



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111830777 A

(43) 申请公布日 2020.10.27

(21) 申请号 202010719074.6

G03B 35/20 (2006.01)

(22) 申请日 2015.05.27

G02B 5/124 (2006.01)

(30) 优先权数据

61/997,206 2014.05.27 US

(62) 分案原申请数据

201580038730.3 2015.05.27

(71) 申请人 米拉维兹公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 迈克尔·W·王

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 张少波 杨明钊

(51) Int. Cl.

G03B 21/60 (2014.01)

G03B 21/606 (2014.01)

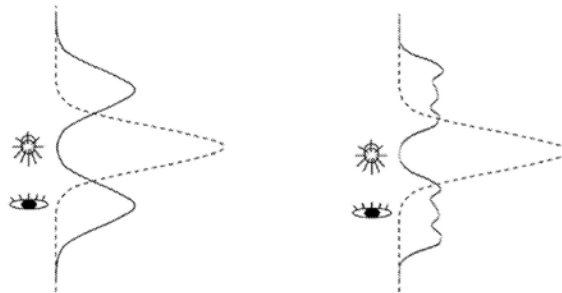
权利要求书2页 说明书18页 附图27页

(54) 发明名称

用于优化逆反射显示系统的方法

(57) 摘要

本公开涉及用于优化逆反射显示系统的方法。本公开内容提供了一种显示系统，其包括具有反射入射光的逆反射屏幕元件的逆反射屏幕。所述逆反射屏幕元件中的每一个可以包括三个相交平面。所述三个相交平面中的至少一个以90°的角度与相邻平面相交并且具有大于0°的偏移。所述显示系统还可以包括将光投影到所述逆反射屏幕上的至少一个投影仪，所述光表征图像或视频。相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以90°的角度与相邻平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕，具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕能够以减少了至少10%的串扰和/或增加了至少5%的强度来反射所述光。



1. 一种基于投影仪的显示器,包括:

显示器屏幕,其包括多个逆反射屏幕元件,每个逆反射屏幕元件包括由三个相交平面形成的三个交角,其中,所述逆反射屏幕元件中的至少一些逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个偏离 90° ,并且其中,所述逆反射屏幕元件被布置成使得从投影仪入射到所述显示器屏幕上的光被逆反射以具有包括多个峰值的强度分布,所述多个峰值包括在平行于所述显示器屏幕的主表面的第一横向方向上被分开的峰值。

2. 如权利要求1所述的基于投影仪的显示器,其中,所述多个峰值还包括在平行于所述显示器屏幕的主表面并且与所述第一横向方向交叉的第二横向方向上被分开的峰值。

3. 如权利要求2所述的基于投影仪的显示器,其中,所述第一横向方向是垂直于地面的竖直方向,观看由所述显示器屏幕逆反射的图像的观看者位于所述地面,并且所述第二横向方向是平行于所述地面的水平方向。

4. 如权利要求3所述的基于投影仪的显示器,其中,在入射光束和由所述逆反射屏幕元件逆反射的光束之间形成的返回角围绕对应于所述投影仪的位置的原点在水平方向上跨越 -2° 到 $+2^\circ$,使得从所述投影仪形成的图像能够由多个观看者在正交于所述显示器屏幕的主表面的方向上从距所述显示器屏幕超过2米的距离处观看。

5. 如权利要求2所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件包括至少三个不同布置的逆反射屏幕元件,每个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个与所述至少三个不同布置的逆反射屏幕元件的其他不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角的对应的一个交角不同。

6. 如权利要求1所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件的一些逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个小于 90° 。

7. 如权利要求6所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件的一些逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个大于 90° 。

8. 一种基于投影仪的显示器,包括:

显示器屏幕,其包括多个逆反射屏幕元件,每个逆反射屏幕元件包括由三个相交平面形成的三个交角,其中,所述逆反射屏幕元件包括三个不同布置的逆反射屏幕元件,每个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个与所述三个不同布置的逆反射屏幕元件的其他不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角的对应的一个交角不同。

9. 如权利要求8所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件被布置成使得从单一投影仪入射到所述显示器屏幕上的光被逆反射以具有包括多个峰值的强度分布,所述多个峰值包括在垂直于地面的竖直方向上被分开的峰值,观看由所述显示器屏幕逆反射的图像的观看者位于所述地面。

10. 如权利要求9所述的基于投影仪的显示器,其中,所述多个峰值还包括在垂直于所述竖直方向的水平方向上被分开的峰值。

11. 如权利要求8所述的基于投影仪的显示器,其中,所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的一个或更多个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个小于 90° 。

12. 如权利要求11所述的基于投影仪的显示器,其中,所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的一个或更多个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个大于 90° 。

13. 如权利要求9所述的基于投影仪的显示器,其中,所述三个不同布置的逆反射屏幕

元件中的每个不同布置的逆反射屏幕元件的三个对应的交角中的至少一个小于 90° 。

14. 如权利要求9所述的基于投影仪的显示器,其中,所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的第一个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角中的一个不同于所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的第二个不同布置的逆反射屏幕元件的对应的交角,但是与所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的第三个不同布置的逆反射屏幕元件的对应的交角相同。

15. 如权利要求9所述的基于投影仪的显示器,其中,所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的每个不同布置的逆反射屏幕元件的三个交角不同于所述三个不同布置的逆反射屏幕元件中的其他不同布置的逆反射屏幕元件的对应的三个交角。

16. 一种基于投影仪的显示器,包括:

显示器屏幕,其包括多个逆反射屏幕元件,每个逆反射屏幕元件包括由三个相交平面形成的三个交角,其中,所述逆反射屏幕元件的至少一些逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个小于 90° 。

17. 如权利要求16所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件被布置成使得从投影仪入射到所述显示器屏幕上的光被逆反射以具有包括多个峰值的强度分布,所述多个峰值包括在平行于所述显示器屏幕的主表面的第一横向方向上被分开的峰值。

18. 如权利要求17所述的基于投影仪的显示器,其中,所述逆反射屏幕元件的至少一些逆反射屏幕元件的三个交角中的至少一个大于 90° 。

19. 如权利要求18所述的基于投影仪的显示器,其中,所述多个峰值还包括在平行于所述显示器屏幕的主表面并且与所述第一横向方向交叉的第二横向方向上被分开的峰值。

20. 如权利要求19所述的基于投影仪的显示器,其中,其中,在入射光束和由所述逆反射屏幕元件逆反射的光束之间形成的返回角围绕对应于单一投影仪的位置的原点在水平方向上跨越 -2 度到 $+2$ 度,使得从所述单一投影仪形成的图像能够由多个观看者在正交于所述显示器屏幕的主表面的方向上从距所述显示器屏幕超过2米的距离处观看。

用于优化逆反射显示系统的方法

[0001] 本申请是申请日为2015年5月27日,申请号为201580038730.3,发明名称为“用于优化逆反射显示系统的方法”的申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2014年5月27日提交的美国临时专利申请序列号61/997,206的优先权,该申请通过引用而全文并入于此。

[0004] 发明背景

[0005] 当前现有技术水平的显示系统一般包括平板显示器或基于投影仪的显示器。平板显示器一般基于液晶显示器(LCD)像素,并且具有基于发光二极管(LED)背光或基于等离子体的屏幕。在一些情况下,由于各种考虑,难以获得在对角线尺寸上显著大于80英寸的屏幕大小。对于平板显示器,随着屏幕大小增大的成本的非线性增加以及高功耗能够以典型的消费者价格点将屏幕大小限制到80英寸以下。对于基于投影的显示器,如果屏幕大小增加到80英寸以上,则降低屏幕亮度以及增加功耗、投影仪大小和投影仪噪声可能是显著的限制因素。另外,对于两种类型的显示器,目前都没有用于裸眼三维(3D)沉浸式观看的最佳解决方案。当前的3D显示系统依赖于主动式眼镜或被动式眼镜,或者要求观看者处于显示器视线中的、基本上受到约束的空间区域中。

发明内容

[0006] 本公开内容提供了解决当前可用的其他显示系统的各种限制的显示系统和方法。本公开内容的显示系统可以包括投影仪和逆反射屏幕(retro reflective screen),其可以提供优于当前可用的其他系统的各种非限制性益处。例如,本公开内容的系统可以提供利用当前可用的显示系统当前不会出现的沉浸式多玩家游戏体验。再例如,本公开内容的系统提供了定制的、用于广告或其他应用的大面积显示器,其中使多个用户(在一些情况下同时)观察唯一的媒体流可以是有益的。又例如,本公开内容的显示系统可以允许多个观看者(在一些情况下同时)观看同一屏幕上的单独的定制图像或视频流,以及允许裸眼3D沉浸式观看能力。

[0007] 本公开内容提供了利用投影仪和逆反射屏幕的显示系统。这样的显示系统包括与逆反射屏幕以及观看者距投影仪的距离相结合的投影仪,使得观察角很小,在一些情况下小于约10度、5度、4度、3度、2度或1度。在入射角较大的情况下,可能存在逆反射图像强度的降低,从而导致减小的图像亮度和减小的图像均匀性。在逆反射屏幕的边缘附近,可能时常发生这种情况。

[0008] 本公开内容提供了通过优化逆反射屏幕元件以便定制逆反射空间轮廓,利用投影仪和逆反射屏幕来实现显示系统的显著改进的系统和方法。相比于标准投影仪/反射屏幕系统,逆反射显示系统的性质可以实现显著改进的图像亮度。然而,根据针对给定应用的具体的观看者到投影仪距离以及观看者到屏幕距离,进一步优化逆反射光的角分布可以显著地改进到达观看者眼睛的光的强度以及优化到达每只眼睛的光强度的比率以供裸眼3D应用的能力提高。

[0009] 本公开内容的一方面提供了一种用于设计和定制所述逆反射屏幕的所述逆反射屏幕元件的方法,使得实现并组合多个返回角以便提供具体的显示应用(在一些情况下通过满足针对每个具体的显示应用的期望属性)。示例包括:1)针对3D沉浸式头戴应用的垂直偏移和垂直扩散的逆反射光分布,其中强度、串扰和观看距离的范围得到改进,2)针对大面积逆反射显示应用的垂直偏移和水平扩散的反射光分布,以实现强度增加和增加的观看角度,以及3)逆反射光分布的扩散,以优化单一投影仪头戴式系统的强度增加。在这些示例中,相比于不采用该方法的逆反射显示系统的基线性能,投影图像的图像属性,诸如亮度和3D串扰,可以得到显著的改进。

[0010] 在本公开内容的另一方面,一种显示系统包括逆反射屏幕,其具有反射入射光的逆反射屏幕元件,其中所述逆反射屏幕元件中的每一个包括三个相交平面,其中所述三个相交的平面中的至少一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移(offset);以及至少一个投影仪,其产生表征图像或视频的光并且将所述光投影到所述逆反射屏幕上,其中相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以 90° 的角度与相邻平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕,具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕能够以减少了至少10%的光学串扰和/或增加了至少为1.1的系数的强度来反射所述光。

[0011] 在一些实施方式中,所述三个相交平面中的至少两个中的每一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移。在一些实施方式中,所述三个相交平面中的每一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移。在一些实施方式中,所述偏移为至少约 0.1° 。在一些实施方式中,所述偏移为至少约 0.3° 。在一些实施方式中,所述偏移为至少约 0.5° 。

[0012] 在一些实施方式中,所述投影仪将所述光投影到所述逆反射屏幕上而无需通过分束器。在一些实施方式中,所述逆反射屏幕将来自所述投影仪的光反射至观看者而无需使光通过分束器。在一些实施方式中,所述逆反射屏幕以小于约 3° 的观察角将来自所述投影仪的光反射至观看者。在一些实施方式中,所述投影仪可安装在观看者的身体上。在一些实施方式中,所述投影仪可安装在观看者的头部上。在一些实施方式中,所述逆反射屏幕包括截顶的隅角立方(truncated corner cube)反射器。

[0013] 在一些实施方式中,所述显示系统还包括用于提供声音以补充所述图像或视频的声音系统。在一些实施方式中,所述图像或视频是三维的。在一些实施方式中,所述光学串扰减少了至少20%。在一些实施方式中,所述光学串扰减少了至少30%。在一些实施方式中,所述光学串扰减少了至少40%。在一些实施方式中,所述光学串扰减少了至少50%。

[0014] 在一些实施方式中,所述系数为至少1.5。在一些实施方式中,所述系数为至少2。在一些实施方式中,所述系数为至少5。在一些实施方式中,所述系数为至少8。在一些实施方式中,所述系数为至少10。

[0015] 在一些实施方式中,具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕以减少了至少10%的光学串扰和增加了至少1.1的系数的强度来反射所述光。在一些实施方式中,所述三个相交平面中的第一平面以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的第一偏移,所述三个相交平面中的第二平面以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的第二偏移,其中所述第一偏移不同于所述第二偏移。在一些实施方式中,所述三个相交平面中的第三平面以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的第三偏移,其中所述第三偏移不同于所

述第一偏移或所述第二偏移。在一些实施方式中,所述第三偏移不同于所述第一偏移和所述第二偏移。在一些实施方式中,所述逆反射屏幕元件以多个返回角反射所述光。

[0016] 在本公开内容的另一方面,一种显示系统包括逆反射屏幕,其具有反射入射光的逆反射屏幕元件,其中所述逆反射屏幕元件中的每一个包括三个相交平面,其中所述三个相交平面中的至少一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移;以及至少一个投影仪,其产生表征图像或视频的光并且将所述光投影到所述逆反射屏幕上,其中具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕以小于50%的光学串扰反射所述光。

[0017] 在一些实施方式中,所述光学串扰小于30%。在一些实施方式中,所述光学串扰小于1%。在一些实施方式中,所述逆反射屏幕元件以多个返回角反射所述光。

[0018] 在本公开内容的又一方面,一种用于投影图像或视频以供观看者观看的方法包括:提供具有反射入射光的逆反射屏幕元件的逆反射屏幕,其中所述逆反射屏幕元件中的每一个包括三个相交平面,其中所述三个相交的平面中的至少一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移;以及将表征图像或视频的光从投影仪引导至所述逆反射屏幕,其中相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以 90° 的角度与相邻平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕,具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕能够以减少了至少10%的光学串扰和/或增加了至少1.1的系数的强度来反射所述光。

[0019] 在一些实施方式中,所述逆反射屏幕将来自所述投影仪的光反射至所述观看者而无需使用分束器。在一些实施方式中,所述投影仪安装在所述观看者的身体上。在一些实施方式中,所述投影仪安装在所述观看者的头部上。在一些实施方式中,所述方法还包括为所述观看者提供声音以补充所述图像或视频。在一些实施方式中,所述图像或视频是三维的。

[0020] 在本公开内容的另一方面,一种用于投影图像或视频以供观看者观看的方法包括:提供具有反射入射光的逆反射屏幕元件的逆反射屏幕,其中所述逆反射屏幕元件中的每一个包括三个相交平面,其中所述三个相交平面中的至少一个以 90° 的角度与相邻平面相交并且具有大于 0° 的偏移;以及将表征图像或视频的光从投影仪引导至所述逆反射屏幕,其中具有所述逆反射屏幕元件的所述逆反射屏幕以小于50%的光学串扰反射所述光。在一些实施方式中,所述光学串扰小于30%。在一些实施方式中,所述光学串扰小于1%。

[0021] 在本公开内容的又一方面,一种用于投影图像或视频的方法包括:将表征图像或视频的光从投影仪引导至与该投影仪进行光学通信的逆反射屏幕,其中在所述引导时,所述光以在距所述逆反射屏幕至少约2英尺的距离处以小于约 3° 的观察角从所述逆反射屏幕反射,并且是以小于50%的光学串扰由观看者可观看的。在一些实施方式中,所述光是由多个观看者可观看的。在一些实施方式中,所述多个观看者关于所述逆反射屏幕处于不同的位置。

[0022] 在本公开内容的另一方面,一种用于投影图像或视频以供观看者观看的方法包括:使用投影仪以产生表征图像或视频的光,以及将所述光从所述投影仪引导至与该投影仪进行光学通信的逆反射屏幕,其中所述逆反射屏幕具有反射所述光的逆反射屏幕元件,使得由所述逆反射屏幕元件反射的光由观看者以在距所述逆反射屏至少约2英尺的距离处以小于约 3° 的观察角以及小于50%的光学串扰而可观看。

[0023] 在一些实施方式中,所述逆反射屏幕将来自所述投影仪的所述光反射至所述观看者而无需使用分束器。在一些实施方式中,所述观察角小于约 2° 。在一些实施方式中,所述

投影仪安装在所述观看者的身体上。

[0024] 根据下文的具体实施方式,本公开内容的附加方面和优点对于本领域技术人员而言将变得显而易见,其中仅示出和描述了本公开内容的说明性实施方式。如将认识到的,本公开内容能够具有其他实施方式和不同实施方式,并且其若干细节能够在不偏离本公开内容的情况下从各个明显的方面进行修改。因此,附图和描述本质上被认为是说明性的,而非限制性的。

[0025] 援引并入

[0026] 本说明书中所提及的所有出版物、专利和专利申请均通过引用并入本文,其程度如同具体地且单独地指出每个单独的出版物、专利或专利申请均通过引用而并入。在通过援引并入的出版物和专利或专利申请与本说明书中包含的公开内容相矛盾的情况下,本说明书旨在代替和/或优先于任何这样的矛盾材料。

附图说明

[0027] 具体阐明了本发明的新颖特征。通过参考以下对其中利用到本发明原理的说明性实施方式加以阐述的详细描述和附图,将会获得对本发明的特征和优点的更好的理解,在附图(本文也称“图”)中:

[0028] 图1示意性地示出了代表性逆反射屏幕的放大正视图;

[0029] 图2示意性地示出了代表性逆反射屏幕和投影仪系统的俯视图,其中观看者面向屏幕;

[0030] 图3示意性地示出了代表性逆反射屏幕以及利用两个投影仪的投影仪系统的俯视图,其中一个投影仪靠近于每只眼睛;

