM) 的高斯函数描述,所述高斯函数由光场显示器的一个或多个参数来表征。

[0032] 在该方法的实施方案中,调整投影仪阵列中的一个或多个投影仪中的每一个的方向。

[0033] 这里描述的方法可以具有以下一个或多个优点。光场显示器可以是自动立体显示器,其可以具有宽视场和高角度分辨率。光场显示器可以考虑水平视差和垂直视差。光场显示器可以具有相对较低的功耗。减小的像素大小将产生光场显示,该光场显示意在以高分辨率复制自然的“现实生活”图像。

[0034] 在附图和以下描述中阐述一种或多种实施方式的细节。根据说明书和附图以及根据权利要求书,其他特征和优点将是显然的。

附图说明

[0035] 图1是光场显示器的分解图。

[0036] 图2是光场显示器的示例性实施方案的分解图。

[0037] 图3A是准直透镜阵列的正视图。

[0038] 图3B是图3A的准直透镜阵列的 2×4 栅格的放大视图的图。

[0039] 图3C是图3A的准直透镜阵列的轮廓图的图。

[0040] 图3D是图3A的准直透镜阵列中的单个透镜的等距视图的图。

[0041] 图4A是工程漫射器的正视图。

[0042] 图4B是激光蚀刻的工程漫射器的放大图。

- [0043] 图4C是漫射透镜阵列的放大图。
- [0044] 图4D是图4A中的工程漫射器的等距视图的图。
- [0045] 图5是工程漫射器阵列中的像素的点扩展函数的图。
- [0046] 图6A是显示透镜阵列的图。
- [0047] 图6B是超表面显示透镜的放大视图的图。
- [0048] 图6C是超表面显示透镜的放大视图的图。
- [0049] 图7A是显示透镜阵列的水平双凸透镜部分的正视图。
- [0050] 图7B是图7A中的显示透镜阵列的水平双凸透镜部分的放大视图的图。
- [0051] 图7C是图7A所示的显示透镜阵列的水平双凸透镜部分的轮廓图的图。
- [0052] 图7D是图7A中的显示透镜阵列的水平双凸透镜部分的轮廓图的放大视图的图。
- [0053] 图7E是显示透镜阵列的垂直双凸透镜部分的正视图。
- [0054] 图7F是图7A中的显示透镜阵列的垂直双凸透镜部分的放大视图的图。
- [0055] 图7G是图7A所示的显示透镜阵列的垂直双凸透镜部分的轮廓图的图。
- [0056] 图7H是图7A中的显示透镜阵列的垂直双凸透镜部分的轮廓图的放大视图的图。
- [0057] 图8是示出从单个投影仪到直接投影光场显示器的像素的光路的图。

具体实施方式

[0058] 我们在此描述多视图,自动立体和高角度分辨率的光场显示器。可以同时以水平视差和垂直视差观看光场显示器。

[0059] 基于空间和时间中的光的基于观看者的函数或全光函数的概念被开发来描述视觉系统感知到的视觉刺激。全光函数的基本变量取决于包括3D坐标 (x, y, z) , 从该3D坐标中可以观察到光线, 并且光的方向接近该观察位置, 由角度 (θ, φ) 描述。有了光的波长 λ 和观察的时间 t , 就得到了全光函数:

[0060] $P(x, y, z, \theta, \varphi, \lambda, t)$

[0061] 作为全光函数的替代, 可以在一点处使用沿3D空间中的光线的辐射度, 并且给定方向可以由光场表示。光场的定义可以等同于全光函数的定义。可以将光场描述为在所有的方向上流经所有点的辐射, 描述为5D函数。对于静态光场, 光场可以表示为标量函数:

[0062] $L(x, y, z, \theta, \varphi)$

[0063] 其中 (x, y, z) 表示辐射度与位置的函数关系, 行进的光方向由 (θ, φ) 表征。3D现实世界对象的观看者会受到无限的观看或连续分布的光场的影响。为了实际复制这一点, 本公开内容描述了直接投影光场显示器, 以将连续分布的光场子采样为有限数量的视图或多个视图, 以近似光场。直接投影光场显示器的输出是一个光场, 它是基于有限数量视图的, 角度分辨率超过人眼的连续分布光场的3D表示。