[0031] 图4示出了使多个用户/眼睛观看独立的图像源或视频源的能力的示意图的俯视图;

[0032] 图5示出了来自代表性逆反射屏幕的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟(Monte Carlo simulation)结果;

[0033] 图6示出了来自针对代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其与代表性观看者的眼睛位置重叠;

[0034] 图7示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕2米的标称距离处与代表性观看者的面部位置重叠;

[0035] 图8示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕相比于图7增加约1.5倍的距离处与代表性观看者的面部位置重叠;

[0036] 图9示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕相比于图7减小约1.5倍的距离处与代表性观看者的面部位置重叠;

[0037] 图10示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其具有减小的逆反射光的扩散;图中还示出了在距屏幕2米的标称距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0038] 图11示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的

蒙特卡罗模拟结果,其具有减小的逆反射光的扩散。图中还示出了在距屏幕相比于图10缩短约1.5倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0039] 图12示意性地示出了当在隅角立方反射镜元件未被设计成优化所有6个潜在的反射组合的情况下试图设计非零返回角时可能出现的代表性逆反射分布轮廓;

[0040] 图13示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有朝向正垂直方向和负垂直方向偏移的返回光的多个焦点。图中还示出了在距屏幕2米的代表性距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0041] 图14图示了代表性逆反射屏幕的相对强度轮廓与按本文描述而设计的逆反射屏幕的相对强度轮廓(实线)的比较,对于两种情况:i) 示图的左边部分示出了仅使用单对垂直偏移的焦点的实施方式,而ii) 示图的右边部分示出了仅使用3对垂直偏移的焦点的实施方式;

[0042] 图15示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有朝向正垂直方向和负垂直方向偏移的返回光的多个焦点。图中还示出了在距屏幕相比于图14中的场景加长1.5倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0043] 图16示出了针对来自代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有朝向正垂直方向和负垂直方向偏移的返回光的多个焦点。图中还示出了在距屏幕相比于图14中的场景缩短1.5倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0044] 图17示意性地示出了逆反射显示应用,其中观看者处于距屏幕一段显著距离($>> 200\text{cm}$)处,并且投影仪可以靠近于每个观看者,但不是头戴式的,从而使得投影仪到眼睛的距离大于图6-图17中示出的距离。

[0045] 图18示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕20米的标称距离处与代表性观看者重叠;

[0046] 图19示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕20米的标称距离处与若干观看者重叠;

[0047] 图20示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果的两个示例,其被设计成具有多个逆反射角,使得返回光占据水平光带。在该图中,变化参数变紧密,以便能够使单独的返回角中心点更好地可视化;

[0048] 图21示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有多个逆反射角,使得返回光占据水平光带,该水平光带具有对应于针对具体应用的期望角度的特征宽度和高度。该图中示出了多个视图的重叠;

[0049] 图22示出了来自针对未按本文描述而设计的代表性逆反射屏幕的、具有中心头戴式几何形状的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其与代表性观看者的眼睛位置重叠;

[0050] 图23示出了来自针对未按本文描述而设计的代表性逆反射屏幕的、具有中心头戴式几何形状的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕相比于图22缩短约2倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置重叠;

[0051] 图24示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影

仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离投影仪的轮廓。在这种模拟中,为了更好地使13个单独的逆反射焦点区域可视化而减小了变化;

[0052] 图25示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离投影仪的轮廓。在这种模拟中,用于该模拟的变化更多地反映出实际应用的可能目标。图中还示出了在距屏幕标称距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0053] 图26示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离投影仪的轮廓。图中还示出了在距屏幕相比于图25缩短约2倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠;

[0054] 图27示意性地图示了被编程或以其他方式被配置用于促进本公开内容的方法的计算机系统;以及

[0055] 图28示意性地图示了具有逆反射屏幕元件的逆反射屏幕,所述逆反射屏幕元件具有相交平面。

具体实施方式

[0056] 虽然本文示出和描述了本发明的各种实施方式,但对于本领域技术人员显而易见的是,这样的实施方式仅以示例方式提供。本领域技术人员将在不偏离本发明的情况下想到多种变化、改变和替换。应当理解,可以采用针对本文描述的本发明实施方式的各种替代方案。

[0057] 本文所使用的术语“逆反射”(本文中亦为“逆反射式”或“逆反射性”)一般是指以最小的光散射将光反射回至其源的设备或表面。在逆反射屏幕中,电磁波沿着与波源方向平行但相反的向量反射回来。逆反射屏幕包括由许多小的单独的隅角立方反射元件组成的逆反射表面。

[0058] 本文所使用的术语“隅角立方反射元件”一般是指由三个相互垂直、几乎垂直或成角度的平坦反射表面组成的反射性部分立方。利用这种几何形状,入射光被直接反射回所述源。

[0059] 本文所使用的术语“投影仪”一般是指被配置用于投影(或引导)光的系统或设备。投影光可以投影图像和/或视频。

[0060] 本文所使用的术语“观察角”一般是指从投影仪指向屏幕上给定位置的第一线与从屏幕上同一位置到观看者的一只或多只眼睛的第二线之间的角度。

[0061] 本文所使用的术语“返回角”一般是指入射光束与来自屏幕的反射光束之间的角度。对于典型的表面,返回角具有宽范围的值。对于未按本文描述而形成的逆反射屏幕,返回角通常具有以零为中心的非常小的角度扩散。

[0062] 本文所使用的术语“入射角”一般是指从投影仪指向屏幕上给定位置的第一线与正交于隅角立方的标称前表面的第二线之间的角度。如果隅角立方已经是完整的立方,则隅角立方的标称前表面被定义为与从隅角立方结构的角到立方的假想相对角的线的中点垂直并相交的表面。

[0063] 本文所使用的术语“光学串扰”(本文中亦为“串扰”)一般是指来自投影仪的、到达

不旨在接收光的观看者(或观看者的眼睛)的逆反射光。这可能导致通过“重影”而展示的较差的3D观看体验,“重影”是本文中用于描述在仅预期一个图像的情况下观看者所见的双重图像的术语。本文所使用的术语“感知串扰”一般是指来自投影仪的、到达观看者(或观看者的眼睛)的不期望的逆反射光的强度相对于期望的逆反射光的强度的比。可能存在绝对串扰强度已降低,但期望光的强度却降低甚至更大的量的情况,从而导致感知串扰的恶化。

[0064] 本公开内容提供了允许多个观看者在同一屏幕上同时观看单独定制的视频流的显示系统以及裸眼3D沉浸式观看能力。该显示系统可以包括与逆反射屏幕以及观看者距投影仪的距离相结合的投影仪。在一些情况下,这可以能够使观察角(例如,从投影仪到屏幕上给定位置的线与从屏幕上同一位置到观看者的一只或多只眼睛的线之间的角)小于约1-3度。在一个示例中,在1度时,强度可以相比于0.5度时的强度低3倍,而在2度时,强度相比于1度时的强度以又一3倍系数下降——因此,2度时的强度可以比0.5度时的强度低9倍系数。显示系统的屏幕上的图像的亮度可以相比于具有相等功率或光源强度的传统显示系统增加约100至500的系数。

[0065] 本公开内容还提供了用于设计和定制逆反射屏幕的逆反射屏幕元件的方法,使得隅角立方反射元件的入射角具有以法向入射角为中心的分布。以这种方式,可以提高投影图像的亮度和均匀性。

[0066] 在逆反射显示系统中使用的一些逆反射屏幕具有以光源为中心的角分布。然而,根据应用,这可能不是逆反射光的理想返回角。本文提供的逆反射屏幕可以提供不以光源为中心的角分布。

[0067] 反射器显示系统的优化

[0068] 本公开内容提供了一种具有逆反射屏幕的显示系统,该逆反射屏幕具有被设计和定制成使得亮度可以显著地提高到高于并且超过由基线逆反射显示系统实现的已经显著的强度增加。显示系统可以在多源逆反射显示系统的光源之间提供感知(或有效)串扰的显著减少。显示系统可以与其中观察角为非零的任何逆反射显示应用一起使用。可被配置用于沿着与入射传播方向基本上相反的方向反射入射光的逆反射屏幕可以实现显著提高的亮度。入射光可以沿着与传播方向大致相反的方向(诸如非平行的或逆平行的方向)反射。例如,入射光沿着相对于传播方向约 170° - 190° 的方向反射。

[0069] 显示系统可以包括被配置用于沿着与入射光的传播方向基本上非平行(例如,逆平行)的方向反射入射光的逆反射屏幕,以及用于将表征图像或视频的光投影到逆反射屏幕上而无需使光通过分束器的投影仪。逆反射屏幕可以将来自投影仪的入射光反射至观看者而无需使光通过分束器或任何漫射器层。逆反射屏幕能够以小于或等于约 20° 、 15° 、 10° 、 9° 、 8° 、 7° 、 6° 、 5° 、 4° 、 3° 、 2° 、 1.5° 、 1° 、 0.5° 、 0.4° 、 0.3° 、 0.2° 或 0.1° 的观察角将来自投影仪的入射光反射至观看者。观察角可以在约 0.1° 与 10° 或者 0.2° 与 3° 之间。显示系统可以在无需分束器的情况下操作,从而有利地提供降低的复杂性和/或成本,以及相比于使用分束器的系统而避免至少2倍、3倍、4倍或更大的强度减小。

[0070] 逆反射屏幕可以使串扰最小化。串扰可以为至多约20%、15%、10%、5%、4%、3%、2%、1%或0.5%。在一些情况下,串扰为约0.1%至20%或者0.5%至10%。

[0071] 观察角可以是用户距逆反射屏幕的距离的函数。在一些实施方式中,当用户处于距逆反射屏幕至少约1英尺、2英尺、3英尺、4英尺、5英尺、6英尺、7英尺、8英尺、9英尺或10英尺

尺的距离处时,观察角小于约 5° 、 4° 、 3° 、 2° 、 1.5° 、 1° 、 0.5° 、 0.4° 、 0.3° 、 0.2° 或 0.1° 。在一个示例中,当用户处于距逆反射屏幕至少约4英尺的距离处时,观察角可以小于约 3° 。在一些情况下,来自逆反射屏幕的反射光的强度在约 0° 的观察角处最大,并且随着观察角的增加而减小。

[0072] 在一方面,显示系统包括具有逆反射屏幕元件的逆反射屏幕,逆反射屏幕元件沿着与光的传播方向基本上非平行的方向反射光。每个逆反射屏幕元件包括至少三个相交平面(例如,以锥体结构或截锥体结构的形式相交)。三个相交平面中的至少一个平面能够以 90° 的角度与(例如,同一逆反射屏幕元件的)相邻平面相交,并且具有大于 0° 的偏移。系统还包括将光投影到逆反射器上的至少一个投影仪,所述光表征图像或视频。相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以 90° 的角度与相邻平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕,具有逆反射屏幕元件的逆反射屏幕以减少了至少10%的光学串扰和/或增加了至少5%的强度来反射光。逆反射屏幕可以包括截顶的隅角立方反射器。

[0073] 在一些情况下,系统包括多个投影仪。例如,系统可以包括提供用于3D观看的立体图像或视频的两个投影仪。

[0074] 系统可以提供相对于其他系统而言最小化的串扰和增加的强度。在使用一个投影仪的情况下,可能不存在串扰,但是系统可以提供增加的强度。这可以允许观看者相对于投影仪的位置更可定制。在使用两个或更多个投影仪的情况下,系统可以提供串扰的减少和强度的提高。

[0075] 可以使用从逆反射屏幕反射的光的强度曲线图来确定串扰,作为观看角的函数。这可以用于比较由预期眼睛/观看者从预期源接收的光的强度,并且与由同一眼睛/观看者从不旨在被所述眼睛/观看者观看到的另一源接收的光的强度进行比较。可以通过针对各种逆反射屏幕和投影仪配置而生成这样的曲线图并且比较强度分布的重叠来评估串扰的减小。串扰可被视为来自不期望源/非预期源的图像/视频强度与来自期望源/预期源的图像/视频强度的比。

[0076] 图像或视频可以是三维的。例如,图像或视频由不止一个投影仪呈现,使得在由逆反射屏幕反射时,图像或视频是三维的。在一些情况下,图像或视频是三维的,而无需使用诸如3D眼镜等任何光学器件。

[0077] 三个相交平面中的至少一个、两个或全部三个中的每一个可能以 90° 的角度与相邻逆反射屏幕元件的平面相交,并具有大于 0° 的偏移。偏移可以为至少约 0.01° 、 0.05° 、 0.1° 、 0.15° 、 0.2° 、 0.3° 、 0.4° 、 0.5° 、 1° 、 2° 、 3° 、 4° 、 5° 或 10° 。在一些情况下,偏移介于约 0.01° 与 5° 或者 0.1° 与 1° 之间。在一些示例中,偏移为约 0.1° 至 1.5° ;低于 0.1 可以不产生大的轮廓变化,而高于 1.5° 可能产生强度损失。偏移可以如本文其他地方所描述。

[0078] 投影仪可以将光投影到逆反射屏幕上而不通过分束器。逆反射屏幕可以将来自投影仪的光反射至观看者,而无需使光通过分束器。因此,可以从显示系统中排除分束器。

[0079] 投影仪可以是可安装在观看者的身体上的。在一些示例中,投影仪可安装在观看者的头部上。投影仪可以是可安装有支撑构件的,所述支撑构件诸如为主体或头部支撑构件(例如,一个或多个支撑带)。投影仪还可以独立于观看者而安装在固定位置处,使得观看者可以进入投影仪的范围。

[0080] 显示系统可以包括用于提供声音以补充图像或视频的声音系统。声音可以伴随观

看者的观看体验,诸如通过耳机或其他本地扬声器系统的方式。

[0081] 逆反射器可以具有各种大小和配置。屏幕可以是基本上平坦的或弯曲的。屏幕可以具有至少约1米(m)、10m或50m的宽度,以及至少约1m,10m或50m的高度。在大面积场景中,至少部分地由于显示器大小的质量以及在同一屏幕区域上具有多个图像/视频,大面积显示器可以对于广告目的或其他展示演示有效。

[0082] 相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以 90° 的角度与相邻逆反射屏幕元件的平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕,光学串扰可以减少至少1%、2%、3%、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50%或甚至将近100%。逆反射屏幕元件能够以小于50%、40%、30%、20%、10%、5%、1%或0.1%的光学串扰来反射光。相比于其中逆反射屏幕元件具有各自以 90° 的角度与相邻逆反射屏幕元件的平面相交而无偏移的平面的逆反射屏幕,针对预期的眼睛/观看者的图像/视频的强度能够以至少1.1倍、1.2倍、1.3倍、1.4倍、1.5倍、2倍、2.5倍、3倍、4倍、5倍、6倍、7倍、8倍、9倍、10倍或20倍的系数增加。在一些示例中,逆反射屏幕元件反射光,使得两个源与对应的观看者眼睛之间的光学串扰减少至少1%、2%、3%、4%、5%、10%、20%、30%、40%、50%或将近100%,并且有效强度以至少1.1倍、1.2倍、1.3倍、1.4倍、1.5倍、2倍、2.5倍、3倍、4倍、5倍、6倍、7倍、8倍、9倍、10倍或20倍的系数增加。

[0083] 在一些示例中,三个相交平面中的第一平面以 90° 的角度与逆反射屏幕元件的相邻平面相交并具有在标称 90° 角度的方向上大于 0° 的第一偏移,而所述三个相交平面中的第二平面以 90° 的角度与相邻逆反射屏幕元件的平面相交并具有大于 0° 的第二偏移。第一偏移可以不同于第二偏移。或者,第一偏移可以与第二偏移相同。在一些情况下,所述三个相交平面中的第三平面以 90° 的角度与相邻逆反射屏幕元件的平面相交并具有大于 0° 的第三偏移。第三偏移可以不同于第一偏移、第二偏移或者第一偏移和第二偏移。或者,第三偏移可以与第一偏移、第二偏移或者第一偏移和第二偏移相同。

[0084] 图1示出了代表性逆反射屏幕的正视图。逆反射屏幕由截顶的隅角立方反射器的阵列组成。隅角立方反射器还可以由备选几何结构组成。在Frey等人的美国专利号5,763,049以及Smith的美国专利号7,261,424中提供了隅角立方反射器的示例,上述专利通过引用而全文并入于此。在一些实施方式中,每个隅角立方反射器的大小小于预计或预测的投影图像的大小,其中像素大小由投影仪显示系统和该投影仪距逆反射屏幕的距离的组合来确定。

[0085] 逆反射屏幕可以包括具有相交平面的逆反射屏幕元件。这在图28中示意性地图示,图28示出了具有相交平面A-F的锥体逆反射屏幕元件。相邻元件的平面能够以 90° 的角度彼此相交。例如,示意图左下方部分的平面B和平面C以 90° 的角度相交。在一些情况下,三个相交平面中的至少一个能够以 90° 的角度与(例如,同一逆反射屏幕元件的)相邻平面相交并具有大于 0° 的偏移。例如,图28左下方部分的D平面能够以 90° 的角度与E平面相交并且具有大于 0° 的偏移。

[0086] 图2示出了具有投影仪和逆反射屏幕的系统的示意性俯视图。屏幕的逆反射属性使得入射在屏幕上的大部分光不管入射角如何都以紧密的定向光锥反射回投影仪。这与以相对各向同性的方式散射入射光的一些常规屏幕相反。在这种常规屏幕设置中,入射在屏幕上的光中的仅非常小部分实际上射在观看者的眼睛上。由于这种类型的系统的逆反射效果,因此如果观看者的眼睛非常靠近于投影仪,使得由投影仪到反射屏幕并返回至观看者

的眼睛的路径所限定的角度较小,则与常规投影仪和反射屏幕设置相比,图像的亮度可以显著增加。图2中的系统在一些情况下不具有分束器。

[0087] 图3示意性地示出了代表性逆反射屏幕以及使用两个投影仪以便获得立体效果的投影仪系统的俯视图。在这种设置中,从右投影仪投影的图像可以主要被右眼看见,并且对于左投影仪和左眼是类似的。这种类型的显示设置的目标可以是使从右投影仪到左眼以及从左投影仪到右眼的图像的亮度(亦称为“串扰”)最小化。如果串扰和感知的串扰可以充分地最小化,则可以实现裸眼3D。