[0064] 例如, 由于包括许多具有精确对准的密集定向的投影仪, 因此基于投影仪阵列的显示器可能难以设计。参照图1, 光场显示器包括容纳投影仪阵列12和两个透镜阵列的外壳10。投影仪阵列12包括多个投影仪, 每个投影仪产生光。投影仪阵列中的投影仪可以是专用于增强现实头戴式耳机或汽车平视显示器 (HUD) 的微型投影仪 (pico-projector)。投影仪接收图像数据并将图像数据转换为投影光。然后, 投影的光从投影仪传输到第一透镜子系

统16或阵列。然后,光从第一透镜系统传输到第二透镜系统18,第二透镜系统18形成光场图像。所有光机械组件均安装在透镜外壳14中。

[0065] 通常,本领域中已知的光场显示器需要非常高亮度的投影仪。本公开的光场显示器的优点是降低了对投影仪阵列12中的投影仪的亮度要求。通过设计直接投影显示器的透镜系统控制光的角分布的能力以及点扩展函数在光束上的应用来实现降低的亮度要求。对投影仪阵列12的降低的亮度要求可以允许没有内部冷却要求的小LED,因此较小的投影仪占地面积可以导致投影仪阵列12的包装密度更紧密,各个投影仪的尺寸和重量减小,并且直接投影光场显示器的功率要求降低。

[0066] 可以是准直阵列的第一透镜子系统16减小了从投影仪阵列12发射的光的发散。将第一透镜子系统16定位为与投影仪阵列12相距投射距离。在一个实例中,投射距离使得投影仪图像的每个像素的大小与相邻像素成比例地增加,并且导致像素没有重叠。放置投影仪,使得投影仪与第一透镜子系统16之间的距离产生一个投影图像,其大小等于第一透镜子系统16中的单个小透镜。来自投影仪阵列12的发散图案的尺寸大约与单个投影仪的尺寸相同,允许第一透镜子系统16的准直阵列小透镜与投影仪12之间的比例为1:1。

[0067] 图2示出了光场显示器。准直光束离开包括第一透镜子系统16和第二透镜子系统20的第一透镜系统22,第二透镜子系统20可以是工程漫射器阵列。第二透镜子系统20位于第一透镜子系统16与第二透镜系统18、第二透镜子系统20之间,并接收来自第一透镜子系统16的光。第一透镜子系统16和第二透镜子系统20可以是单个整体件,或是分开的。可以将第二透镜系统18定位为接收来自第二透镜子系统20的散射的,准直光束。因此,来自第一透镜子系统16或准直阵列的光传播到第二透镜子系统20或散射阵列,在一个实施例中第二透镜子系统20或散射阵列为工程漫射器阵列。投影仪12的输出被准直以保持图像的投影尺寸。

[0068] 在第二透镜子系统20处,每个像素的发散度增加以下因子:

$$[0069] \quad \sqrt{C^2 \cdot f_m^2}$$

[0070] 其中C是一个常数,选择该常数用于适当重构采样的波前,并且 f_m 是填充因子。在一个实施例中,C的值大约为2。在这种情况下,填充因子 f_m 大约为0.9,使得光斑尺寸 x_s 与像素间距 x_p 相关,如

$$[0071] \quad x_s = x_p \cdot \sqrt{C^2 \cdot f_m^2}$$

[0072] 其中, x_p 是透镜节距除以角度样本的数量。因此,第二透镜子系统20或漫射阵列在图像中的每个像素上赋予点扩展函数。图5示出了所述点扩展函数的平面图像。

[0073] 然后,来自第二透镜子系统20或漫射阵列的具有点扩展函数的像素入射在构成显示透镜的第二透镜系统18的背面上。第二透镜系统18与第二透镜子系统20之间的距离将允许微调每个图像的像素的输出宽度,并且可以被最小化以减小系统空间。

[0074] 当光入射并通过第一透镜子系统20或工程漫射器阵列时,光根据近似为高斯函数的点扩展函数被散射。第二透镜子系统可以包括角形漫射器20或工程漫射阵列,其用于实现期望的角度并防止来自相邻投影仪12的光的投影流失。在本公开的一个实例中,对于来自每个单独的投影仪像素的光应用了特定的点扩展函数,将像素定向到特定角度。一台投影仪及其像素可以创建较小的图像。