[0088] 图3是描述了在逆反射显示系统中使多个用户/眼睛观看独立的图像源或视频源的能力的示意图的俯视图。逆反射屏幕可被配置成具有高度定向的性质,使得仅靠近于给定投影仪的眼睛可以能够看到从该投影仪投影到逆反射屏幕上的图像或视频。

[0089] 图4是示出了使多个观看者观看独立的图像源或视频源的能力的示意图的俯视图。该图中图示了投影仪、对应于投影光的光线以及观看者眼睛。

[0090] 图5示出了来自代表性逆反射屏幕的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果。图上的x轴和y轴列举了与源之间的、以度数为单位的角度,所述源在该图中放置于x方向的0度和y方向的0度处(0,0)。所述源已通过在该位置处绘制的图形示意性地表示。蒙特卡罗模拟中使用了12,000条光线,其中图中的每一点表示一条光线。逆反射屏幕的变化和非完全均匀性已通过引起包括逆反射隅角立方元件的三个反射表面中的每一个表面的法向量的微小变化来模拟。对用于生成逆反射角分布轮廓的方法的上述描述也适用于下面的图,其中对源位置和逆反射屏幕均匀性输入参数进行了修改。在图5中,可以观察到,来自投影仪的大部分光线以0-2度的小返回角往回反射。图5中示出的返回角的分布仅仅是代表性的,而实际返回角可以具有这样的分布轮廓,所述分布轮廓具有取决于每个逆反射屏幕的具体属性的更小或更大的角度扩散。

[0091] 图6示出了来自针对代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其与代表性观看者的眼睛或其他面部位置重叠。在该图中,观看者可以距屏幕大致5英尺。在该场景中,投影仪已被放置成非常靠近于一只眼睛并且代表可以用于预期的3D裸眼逆反射显示设置的半个系统。在该图中,仅绘制和模拟了系统的一部分,以便使到不靠近投影仪源的另一只眼睛的逆反射光分布更好地可视化。在图6中,由点的密度指示出的光的强度对观看者的右眼(图的左侧)比对观看者的左眼(图的右侧)强得多。然而,观看者的左眼仍然接收一些光,并且观看者的右眼已处于观察角度,使得光的强度迅速减小。

[0092] 图7示出了来自针对代表性逆反射屏幕的代表性双投影仪系统的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其与代表性观看者的眼睛或其他面部位置重叠。在该图中,观看者可以距屏幕大致5英尺。在该图中,来自每个源的大部分光可以主要被逆反射到最靠近源的眼睛,但是一些光仍然到达另一只眼睛,这可能导致“串扰”和较差的3D图像。

[0093] 图8示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕相比于图7长约1.5倍的距离处与代表性观看者的面部位置重叠。在图6和图7中,观看者距屏幕大致5英尺。在距屏幕较大的距离处,特征之间的有效角度可以更小,并且面部特征的重叠可以更小。类似地,在距屏幕较小的距离处,特征之间的有效角度可以更小,而面部特征的重叠可以更大。由于这些图中的x轴和y轴以度数为单位,因

此逆反射光相对于每个投影仪的分布不会作为源和观看者距屏幕的距离的函数而改变。在这种情况下，左眼对右投影仪具有较小的有效返回角，这可能导致大量的光从每一投影仪交叉到相对的眼睛，这对于高质量3D图像而言是不期望的。虽然从左投影仪到达左眼的光的强度还可能因为返回角的类似减小而增加，但是强度的相对增加可能小于从右投影仪到达左眼的光的强度的增加，从而导致感知串扰的增加。

[0094] 图9示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果，其在距屏幕相比于图7缩短约1.5倍的距离处与代表性观看者的面部位置重叠。在图6和图7中，观看者距屏幕大致5英尺。在距屏幕较小的距离处，特征之间的有效角度可以更大，并且面部特征的重叠可以更大。由于这些图中的x轴和y轴以度数为单位，因此逆反射光相对于每个投影仪的分布不会作为源和观看者距屏幕的距离的函数而改变。在这种情况下，从每个投影仪到最近眼睛的返回角以及从每个投影仪到相对眼睛的返回角增加。这种情况的一个不期望的结果是，虽然来自相对投影仪的光的强度可以减小，但是来自较近投影仪的光的强度(由点的密度表示)非常显著地减少，因此有效感知的串扰没有显著地减少。另外，整体图像强度受到显著影响。

[0095] 在实际实践中，伴随当前技术水平可能发生的是，如果期望裸眼的3D观看体验，则在3D图像最佳时，观看者到屏幕的距离的范围可能有限。如果观看者太靠近屏幕，则整体图像强度可能由于返回角太大而减小。如果观看者距屏幕太远，则从相对投影仪到每只眼睛的串扰可能成为重大问题并导致重影或双重图像。

[0096] 图10示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果，其在距屏幕与图7中相同的标称距离处与代表性观看者的面部位置重叠。在图10中，模型已经以改进的、针对逆反射屏幕的有效均匀性运行，以测试裸眼3D的范围是否可以通过改进逆反射屏幕均匀性来改进。当从每个投影仪到相对眼睛的串扰减小时，到达最靠近每个投影仪的眼睛的光的强度也显著地减小，因此这不会从本质上解决感知串扰问题。

[0097] 图11突出了为什么使来自逆反射屏幕的逆反射光的角分布变紧密可能不一定会显著地减少串扰。图11示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果，其在距屏幕比图10中缩短约1.5倍的距离处与代表性观看者的面部位置重叠。当从每个投影仪到相对眼睛的串扰减少时，随着观看者到屏幕的距离减小，到达最靠近每个投影仪的眼睛的光的强度也显著地减小，因此这也不会从本质上解决感知串扰问题。

[0098] 逆反射屏幕元件和来自这些元件的光的角分布例如可以如美国专利号3,817,596、4,775,219和7,370,981以及P.R.Yoder的“Study of Light Deviation Errors in Triple Mirrors and Tetrahedral Prisms)”J.Optical Soc.Amer.J.Optical Soc.Amer, 第48卷,第7期,第496-499页(1958年7月)中所述,其各自通过引用而全文并入于此。

[0099] 图12示意性地示出了当在隅角立方反射镜元件未被设计成优化所有6个潜在的反射组合的情况下试图设计非零返回角时可能出现的情况。在这种情况下,虽然已经针对x方向上大致为0度以及y方向上大致为2.5度的假想返回角而优化了反射序列的6种可能组合中的一种,但其他5种反射序列导致了不同于该假想的期望返回角的返回角。即使隅角立方元件的面在这种情况下以及在以下情况下不完全垂直,但这些元件仍被认为是隅角立方逆

反射屏幕元件,因为在形式和功能上与理想的隅角立方元件非常类似。

[0100] 为了获得对于逆反射显示应用而言最佳的光轮廓(optical profile),本公开内容提供了设计和定制逆反射屏幕的逆反射屏幕元件,以便实现并组合多个返回角以便满足每个具体显示应用的期望属性。表1示出了隅角立方元件配置的代表性示例。在该表中,提供了五种代表性配置,其中隅角立方元件配置是通过与包括隅角立方元件的三个交角中的每个交角的90度标称情况的偏差(或偏移)量来描述的。配置i)在开始时,基线配置仅包括信号隅角立方元件,其具有全部恰为标称90度的3个交角,如针对每个增量值(delta value)而示出的值“0”所指示。在这种情况下,来自逆反射屏幕的返回光以光源或投影仪为中心。表1中的配置ii)示出了其中三个交角中的一个交角稍微减小的情况。在这种情况下,返回光可以在投影光源的上方和下方分开和集中。这可以代表本公开内容的非常基本的实施方式。表1中的配置iii)示出了一种代表性设置,其中在包括逆反射屏幕的隅角立方元件的阵列中使用3个不同的隅角立方元件配置。在这种情况下,所产生的光图案可以在投影光源的上方和下方分开,并且多个元件被设计成实现分布的竖直扩散。图13中示出了这种类型的配置的示例,其在下文中得到更详细的描述。配置iv)示出了一种代表性设置,其中所产生的光图案竖直地偏移并且水平地扩散,这可适用于大面积逆反射显示应用以实现强度增加和增加的观看角。图21中示出了这种类型的配置的示例,如在本文其他地方所述。配置v)示出了一种代表性设置,其中所产生的光图案被有意地设计成“X”形光图案。该图案可以特别好地适于针对安装单一投影仪头的系统而实现显著的强度增加。图24中示出了这种类型的配置的示例,如在本文其他地方所述。在这些示例中,投影图像的图像属性,诸如亮度和3D串扰,可以显著地提高到高于并且超过不是如本文描述而形成的逆反射显示系统的基线性能(表1中的配置i,“基线”)。配置ii-v提供了用于设计逆反射屏幕元件以获得相对于基线配置而言改进的属性(例如,减少的串扰、增加的强度)的方法的示例。

[0101] 表1

配置	元件	从 90 度起的增量 (度)			描述
		角度 1	角度 2	角度 3	
i) 基线	A	0	0	0	以源为中心的光
ii) 眼睛正下方	A	0	0	-0.5	位于源上方/下方的光
iii) 眼睛正下方 (具有扩散)	A	0	0	-1.45	位于源上方/下方的光,其中多个元件被
	B	0	0	-1	

[0102]

	C	0	0	-0.55	设计成实现分布的 竖直扩散（例如图 13）
[0103] iv) 对于大面积 屏幕	A	0	0	-0.6	位于源上方/下方的 光, 其中多个元件被 设计成实现分布的 水平扩散（例如图 21）
	B	0	1.2	0	
	C	1.2	0	0	
v) 单一源 2 只 眼睛	A	-0.4	-0.4	0.4	“X”形光图案（例如 图 24）
	B	-0.25	-0.25	0.25	
	C	-0.55	-0.55	0.55	

[0104] 图13示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有朝向正竖直方向和负竖直方向偏移的返回的光的多个焦点。另外,对于该模拟,逆反射屏幕中的个体元件已被设计成使得三分之一(1/3)的元件具有在竖直方向上偏移不同量的返回角焦点。在插图中,将模拟中使用的变量人为地变紧密,以便使每个投影仪的正y方向上的三个焦点和负y方向上的三个焦点能够更好地可视化。使用更典型的参数变化、具有观看者的重叠的图示出了期望的整体光分布属性。此处,点云的竖直扩散大于期望的水平扩散,以便使图像强度最大化以及使两个投影仪之间的不期望的串扰最小化。与图7相比,从每个投影仪到相对眼睛的串扰已经显著地减小,如图13中左侧点云与右侧点云之间的微小间隙所展示,而在图7中,左侧点云和右侧点云具有显著的重叠。另外,相比于图7,在图13中,从每个投影仪到达最近眼睛的光的强度已经增加。这由图15中位于点云密集部分内的每只眼睛所展示,其中对于图7,每只眼睛接近各自的点云的边缘,从而指示出强度下降。这种下降的最终结果是,来自较近投影仪的光强度与来自较远投影仪的光强度的比显著增加,从而显著地减少感知的串扰并改进整体3D沉浸式观看体验。

[0105] 图14图示了在不存在本公开内容的逆反射屏幕的情况下代表性逆反射屏幕的相对强度轮廓(虚线)与本公开内容的逆反射屏幕的相对强度轮廓(实线)的比较,对于两种情况:i)左侧绘图示出了仅使用单对竖直偏移的焦点的实施方式,而ii)右侧绘图示出了仅使用3对竖直偏移的焦点的实施方式。在两个图二者中,代表性投影仪和眼睛位置叠加到示图上。在左图和右图二者中,未按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的强度轮廓(虚线)在远离投影仪的附近时大幅快速减小,并且是观看者的眼睛位置处的峰值强度的一小部分。相反,由于光轮廓分成两个峰,左侧绘图中的实线具有以约为2的系数减小的峰值强度,然而峰值的位置非常靠近眼睛的位置。最终结果是,当使用本公开内容的设计好的逆反射屏幕时,观看者观察到的光的强度可以显著地增加。在右侧绘图中,强度轮廓与图13中示出的场景更加接近地匹配,在图13中,选择三对竖直偏移的焦点,使得光竖直扩散但保持在观看者的眼睛附近。在这种情况下,观察到峰值强度的进一步降低,然而优化的观看角的范围已

经显著地增加。

[0106] 图15示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有也朝向负垂直方向偏移的返回光的较大垂直扩散。图中还示出了在距屏幕相比于图14中的场景缩短约1.5倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠。关于图13的不同之处在于,观看者与屏幕之间的距离越大,则投影仪与面部特征之间的角度越小,而逆反射光的角分布对于每个投影仪保持不变。在该场景中,串扰量相对于图13中描绘的场景增加,然而与图8中示出的、其中未按本文描述而形成逆反射屏幕的等效场景相比,串扰量显著地减少。

[0107] 图16示出了来自针对代表性逆反射屏幕的两个投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有也朝向负垂直方向偏移的返回光的较大垂直扩散。图中还示出了在距屏幕相比于图13中的场景缩短约1.5倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠。该图与图13的不同之处在于,观看者与屏幕之间的距离越小,则投影仪与面部特征之间的角度越小,而逆反射光的角分布对于每个投影仪保持不变。在该场景中,串扰可以显著地减少。对于该场景的附加益处是,将偏移返回角定向为y轴方向上的负角,使得从最近的投影仪到达每只眼睛的光的强度比图9中示出的、针对未按本文描述而形成的逆反射屏幕的基线场景高得多。

[0108] 图13-图16描述了用于改进2个投影仪裸眼3D逆反射显示系统的途径。另一应用领域是大面积、长距离的逆反射显示系统,其中从观看者到屏幕的距离更大,举例而言,诸如至少约5米、10米或20米。在这类大尺寸且长距离的显示系统中,可以期望多个观看者能够观看逆反射的图像或视频。

[0109] 另一方面提供了一种逆反射显示系统,该逆反射显示系统使得多个观看者能够观看反射的图像或视频。图17示意性地图示了一种逆反射显示应用,其中每个观看者位于距屏幕相距一段显著距离($\gg 2$ 米)处,并且其中投影仪可以靠近观看者,但可能不是观看者头戴式的,从而导致投影仪到眼睛的距离 $\gg 5$ cm。该应用的示例可以在商场、博物馆、游乐园、机场或户外环境中,其中可以期望具有围绕逆反射屏幕定位的多个投影仪,以便以非常高的亮度或强度使许多不同的图像或视频转播同时显示到同一屏幕区域上。这在图中由不同位置处的两组观看者示意性地表示,其中实线表示来自一个投影仪的投影图像,而虚线表示来自第二投影仪的、落在大屏幕的同一区域上的投影图像。这类设置的一个挑战是使得不止一个观看者能够从每个投影仪看到图像。增加从逆反射屏幕的角度扩散可能导致太多的强度损失,而保持紧密的角度扩散可能会将观看者限制为每个投影仪约1个观看者,如下所图示。本公开内容的方法和系统可以克服这样的挑战。

[0110] 图18示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕20米的距离处与代表性观看者重叠。在该图中,逆反射屏幕元件未通过本文描述的途径进行设计。位于投影仪正下方的一个观看者可以观看图像,但是考虑到观看者的头部已经在显示少量逆反射点的区域中,所述逆反射图像可能不如理想的那样明亮(或强烈)。

[0111] 图19示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕20米的距离处与若干观看者重叠。该图示出,对于多个观看者而言,从单一投影仪观察相同的图像或视频或者在相同的观看体验(例如,强度)下观察

相同的图像或视频可能是具有挑战性的,因为一些观看者可能完全位于逆反射光的典型圆锥之外。在图中,中间的观看者位于反射光的圆锥之内,但是两个外侧观看者几乎位于反射光的圆锥之外。

[0112] 图20示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有多个逆反射角,使得返回光占据水平光带,该水平光带具有与针对具体应用的期望角度相对应的特征宽度和高度。在该具体图中,示出了两个示例。在由顶部图示出的代表性场景中,六个具体的返回角有针对性地在x方向上从约-2度扩散到+2度,并且在y方向上从约-1度扩散到+1度。在这种蒙特卡罗模拟中已经使逆反射分布的均匀性变紧密,以便更好地示出6个单独定向的返回角。在底部图示出的场景中,6个具体的返回角有针对性地在x方向上从约-2度扩散到+2度,并且在y方向上从约-1度扩散到+1度。在观看者的头部以 $y = -1$ 度为中心的情况下,对于顶部图,在观看者的头部水平处存在3个高强度的区域,而对于底部图,在观看者的头部水平处存在5个高强度的区域。在这种蒙特卡罗模拟中已经使逆反射分布的均匀性变紧密,以便更好地示出单独定向的返回角。对定向返回角的数目的选择可以根据逆反射光的期望属性(诸如扩散性和均匀性)来定制。另外,每个定向返回角可能是由于来自具体隅角立方反射镜配置的逆反射而产生的,所述逆反射继而在整个逆反射屏幕的范围内重复。可以期望,本文中表示为“N”的反射镜配置的数目足够小以使得N个隅角立方可以配合至等于或小于投影图像的单一像素的屏幕面积中。例如,如果屏幕为10米宽,5米高并且具有 2000×1000 像素的期望图像分辨率,则每个像素在被投影至屏幕上时可以是5毫米(mm) \times 5mm。如果期望十六个独特的返回角配置,则逆反射屏幕中的每个隅角立方的大小可以小于 $1.25\text{mm} \times 1.25\text{mm}$ 。在实际实践中,逆反射屏幕中的个体隅角立方元件比该尺寸小得多。

[0113] 图21示出了来自针对代表性逆反射屏幕的单一投影仪源的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其被设计成具有多个逆反射角,使得返回光占据水平光带,该水平光带具有与针对具体应用的期望角度相对应的特征宽度和高度。该图中示出了与多个观看者的重叠。如在图21中可见,结合本公开内容的系统可以使多个观看者能够看到逆反射图像。通过使逆反射光的中心点定向成y轴方向上的负角,由于光的横向扩散而导致的强度的轻微损失多于通过使逆反射光的竖直放置对准观看者的位置而造成的偏移。

[0114] 另一示例是使用单一头戴式投影仪在逆反射显示系统中向双眼显示图像。图22示出了来自针对未按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的、具有中心头戴式几何形状的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其与代表性观看者的眼睛位置重叠。在这种情况下,观看者距屏幕大致5英尺。如果投影仪头戴于观看者的眼睛之间,则每只眼睛可以接收一些逆反射光,但是大量的光可能朝向头顶以及朝向眼睛之间的区域反射。这可能不理想,因为人的额头中间没有眼睛。

[0115] 图23示出了来自针对未按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的、具有中心头戴式几何形状的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,其在距屏幕相比于图22缩短约2倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置重叠。在屏幕距观看者大致100厘米(cm)的这种情况下,当观看者太接近于逆反射屏幕时,光的强度可能快速减小,从而导致图像亮度的显著损失。在近距离处使用逆反射屏幕的能力可以实现可以替代个人计算监控系统 and/或中等大小显示设置的逆反射显示系统,其中观看者到屏幕的距离可以在大致

40cm-120cm的范围内。具有针对这类应用的逆反射显示系统具有许多优点,诸如隐秘性、低功耗以及与当前现有技术系统相比大得多的有效分辨率和屏幕大小。然而,如在图23中可见,在这些较短距离处从投影仪到观看者的眼睛的返回角的增加导致太显著的强度下降,其结果是显示系统的逆反射性质的期望强度增益损失。按本文描述而形成的逆反射显示系统即使在观看者到屏幕的距离大大减小的情况下也可以实现显著的强度增益。

[0116] 图24示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离投影仪的轮廓。在这种模拟中,为了更好地使若干个个体逆反射焦点区域可视化而减小了变化。通过以这种方式优先迫使返回角向下并远离投影仪位置(位于原点处)(以及迫使对称焦点向上并远离原点)并且通过具有多个返回角中心点,目标是实现明亮的观看图像,该图像独立于观看者距屏幕的距离而保持其强度。

[0117] 图25示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离与图24中的配置类似的投影仪但具有更典型的变化设置的轮廓。图中还示出了在距屏幕标称距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠。与图22相反,图24中的光的角分布已被设计成使得点云与观看者的两只眼睛的位置重叠。

[0118] 图26示出了来自针对按本文描述而形成的代表性逆反射屏幕的代表性单一投影仪的逆反射光的角分布的蒙特卡罗模拟结果,使得逆反射光具有角度向下且远离投影仪的轮廓。图中还示出了在距屏幕约100cm处或者距屏幕相比于图25缩短约2倍的距离处与代表性观看者的眼睛位置的重叠。在与图23进行比较时,可以观察到,可以使用按本文描述而形成的逆反射屏幕来获得光强度的显著增加,如由靠近每只眼睛的点的密度所展示。

[0119] 存在用于制造具有逆反射屏幕元件的逆反射屏幕的各种方法。在美国专利号5,763,049和7,261,424中描述了这种方法的示例,所述专利均通过引用而全文并入于此。

[0120] 计算机系统

[0121] 本公开内容的另一方面提供了一种被编程或以其他方式配置用于实现本公开内容的方法的系统。该系统可以包括可操作地耦合到投影仪和光电检测器的计算机服务器。投影仪和光电检测器可以是独立单元或者集成为投影与检测系统。

[0122] 图27示出了包括被编程用于实现本文公开的方法的计算机服务器(“服务器”)1801的系统1800。服务器1801包括中央处理器(CPU,本文中亦为“处理器”和“计算机处理器”)1805,其可以是单核或多核处理器或者用于并行处理的多个处理器。服务器1801还包括存储器1810(例如,随机存取存储器、只读存储器、闪速存储器)、电子存储单元1815(例如,硬盘)、用于与一个或多个其他系统通信的通信接口1820(例如,网络适配器)以及外围设备1825,诸如高速缓存、其他存储器、数据存储器和/或电子显示适配器。存储器1810、存储单元1815,接口1820和外围设备1825通过诸如主板等通信总线(实线)与CPU 1805通信。存储单元1815可以是用于储存数据的数据存储单元(或数据储存库)。服务器1801可以借助于通信接口1820可操作地耦合至计算机网络(“网络”)。网络可以是因特网、互联网和/或外联网,或者与因特网通信的内联网和/或外联网。在一些情况下,网络是电信网络和/或数据网络。网络可以包括一个或多个计算机服务器,计算机服务器可以实现分布式计算,诸如云计算。在一些情况下借助服务器1801,网络可以实现对等网络,该对等网络可以使耦合至服

务器1801的设备能够表现为客户端或服务器。

[0123] 存储单元1815可以储存文件或数据。服务器1801可以包括在服务器1801外部的，诸如位于远程服务器上的一个或多个附加数据存储单元，远程服务器通过内联网或因特网与服务器1801通信。

[0124] 在一些情况下，系统1800包括单一服务器1801。在其他情况下，系统1800包括通过内联网和/或因特网彼此通信的多个服务器。

[0125] 服务器1801可适于储存投影环境的用户信息和数据或者与投影环境相关的用户信息和数据，举例而言，诸如显示角度和强度设置。服务器1801可被编程用于通过耦合至服务器1801的投影仪来显示图像或视频。

[0126] 如本文描述的方法可以通过在服务器1801的电子存储位置上，举例而言，诸如在存储器1810或电子存储单元1815上储存的机器(或计算机处理器)可执行代码(或软件)的方式来实现。在使用期间，代码可以由处理器1805执行。在一些情况下，代码可以从存储单元1815取回并储存在存储器1810上以供处理器1805迅速访问。在一些情况下，可以排除电子存储器单元1815，并且将机器可执行指令储存在存储器1810上。

[0127] 代码可被预编译并配置用于与具有适于执行该代码的处理器机器一起使用，或者可以在运行时期间被编译。代码能够以可被选择以使该代码能够以预编译或编译时(as-compiled)的方式执行的编程语言来提供。

[0128] 服务器1801耦合至投影仪1830和光电检测器1835(例如，与其通信)。在一个示例中，投影仪1830可以将图像或视频投影到逆反射屏幕上。在另一示例中，投影仪1830可以将紫外光或红外光投影到逆反射屏幕上。光电检测器1835可以检测(或测量)来自逆反射屏幕的反射光。

[0129] 投影仪1830可以包括用于将图像或视频引导和/或聚焦到逆反射屏幕上的一个或多个光学器件。光电检测器可以是配置用于在暴露于光下时产生电流的器件，举例而言，诸如电荷耦合器件(CCD)。

[0130] 本文提供的系统和方法的各方面，诸如服务器1801，可以体现在编程中。该技术的各个方面可被认为是“产品”或“制品”，其通常为在一种类型的机器可读介质上携带或在该介质中体现的机器(或处理器)可执行代码和/或相关联数据的形式。机器可执行代码可以储存在诸如存储器(例如，只读存储器、随机存取存储器、闪速存储器)或硬盘等电子存储单元上。“存储”型介质可以包括任何或所有的计算机有形存储器、处理器等，或其相关联的模块，诸如各种半导体存储器、磁带驱动器、磁盘驱动器等，其可以在任何时间为软件编程提供非暂时性存储。软件的全部或部分有时可以通过因特网或各种其他电信网络进行通信。这样的通信例如可以使软件能够从一个计算机或处理器加载到另一计算机或处理器中，例如，从管理服务器或主机加载到应用服务器的计算机平台中。因此，可以承载软件元件的另一类型的介质包括诸如跨本地设备之间的物理接口、通过有线和光学陆上通信线网络以及通过各种空中链路而使用的光波、电波和电磁波。携带此类波的物理元件，诸如有线或无线链路、光学链路等，也可被认为是承载软件的介质。如本文所使用的，除非限制于非暂时性有形“存储”介质，否则诸如计算机或机器“可读介质”等术语是指参与向处理器提供指令以供执行的任何介质。

[0131] 因此，诸如计算机可执行代码等机器可读介质可以采取许多形式，包括但不限于

有形存储介质、载波介质或物理传输介质。非易失性存储介质包括例如光盘或磁盘,诸如任何一个或多个计算机中的任何存储设备等,诸如附图中所示的可用于实现数据库的那些介质等。易失性存储介质包括动态存储器,诸如这样的计算机平台的主存储器。有形传输介质包括同轴电缆、铜线和光纤,包括构成计算机系统内的总线的导线。载波传输介质可以采取电信号或电磁信号或者声波或光波如射频(RF)和红外(IR)数据通信期间产生的那些的形式。因此,计算机可读介质的常见形式包括例如:软盘、柔性盘、硬盘、磁带、任何其他磁性介质、CD-ROM、DVD或DVD-ROM、任何其他光学介质、穿孔纸带、任何其他具有孔洞图案的物理存储介质、RAM、ROM、PROM和EPROM、FLASH-EPROM、任何其他存储器芯片或匣盒、传送数据或指令的载波、传送这样的载波的电缆或链路,或者计算机可以从中读取程序代码和/或数据的任何其他介质。这些计算机可读介质形式中的许多可涉及将一个或多个指令的一个或多个序列携带至处理器以供执行。

[0132] 本公开内容的方法和系统可以通过一个或多个算法的方式实现。算法可以在由中央处理器1805执行时通过软件的方式实现。算法可例如确定逆反射屏幕元件的最佳偏移。

[0133] 本文提供的系统和方法可以与其他系统和方法相结合或者由其他系统和方法修改,所述其他系统和方法诸如为美国专利公开号2013/0342813;美国专利号3,817,596、4,775,219、5,763,049、7,261,424和7,370,981;以及P.R.Yoder的“Study of Light Deviation Errors in Triple Mirrors and Tetrahedral Prisms,”*J. Optical Soc. Amer.*,第48卷,第7期,第496-499页(1958年7月)中所述的那些,上述文献各自通过引用而全文并入于此。

[0134] 虽然本文示出和描述了本发明的优选实施方式,但对于本领域技术人员显而易见的是,这样的实施方式仅以示例的方式提供。本发明不旨在通过说明书中提供的具体示例来限制。虽然已经参考前述说明书描述了本发明,但本发明的实施方式的描述和图示不应以限制性的意义来解释。本领域技术人员现在在不偏离本发明的情况下想到众多变更、改变和替换。此外,应当理解,本发明的所有方面不限于本文阐述的具体描绘、配置或相对比例,而是取决于多种条件和变量。应当理解,在本发明的实践中可以采用本文描述的本发明的实施方式的各种备选方案。因此可以设想,本发明还应当覆盖任何这样的替代、修改、改变或等同物。以下权利要求旨在限定本发明的范围,并且旨在由此涵盖这些权利要求及其等同物的范围内的方法和结构。