[0075] 例如,可以观察到,每个投影仪在由投影仪的投射比所限定的距离处产生26mm×15mm的图像。然后,该图像可以被投影到第一透镜子系统或准直透镜,从而得到具有精确尺寸(26mm x 15mm)的分组图像,该分组图像被投影到由散射屏或工程散射器阵列组成的第二透镜子系统。第二透镜子系统20然后可以创建小的,定义的点扩展函数。使用所需的点扩展函数,可以在像素之间实现适当的重叠,以减少分辨率偏差误差或栅栏效应并分配光,从而获得更好的观看体验。分辨率偏差误差引用了频谱中样本之间的缺失信息。分辨率偏差误差的减小允许平滑的观看区过渡。在该实例中,第二透镜子系统20被设计成具有非常特定的角度输出,使得例如,如果设计的发散度具有5度的圆形FWHM(半峰全宽),则穿过透镜系统的光束也将具有5度的强度分布。该输出是被引导到显示透镜的光,该光可以是超表面,梯度折射率透镜材料,或者是任何可选的光学结构,以根据如上所述的全光采样函数分配来自每个像素的光。

[0076] 每个投影仪12可以被对准,使得离开第一透镜系统22的光垂直于第二透镜系统18入射。这样,每个投影仪12可以配备对准硬件和精细控制。根据必要的公差,有几种方法可以对准投影仪12:

[0077] • 调节元件,即机械安装座,带有螺丝调节器,可提供一次粗略的对准。• 压电换能器,用于纳米至微米级的电子调节。对于利用反馈的主动校准方案可能很有用。

[0078] 调节元件可包括运动学安装座和/或数控调节元件,例如上述压电换能器。

[0079] 最大调节量由每个投影仪12照亮的小透镜的尺寸决定。

[0080] 图3A示出了第一透镜子系统或准直透镜阵列的实施例。在一些实施例中,第一透镜子系统16准直透镜阵列可以是大致矩形的,具有多个准直小透镜24,如图3D所示。第一透镜子系统16可以使用基板28来构造,该基板28粘附到多个小透镜上以形成单件,该单件使用具有特定折射率的光学透明粘合剂或光学透明带固定到该基板上,以将第一透镜子系统16形成为准直小透镜阵列。基板可以是环状烯炔共聚物(COC)、玻璃、环状烯炔聚合物(COP)、PMMA、聚碳酸酯、聚苯乙烯、isoplast、zeonex、光学聚酯、丙烯酸、聚醚酰亚胺(PEI)等等。

[0081] 每个准直小透镜24可以被定位成与投影仪阵列中的对应的投影仪对准,使得每个准直的小透镜24从其对应的投影仪接收光。第一透镜子系统16准直透镜阵列可以在一侧或两侧上涂覆有抗反射涂层。

[0082] 图3D描绘了第一透镜子系统16准直阵列中的单个准直小透镜24。在图3B的实施例中,准直小透镜24包括两个平凸透镜和基板28。例如,凸透镜可以由 Zeonex®E48R、玻璃、环烯炔聚合物(COP)、PMMA、聚苯乙烯、isoplast、光学聚酯、丙烯酸、聚醚酰亚胺(PEI)或其他合适的材料形成。两个平凸透镜和基板28可以布置为形成单个双非球面凸透镜,该双非球面凸透镜可以用作准直小透镜24。

[0083] 图4A示出了第二透镜子系统20或工程漫射器阵列。在一些实施例中,第二透镜子系统20是如图4B所示的激光蚀刻的工程漫射器56。在一些实施例中,第二透镜子系统20是如图4C所示的漫射透镜阵列58。在本公开的一种实施方式中,第二透镜子系统20具有3.5度的圆角并且不需要涂覆。图4D示出了如图4A所示的第二透镜子系统20的等距投影。

[0084] 图5描绘了根据本公开的实施方案的第二透镜子系统20中的小透镜的标称点扩展函数。在实施例中,点扩展函数36可以具有两个方向性像素之间的角度的两倍的半峰全宽

(FWHM)。图5示出了作为第二透镜子系统20的函数的,根据方位角48和极角46相对于光线的强度50的像素的角展度的图形表示。

[0085] 首先,以指定的投射比为特征从投影仪12发射光,其中投影仪图像的每个像素的尺寸与相邻像素成比例地增加,从而导致像素中没有重叠。放置投影仪12,使得投影仪与第一透镜子系统16准直透镜阵列之间的距离产生大小等于投影仪12正在照明的小透镜的数量数的投影图像。