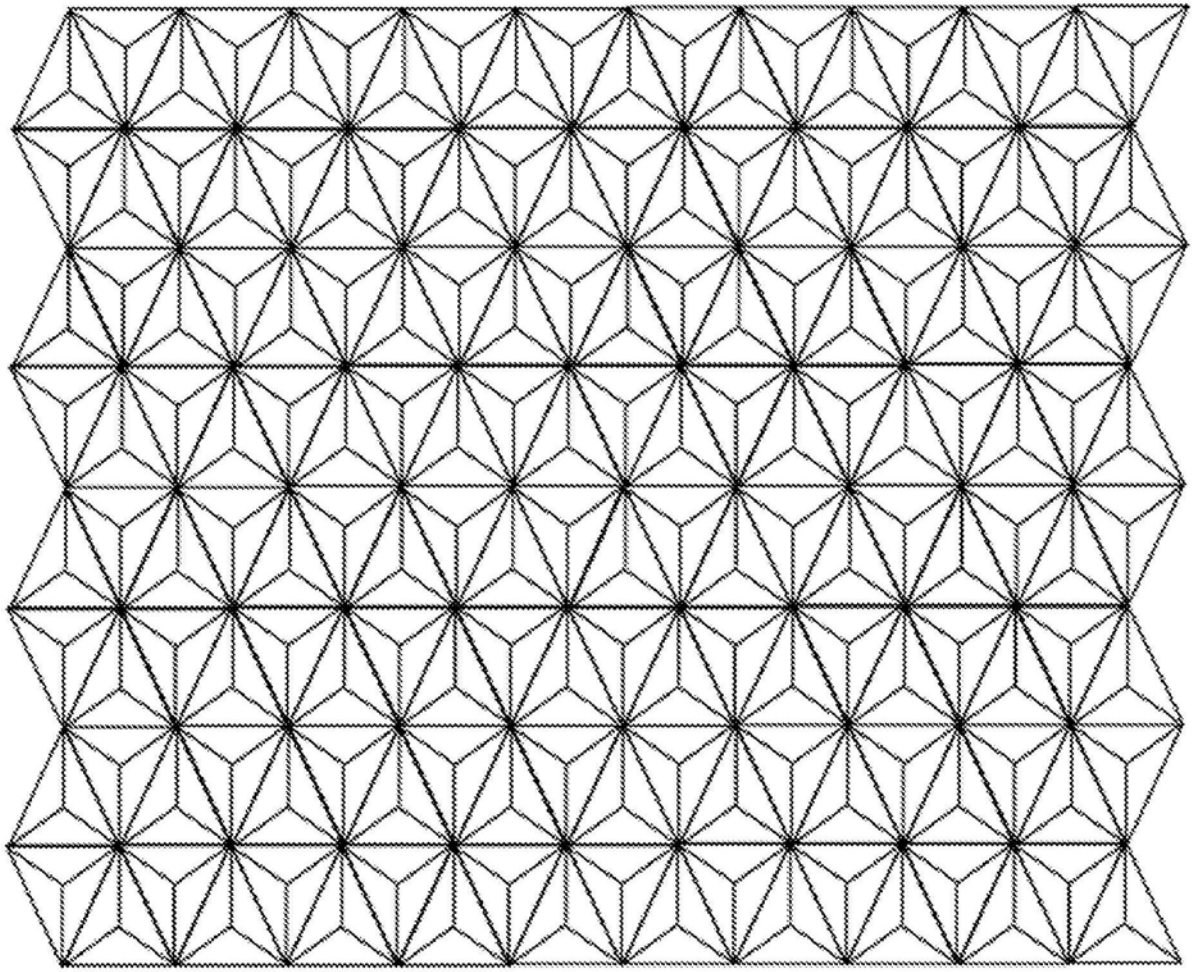


图1

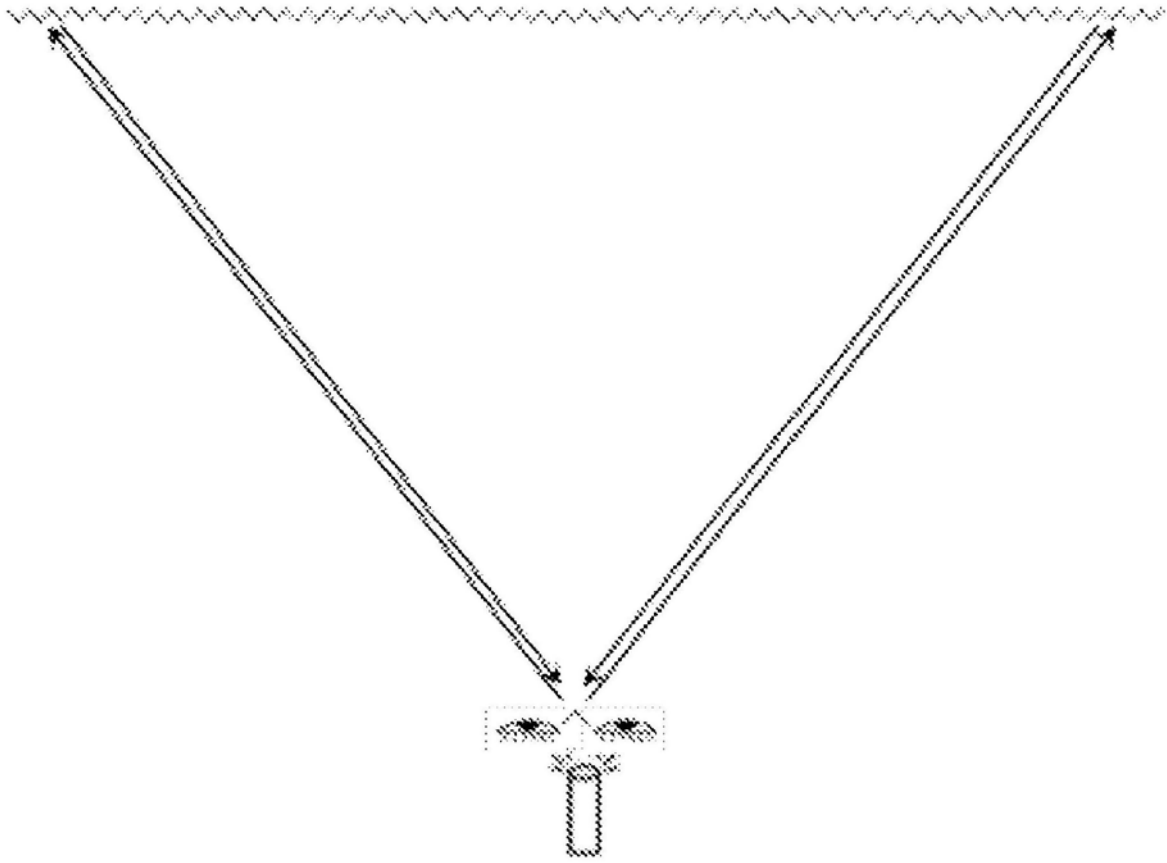


图2

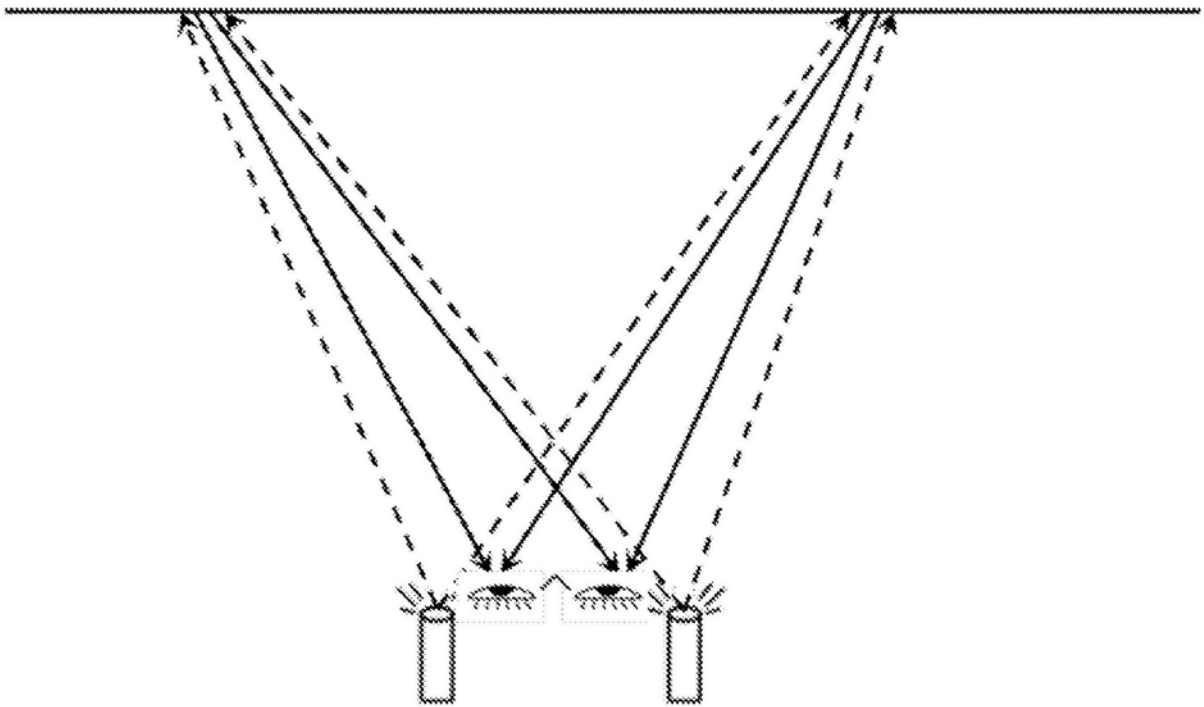


图3

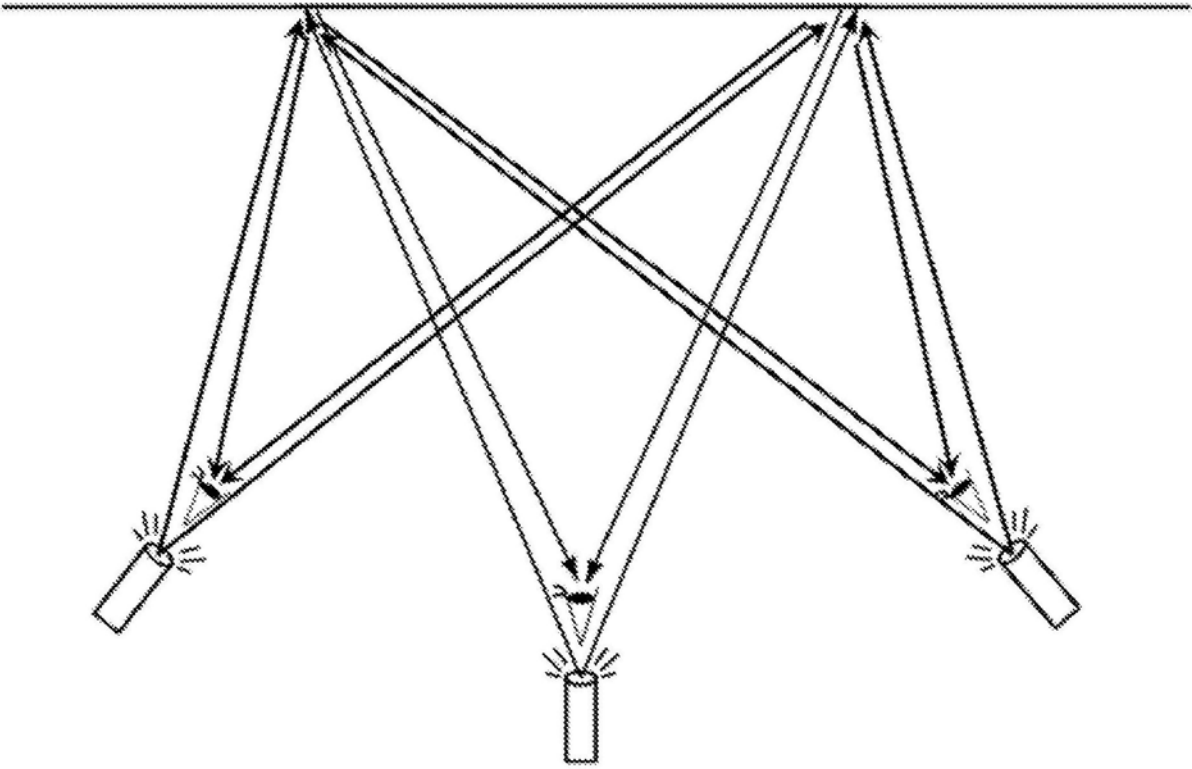


图4

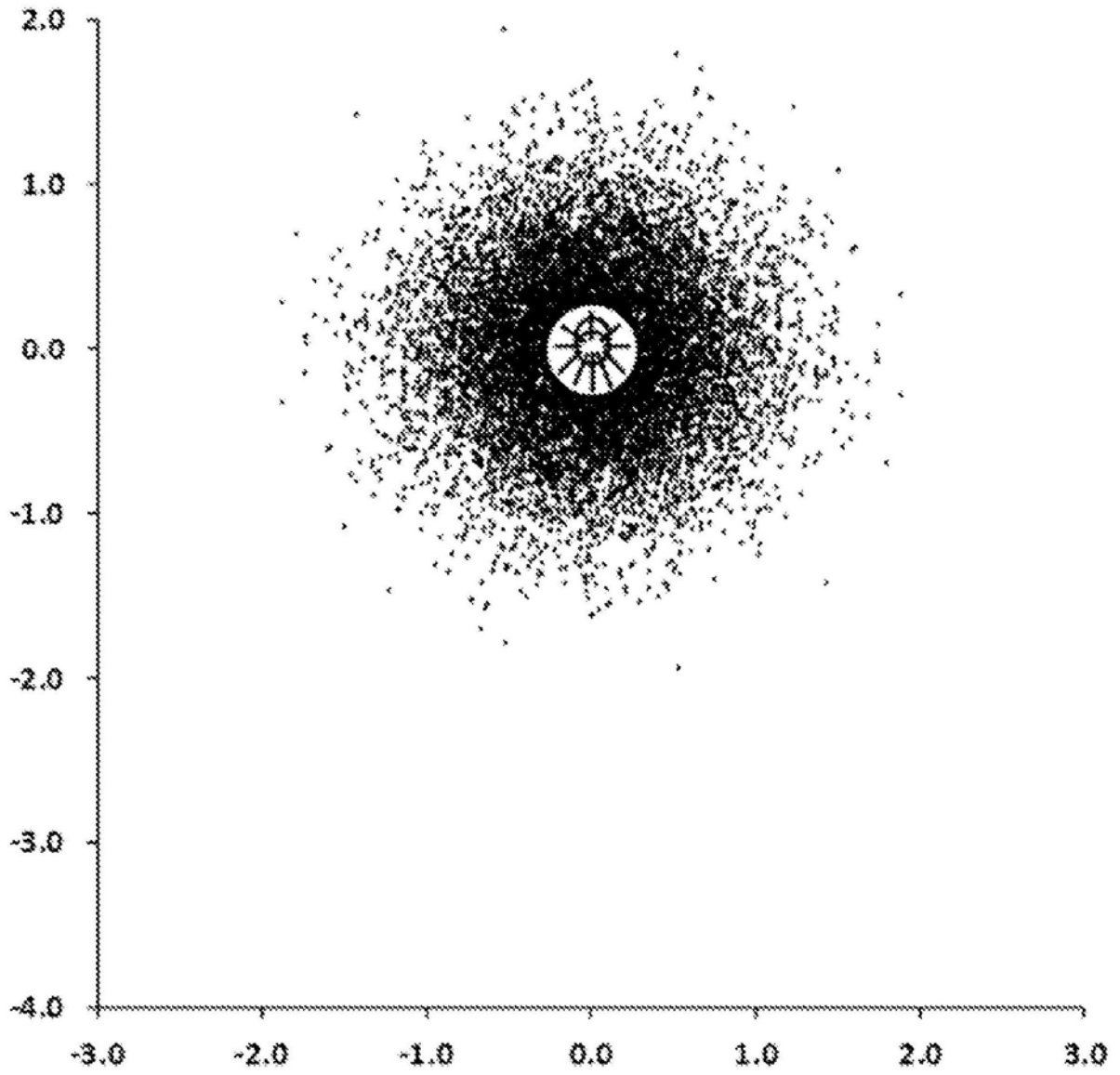


图5

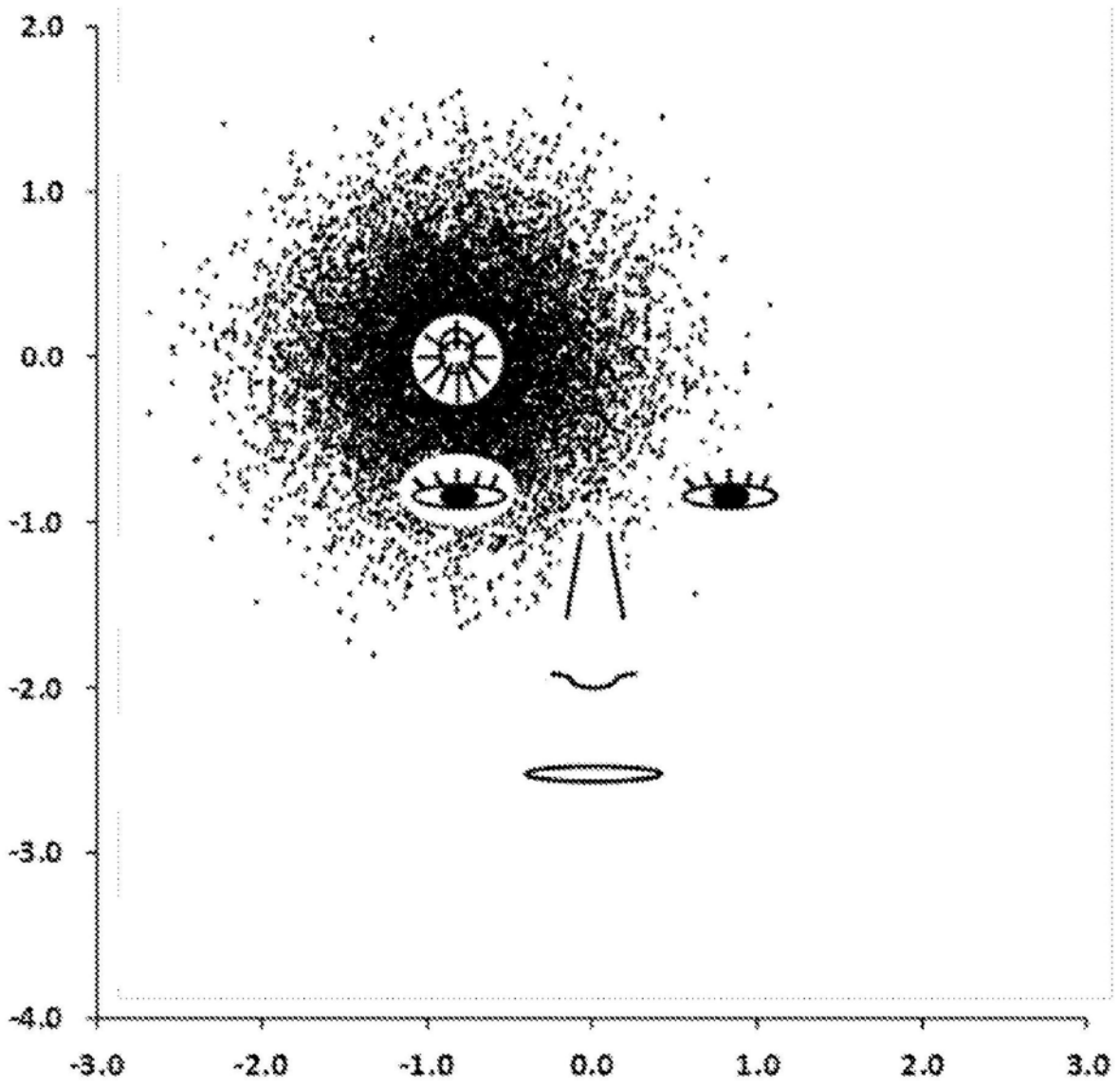