[0086] 随后,在第一透镜子系统16处,投影仪的输出被准直以保留图像的投影尺寸。然后,准直的光束入射到第二透镜子系统20上,其中光束的宽度在两个透镜系统上近似相等。

[0087] 最后,来自第二透镜子系统20的具有点扩展函数36的像素随后入射到构成显示透镜的微透镜阵列的后表面上。显示器与第二透镜子系统20之间的距离将允许微调每个图像的像素的输出宽度。

[0088] 图6A示出了显示透镜系统。第二透镜子系统20可以由如图6B所示的超表面或如图6C所示的基于超材料的透镜组成。

[0089] 在一些实施例中,如图7A和图7B所示,第二透镜系统包括水平双凸透镜部分38和垂直双凸透镜部分40。图7A还示出了水平双凸透镜部分38的轮廓图42。图7B示出了垂直双凸透镜部分40的轮廓图44。水平部分和垂直部分可以堆叠,使得离开第二透镜子系统20的光连续地穿过每个部分。

[0090] 图8示出了直接投影光场显示器中来自单个投影仪12的光线路径。从单个投影仪12行进到第一透镜子系统16的单个像素62的样本光线路径。准直光束从第一透镜子系统16离开到达第二透镜子系统20,第二透镜子系统20可以是工程漫射器阵列。当来自单个像素62的光线穿过第二透镜子系统20时,将点扩展函数应用于该光线,从而产生漫射的平行光束36。漫射的准直光束穿过显示透镜,从而产生光场64。

[0091] 如本文所使用的,光场显示器的一个或多个参数包括以下各项中的一项或多项:霍格尔节距,像素节距和焦距。术语像素是指一组红色、绿色和蓝色子像素。像素节距定义为从一个像素的中心到下一个像素的中心的距离。如本文中所使用的,像素阵列是指霍格尔内部的像素的阵列。霍格尔是全息像素的替代术语,全息像素是具有方向控制功能的传统像素的群集。霍格尔阵列可以产生光场。然后,将霍格尔节距定义为从一个霍格尔的中心到相邻霍格尔的中心的距离。透镜的视场角由其焦距定义。通常,较短的焦距会导致更宽的视野。应当注意,焦距是从透镜的后主平面测量的。透镜的后主平面很少位于成像透镜的机械背面。因此,通常使用计算机仿真来计算系统的近似值和机械设计。

[0092] 已经描述了多个实施方案。然而,将理解的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以进行各种修改。例如,上述某些步骤可能与顺序无关,因此可以按照与上述顺序不同的顺序执行。