图6

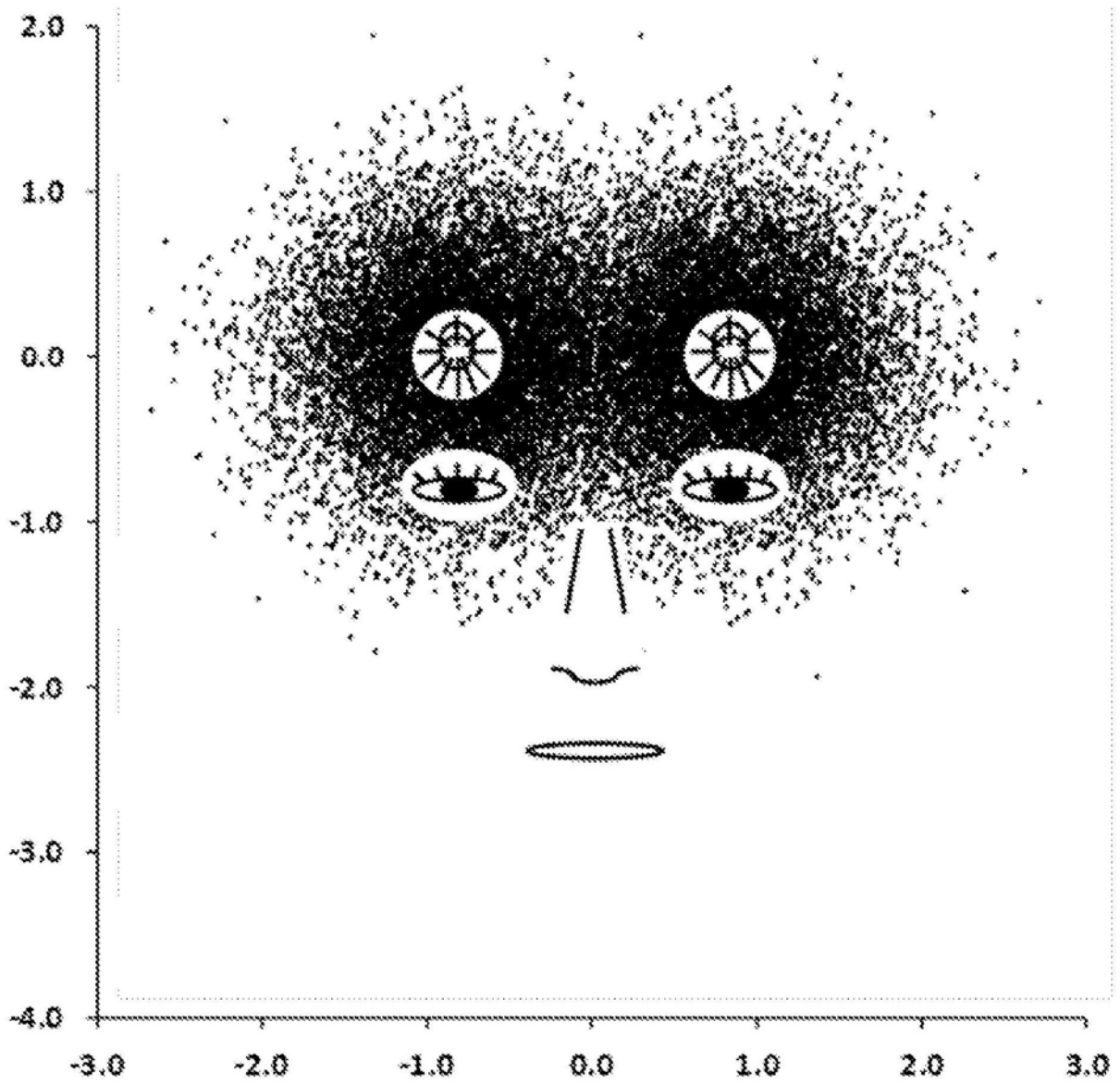


图7

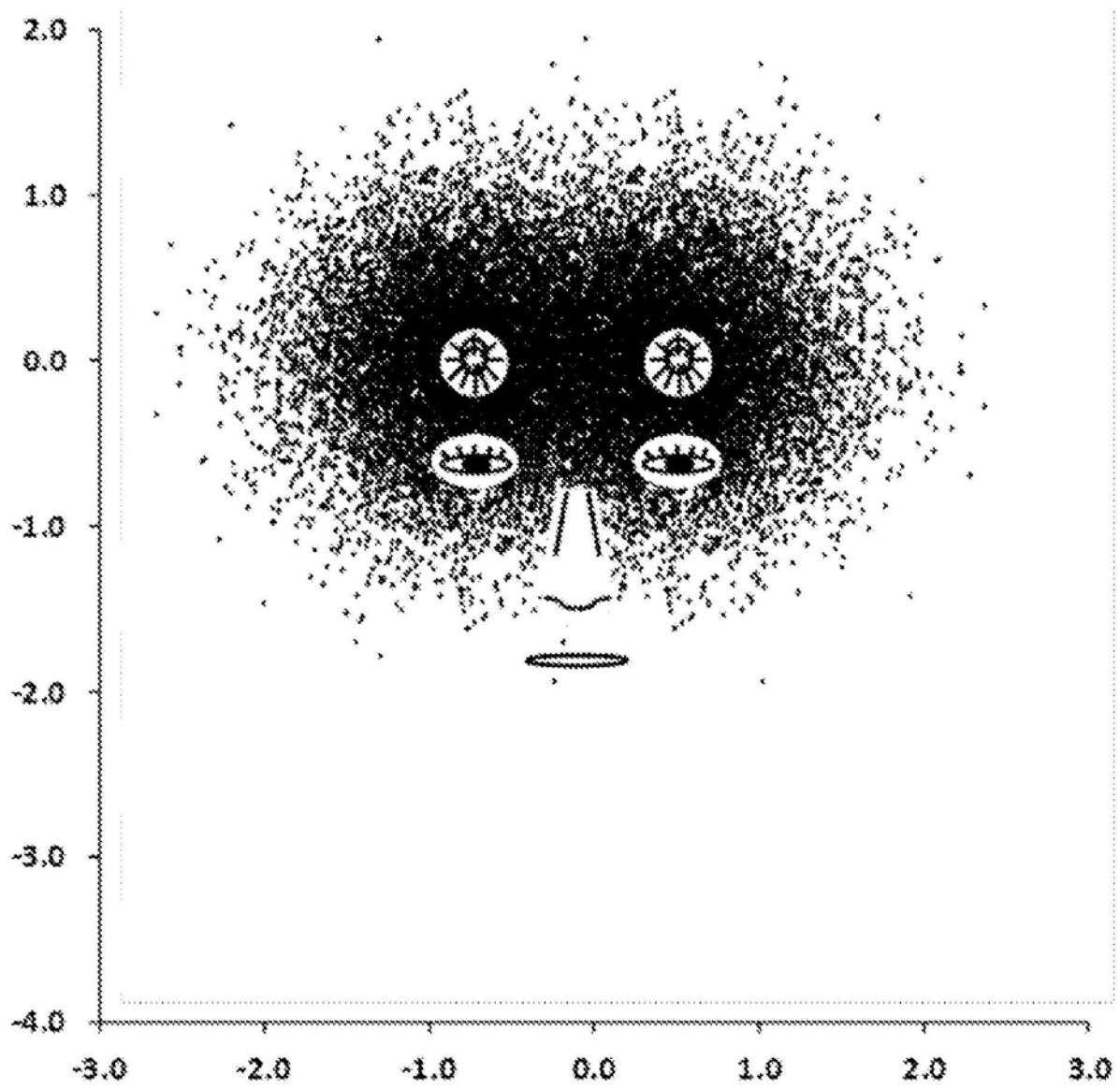


图8

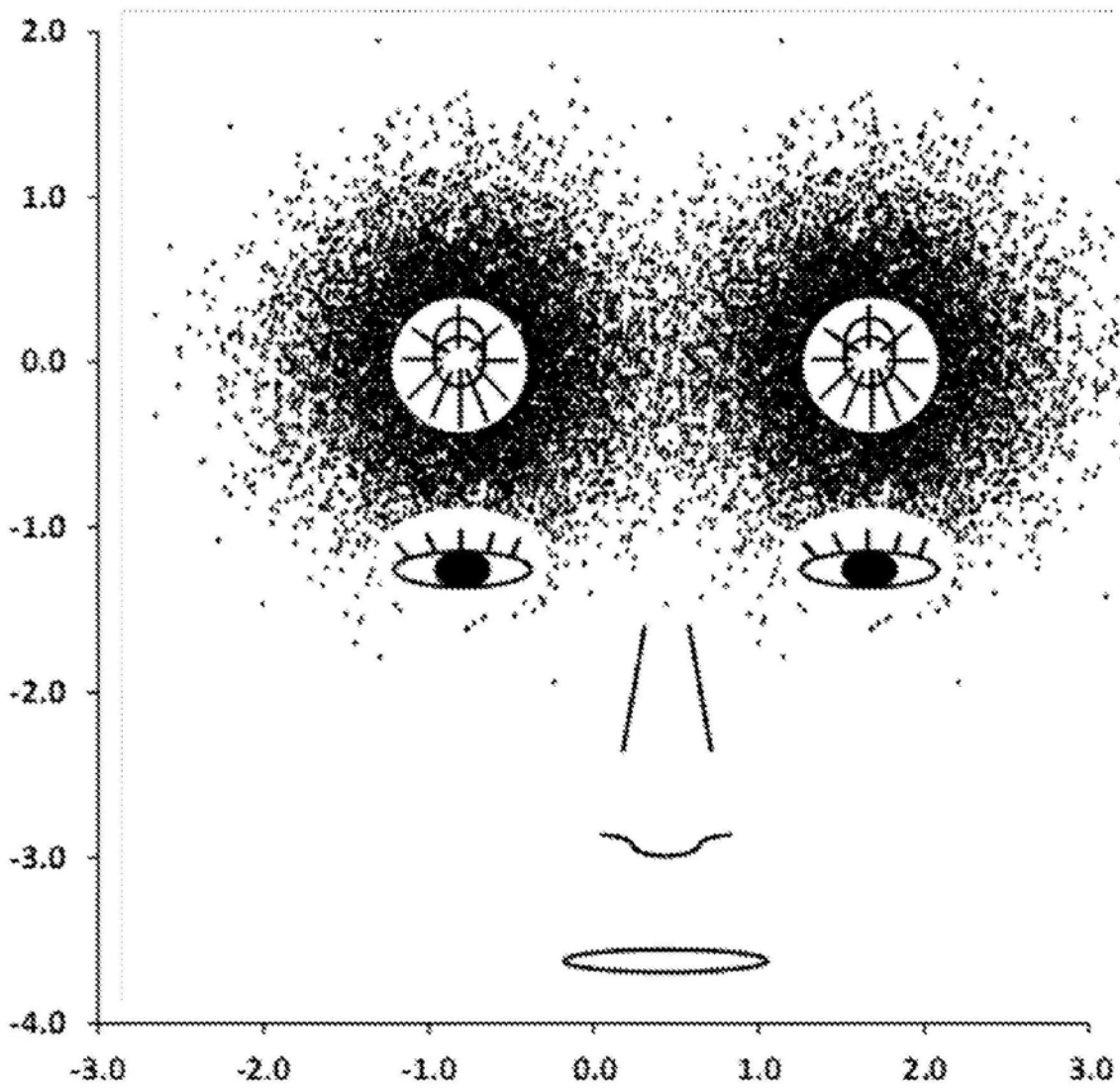


图9

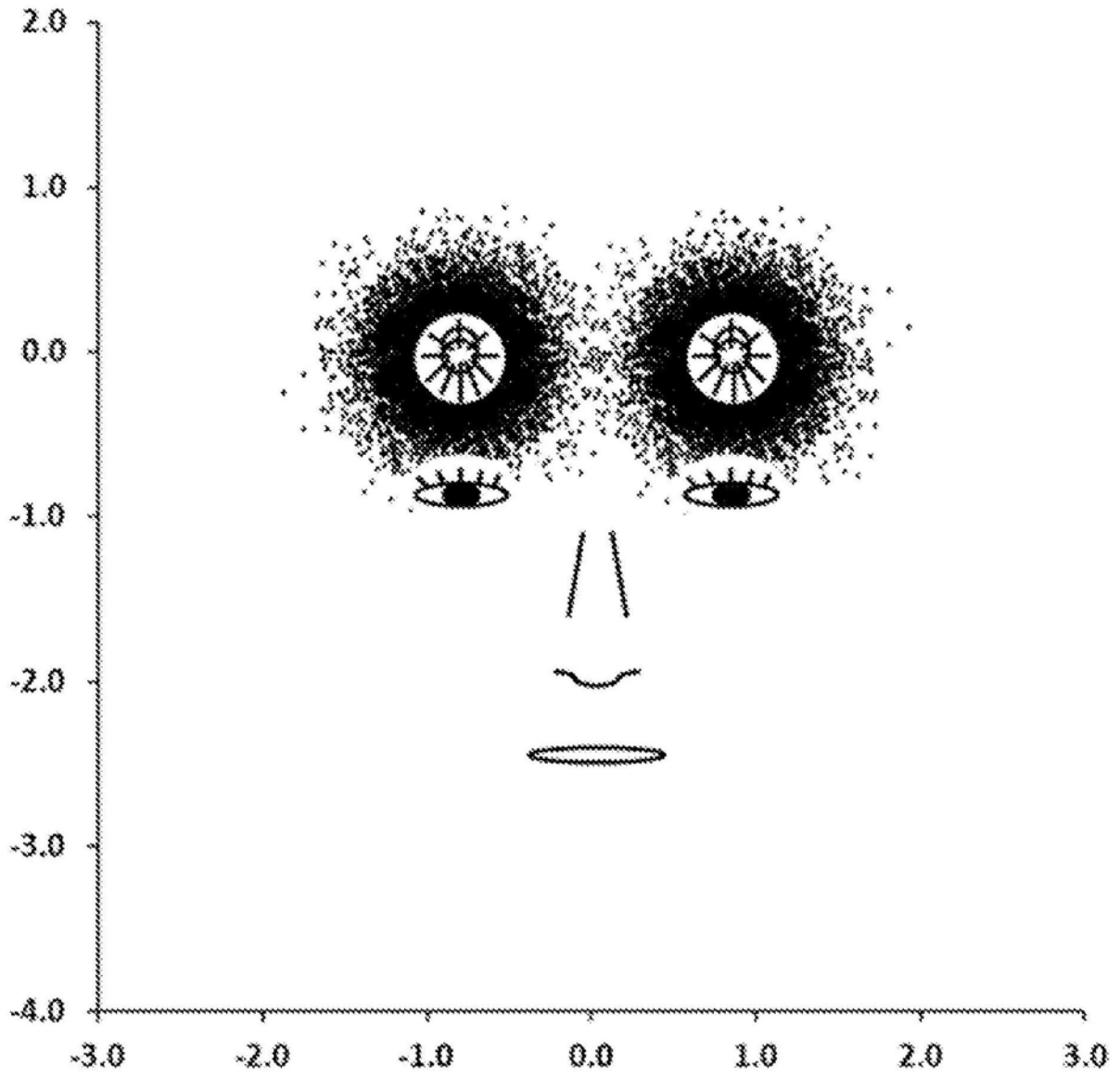


图10

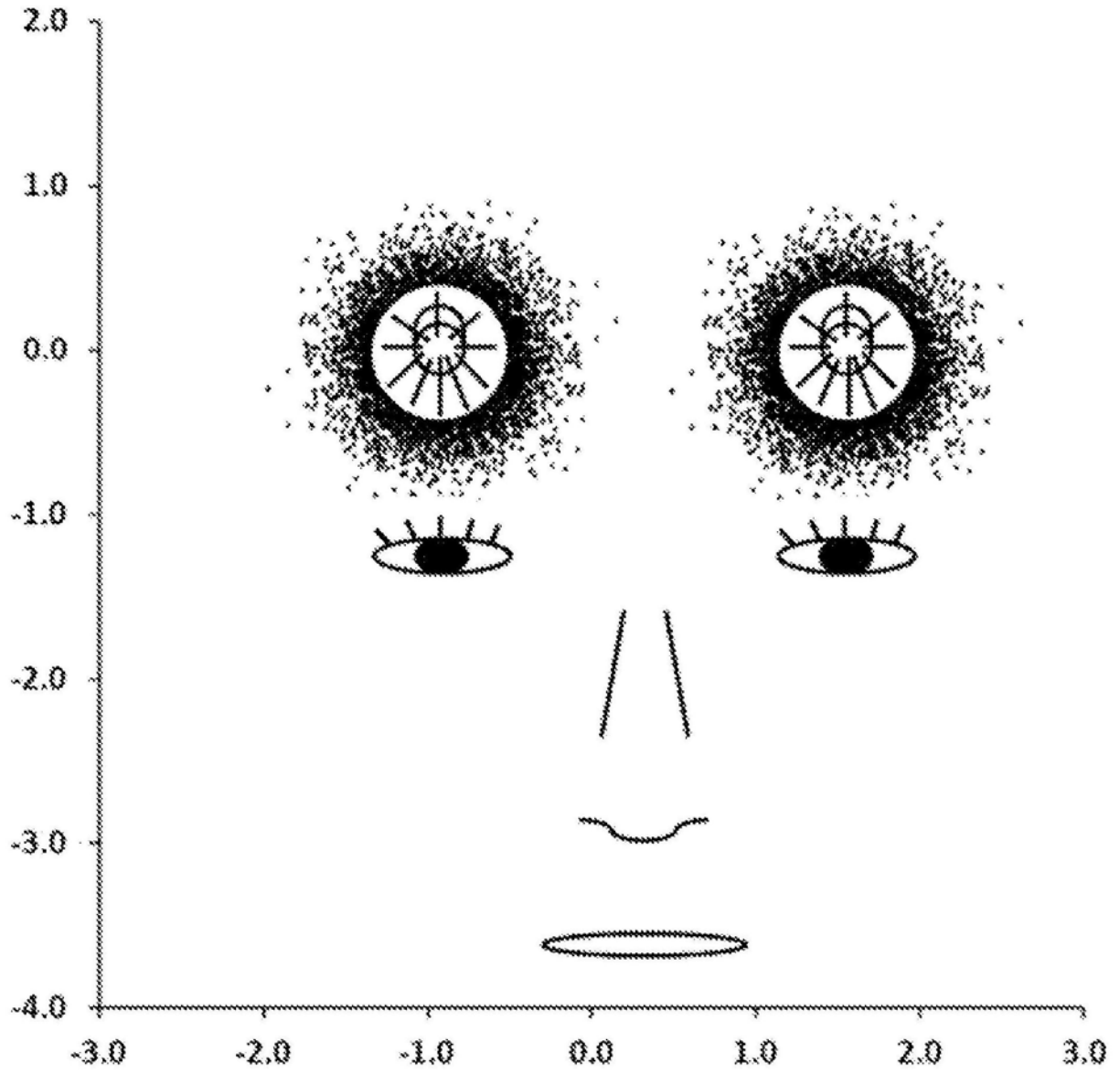


图11