[0093] 其他实施方式也在所附权利要求的范围内。

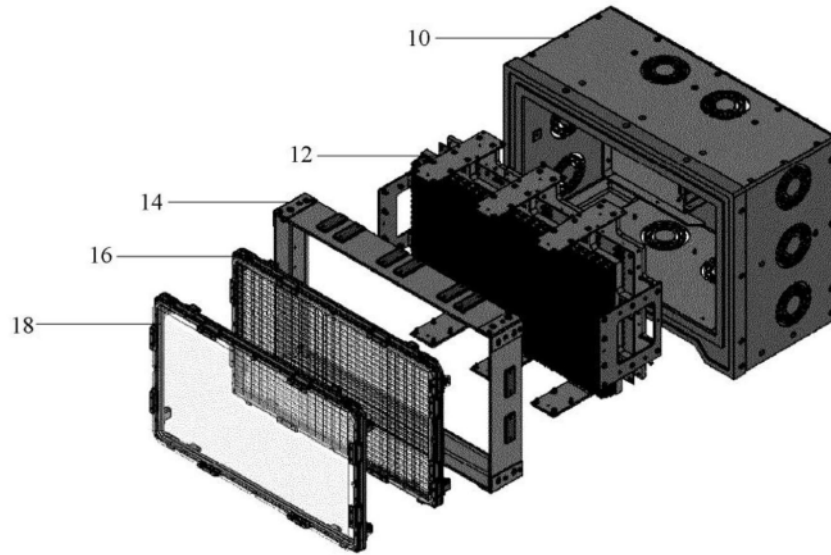


图1

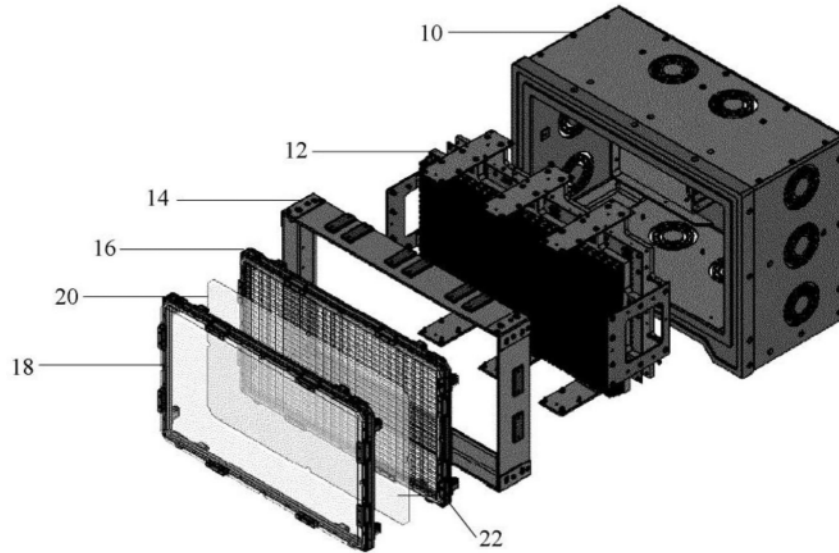


图2

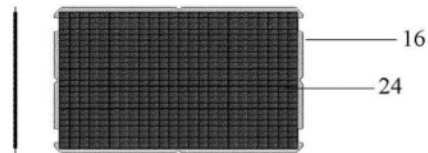


图3A

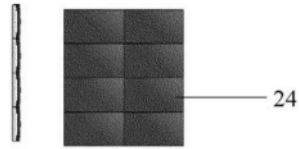


图3B



图3C

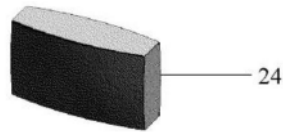


图3D

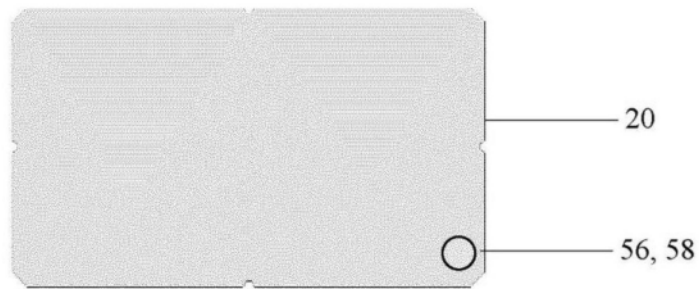


图4A

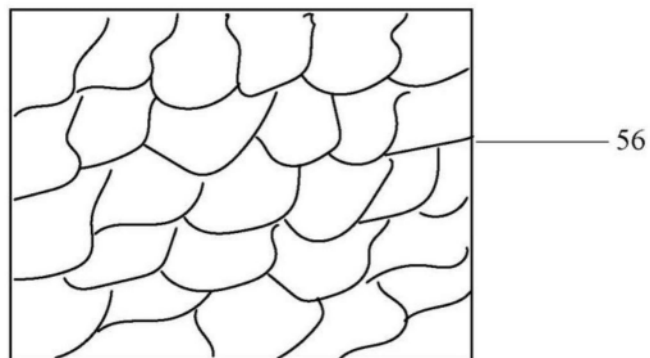


图4B

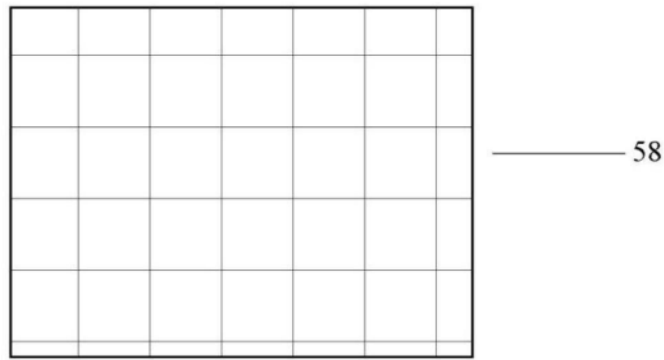


图4C

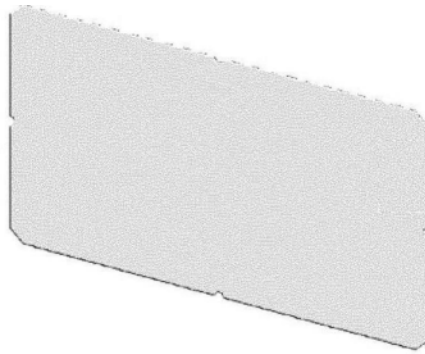


图4D

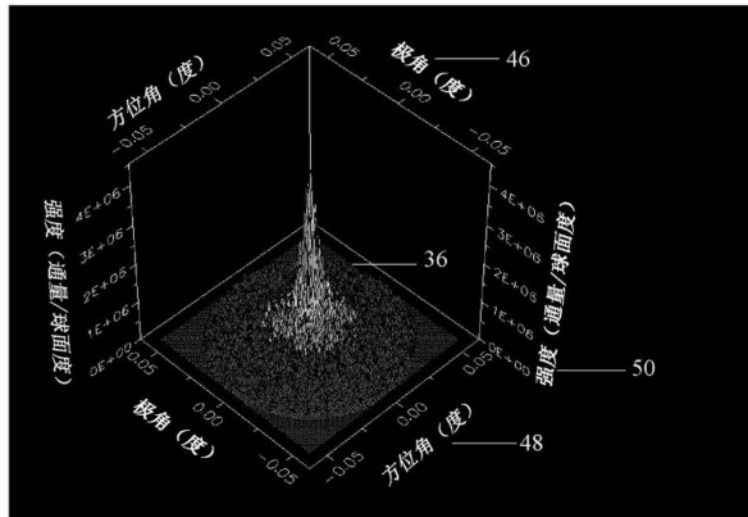


图5

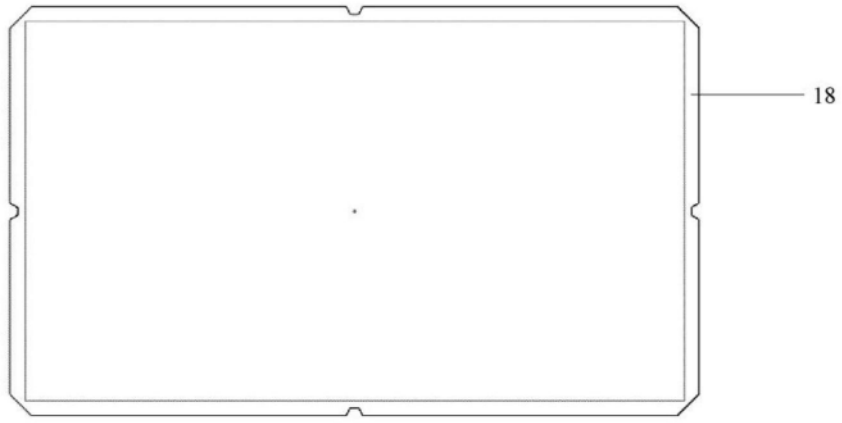


图6A

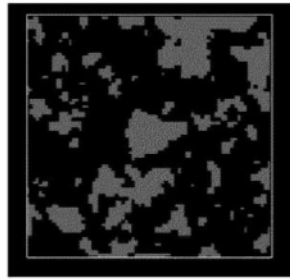


图6B

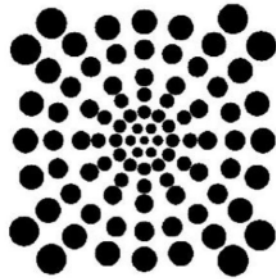


图6C