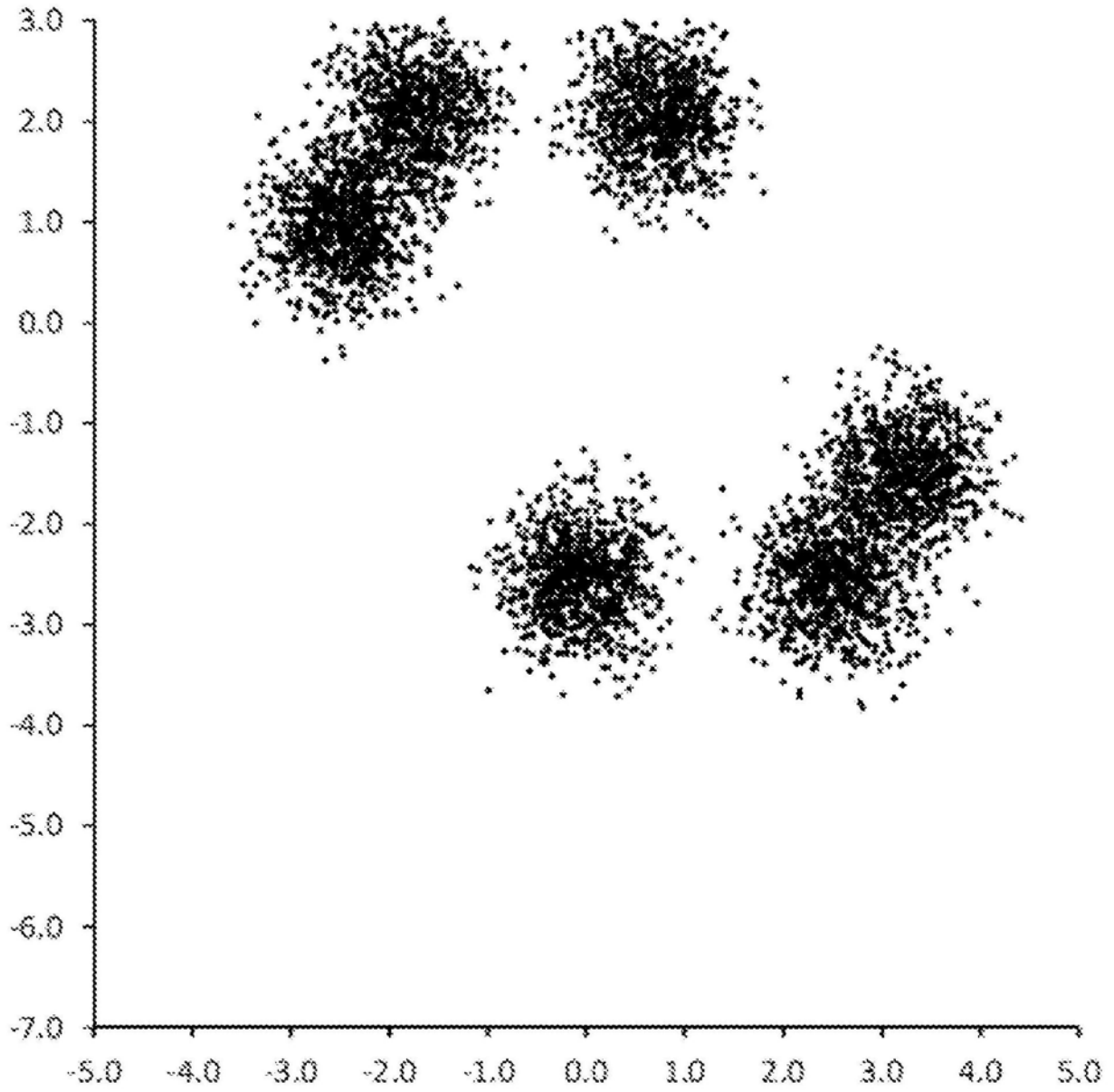


图12

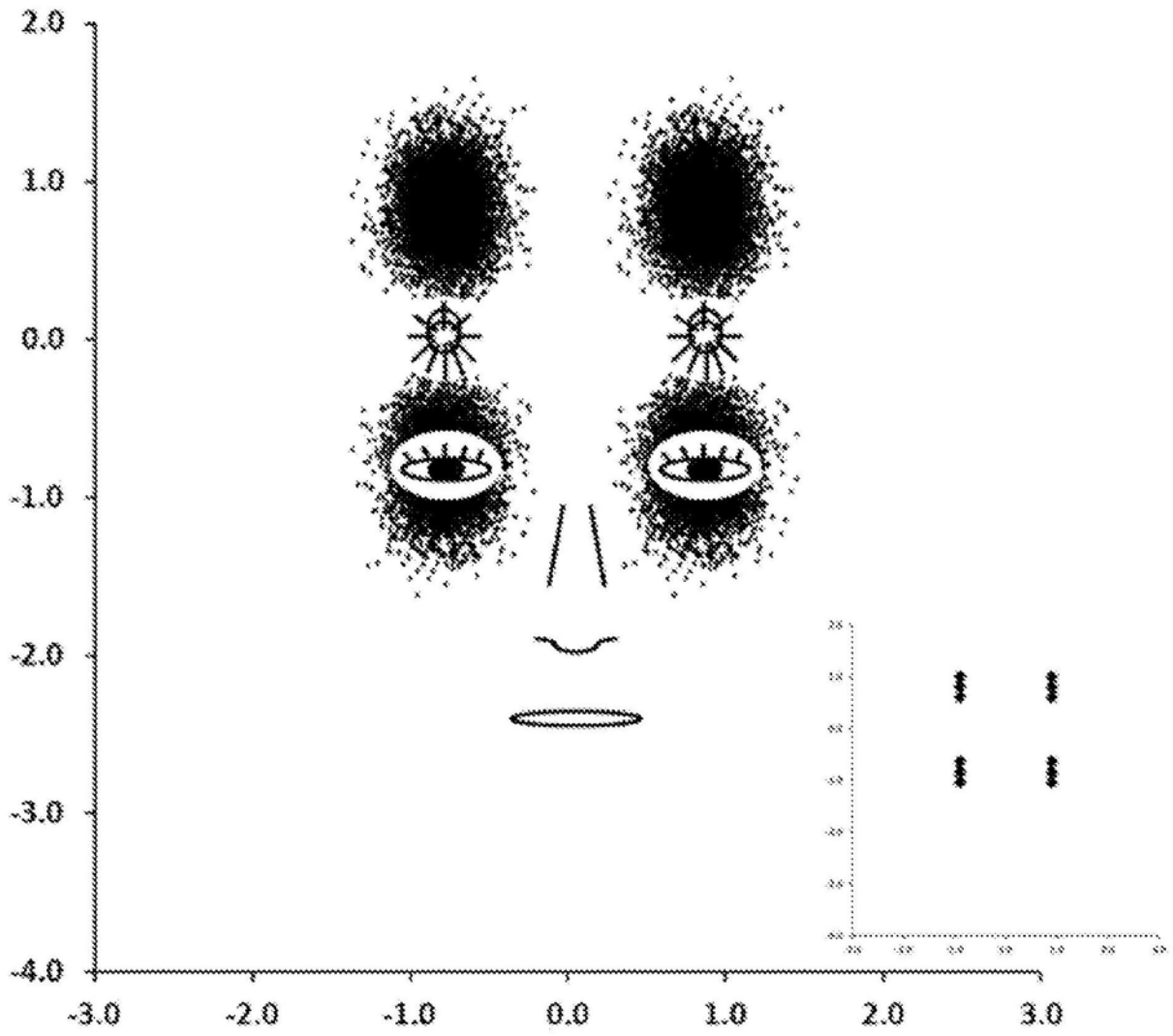


图13

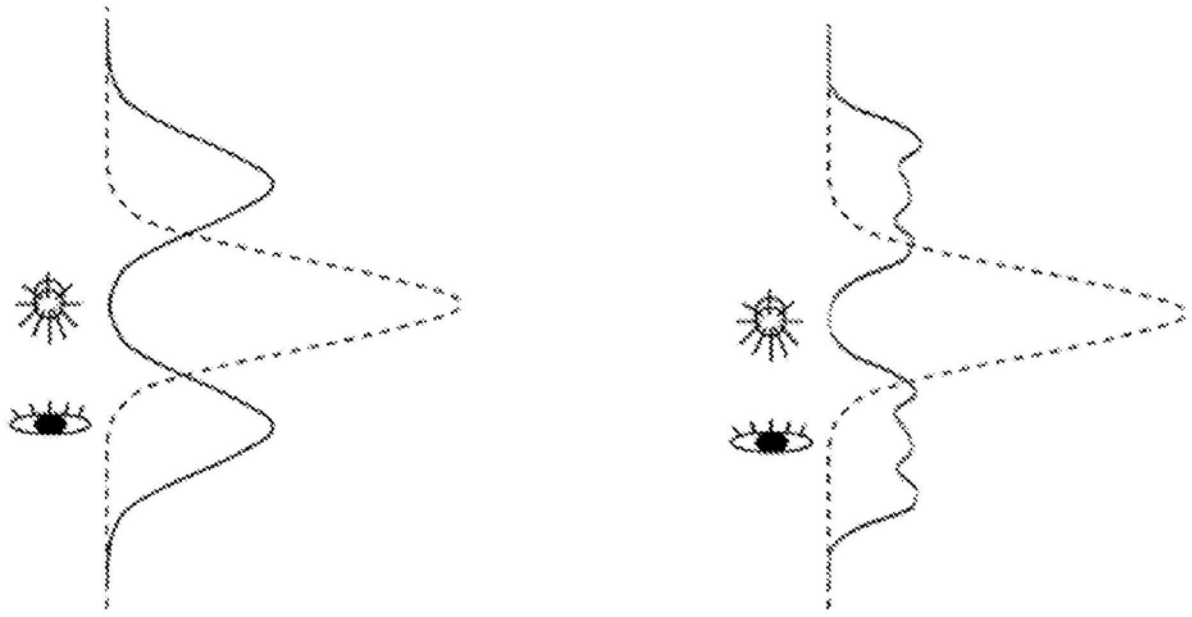


图14

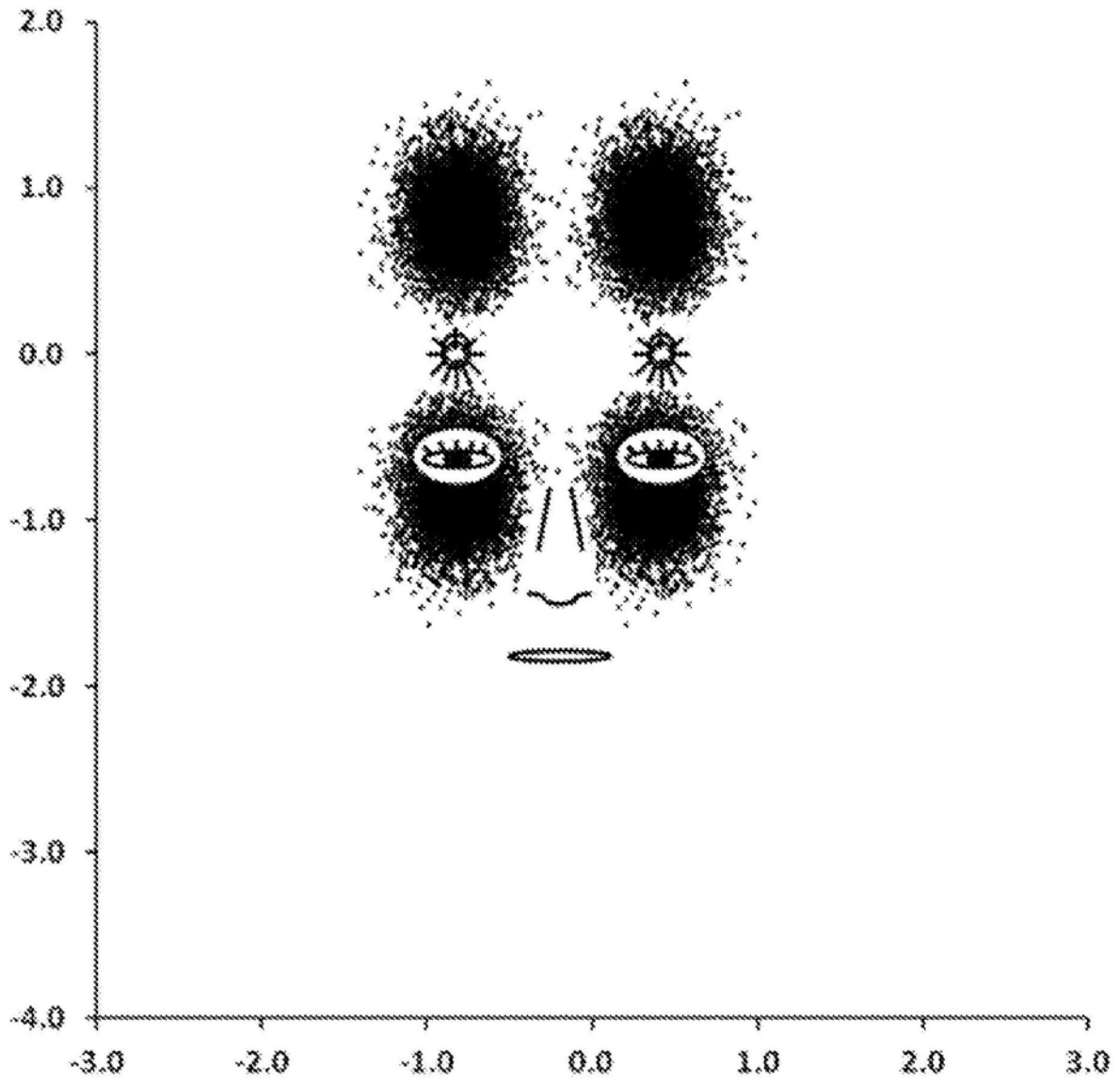


图15

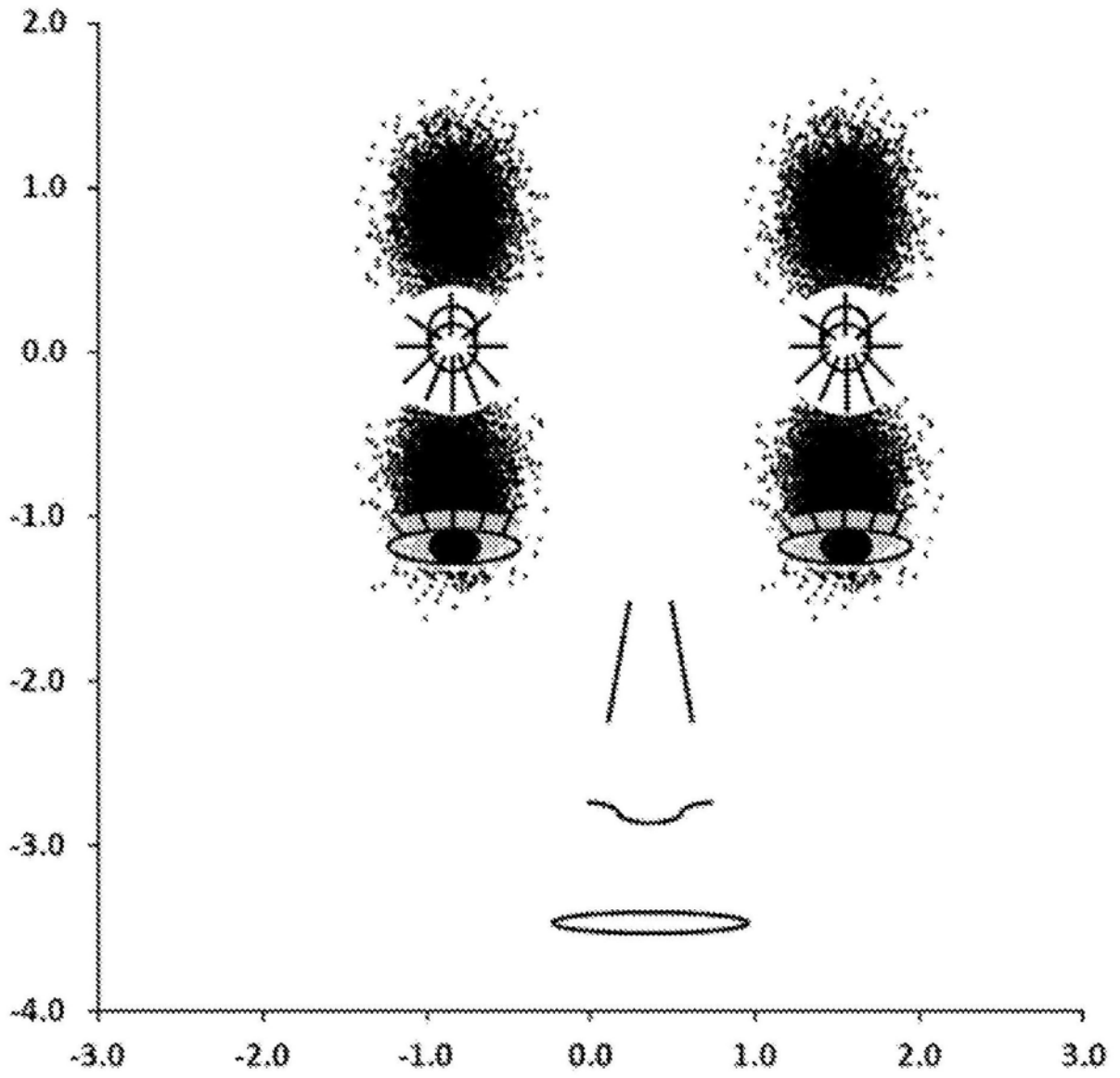


图16

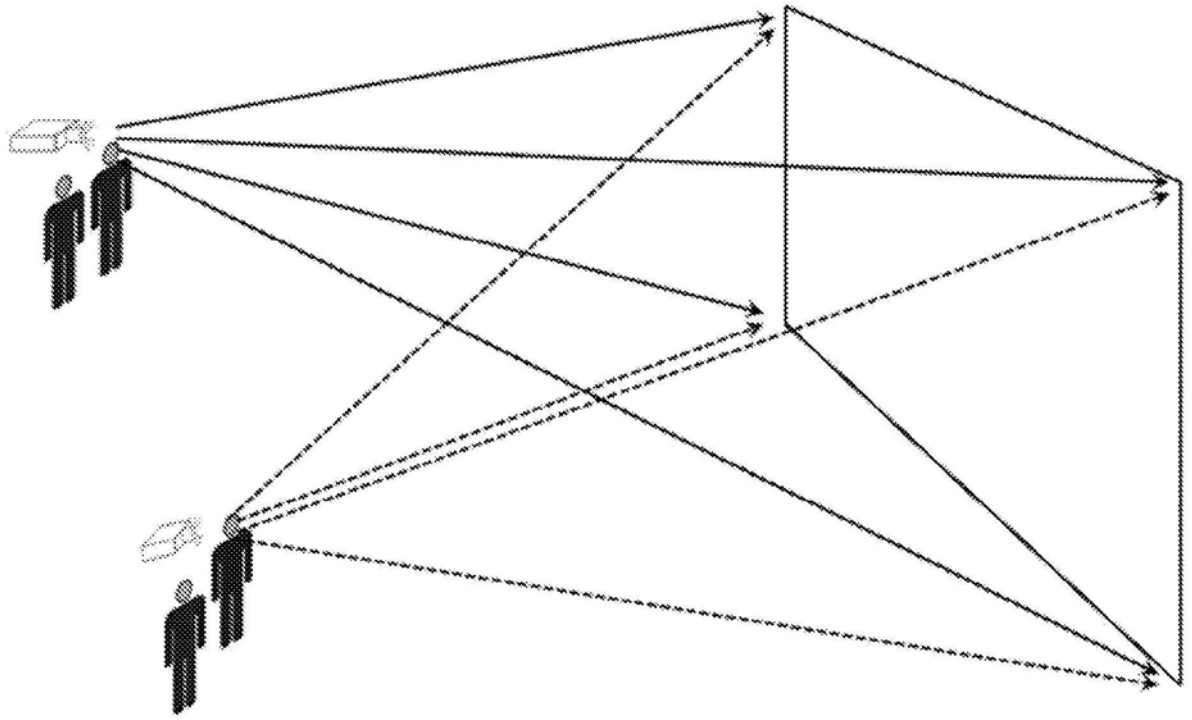