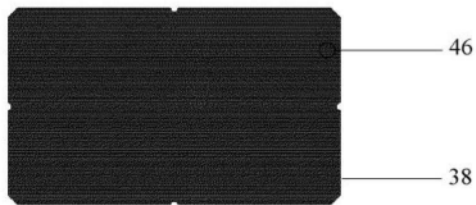


图7A

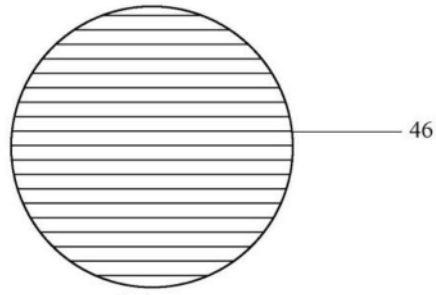


图7B

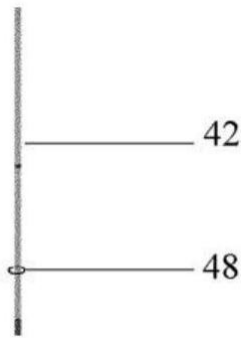


图7C

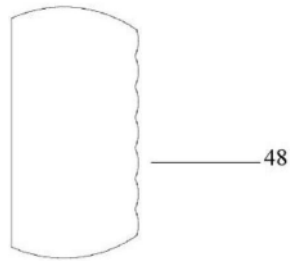


图7D

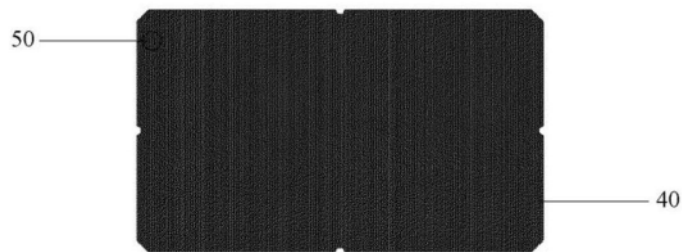


图7E

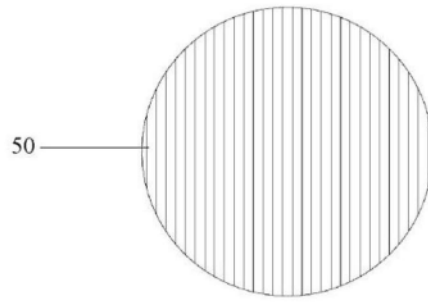


图7F



图7G



图7H

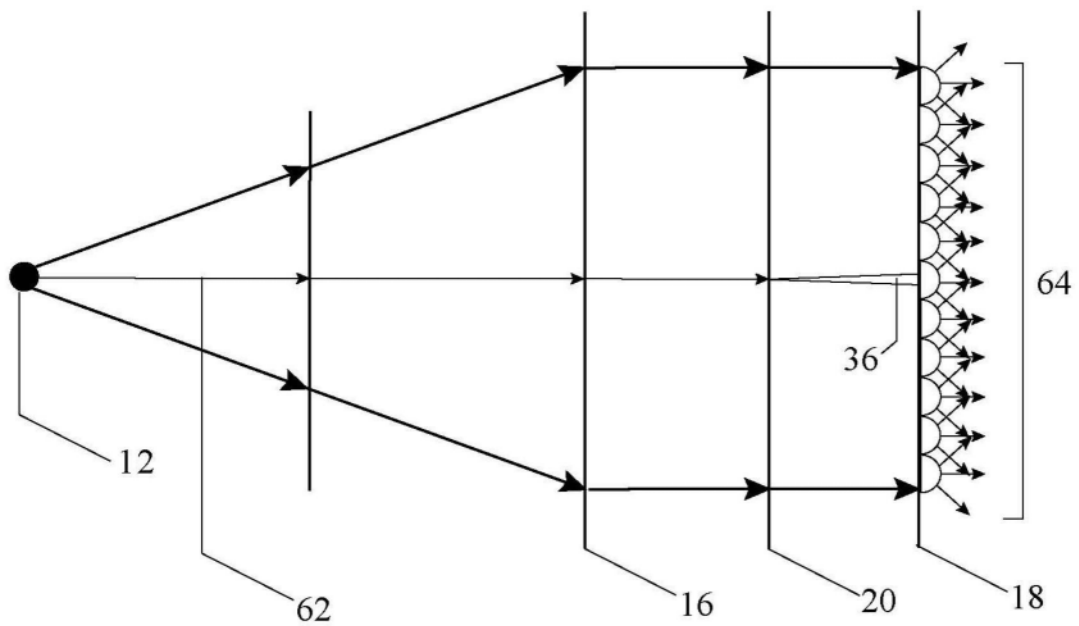


图8