图17

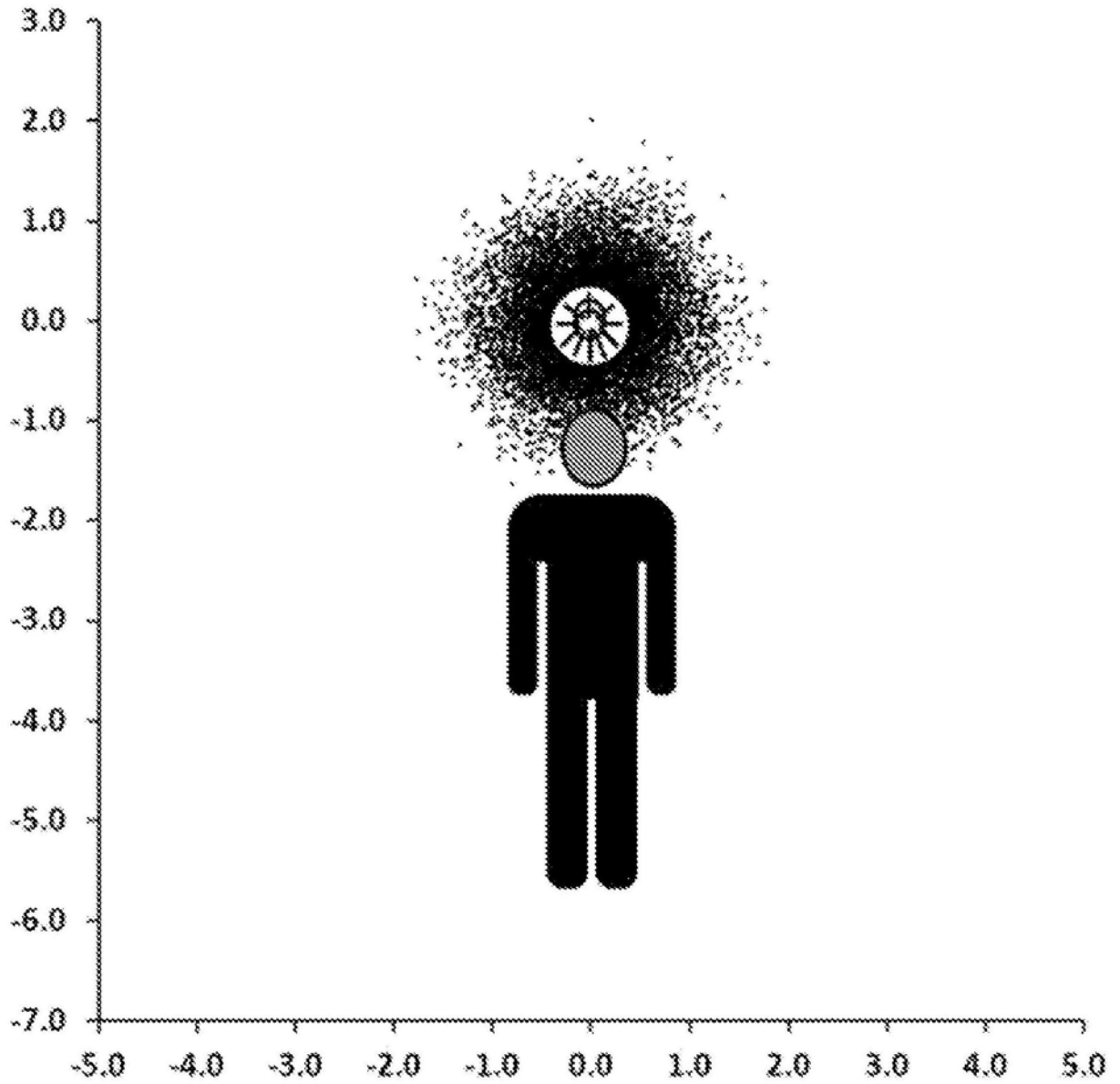


图18

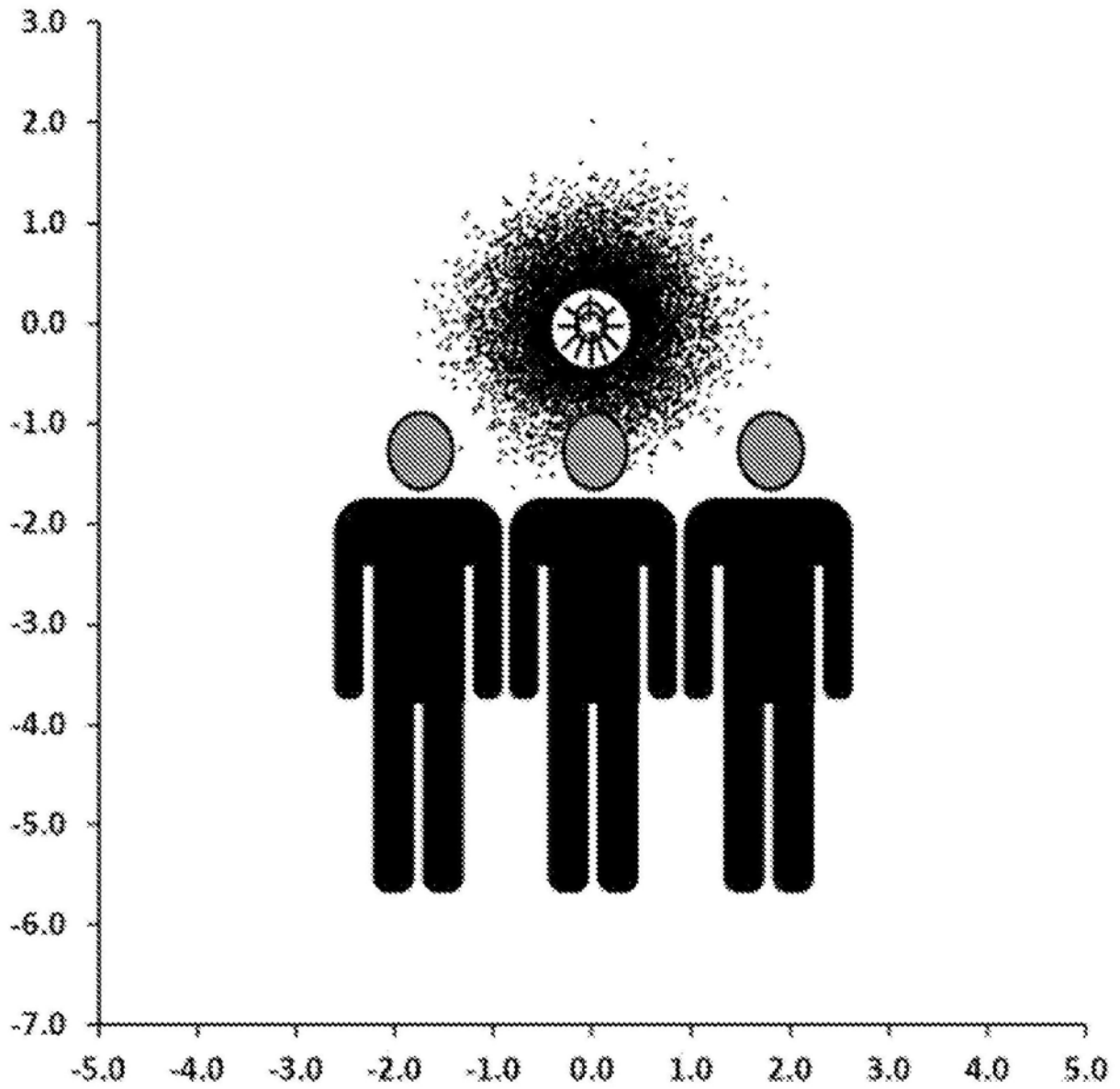


图19

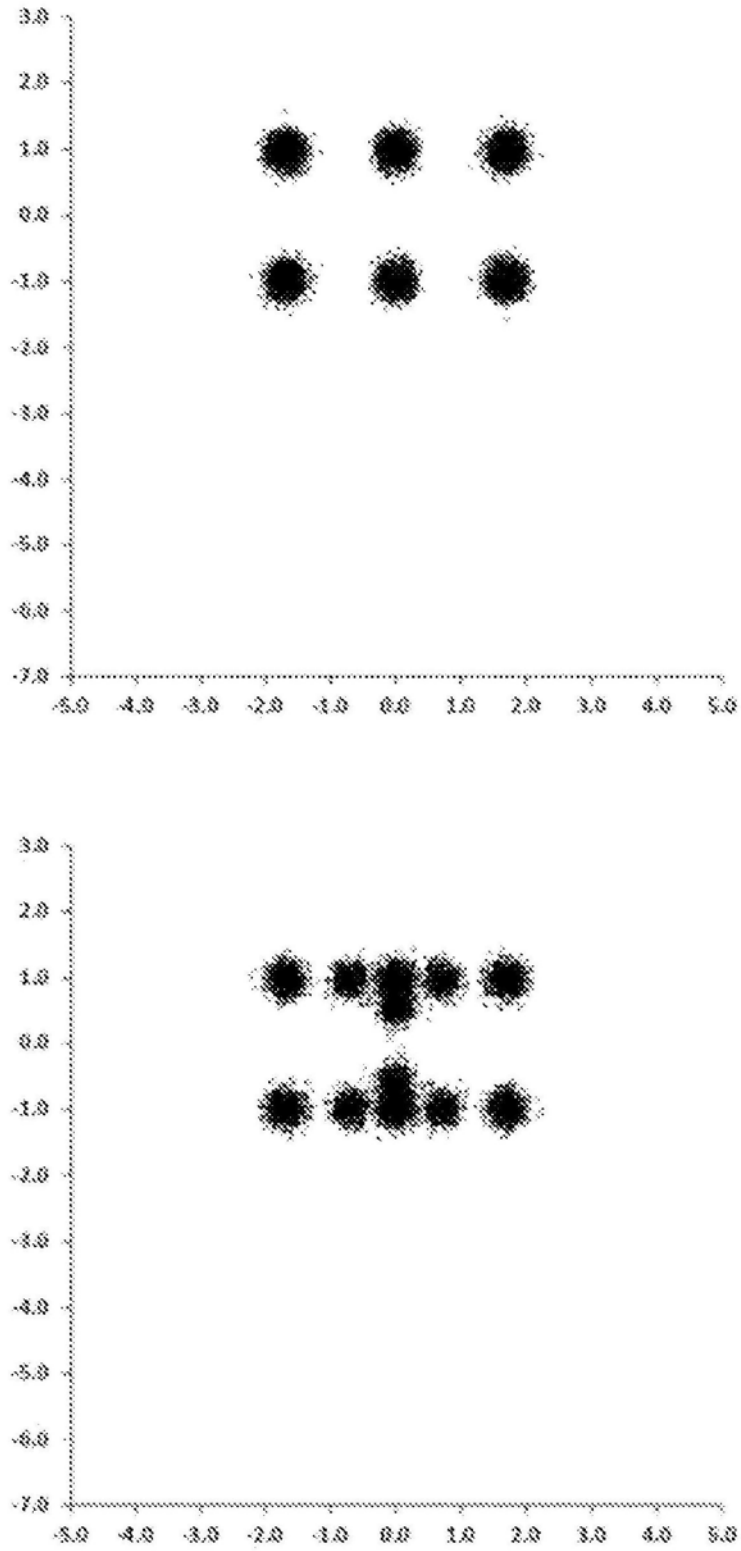


图20

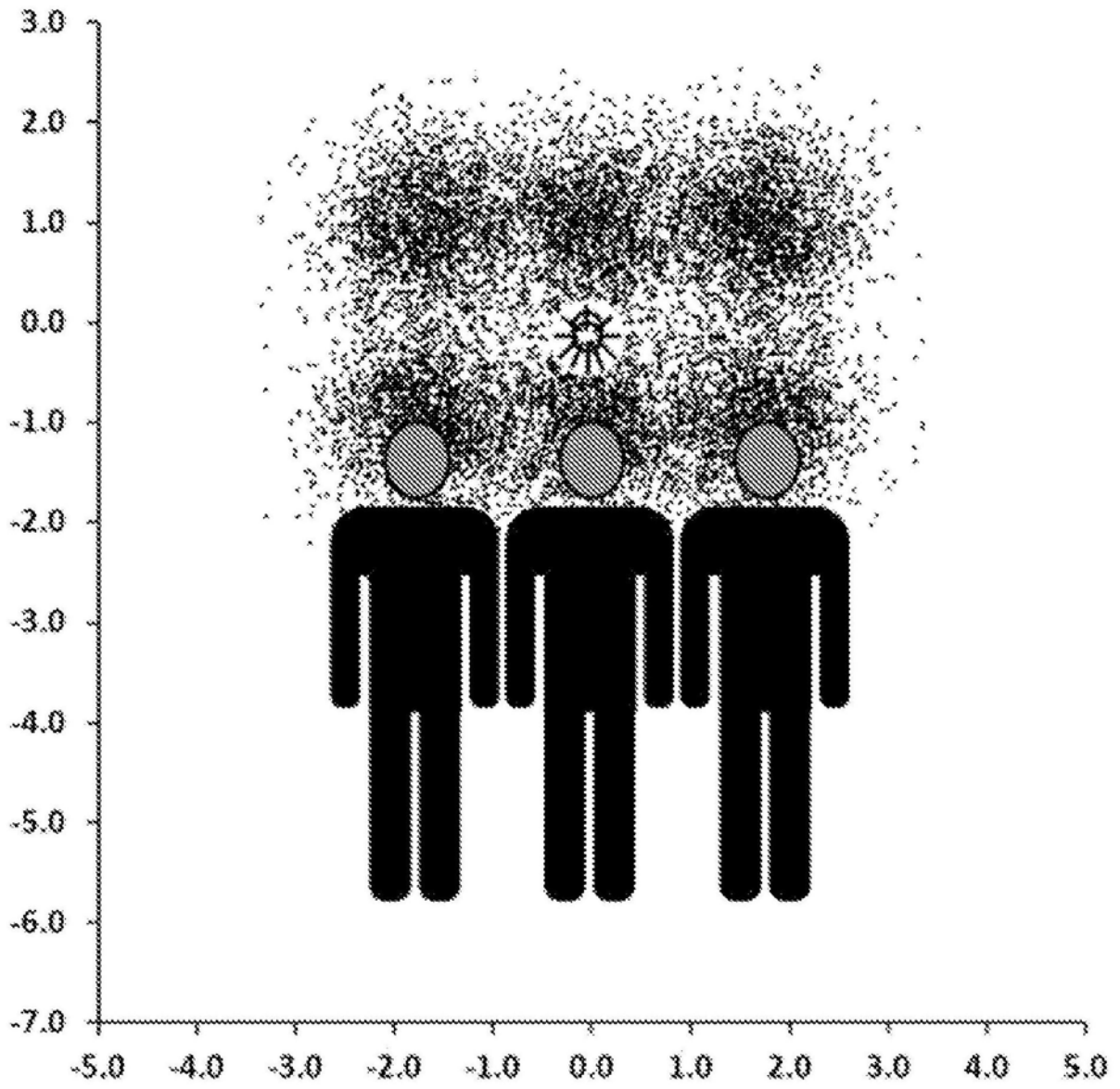


图21

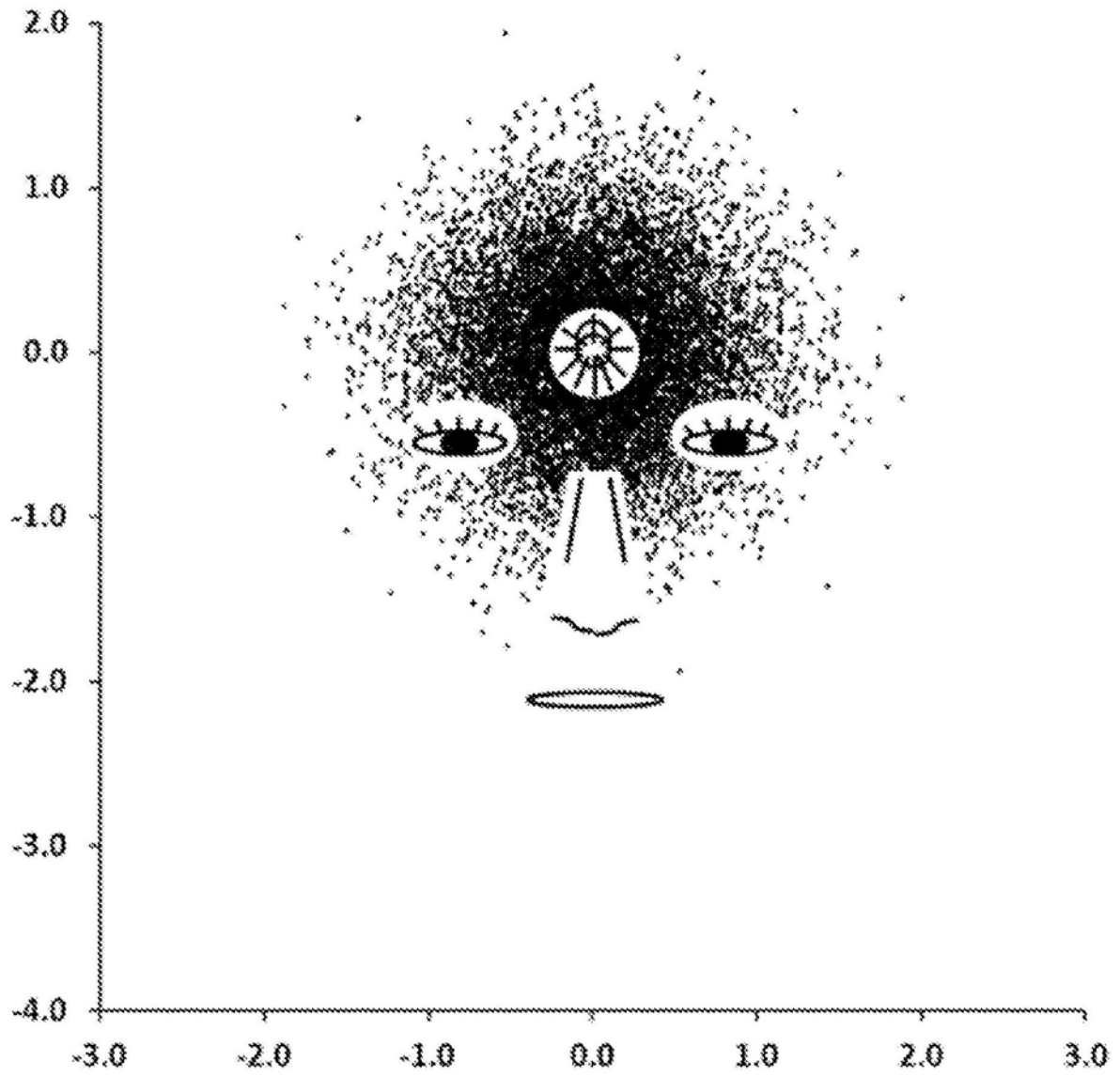


图22

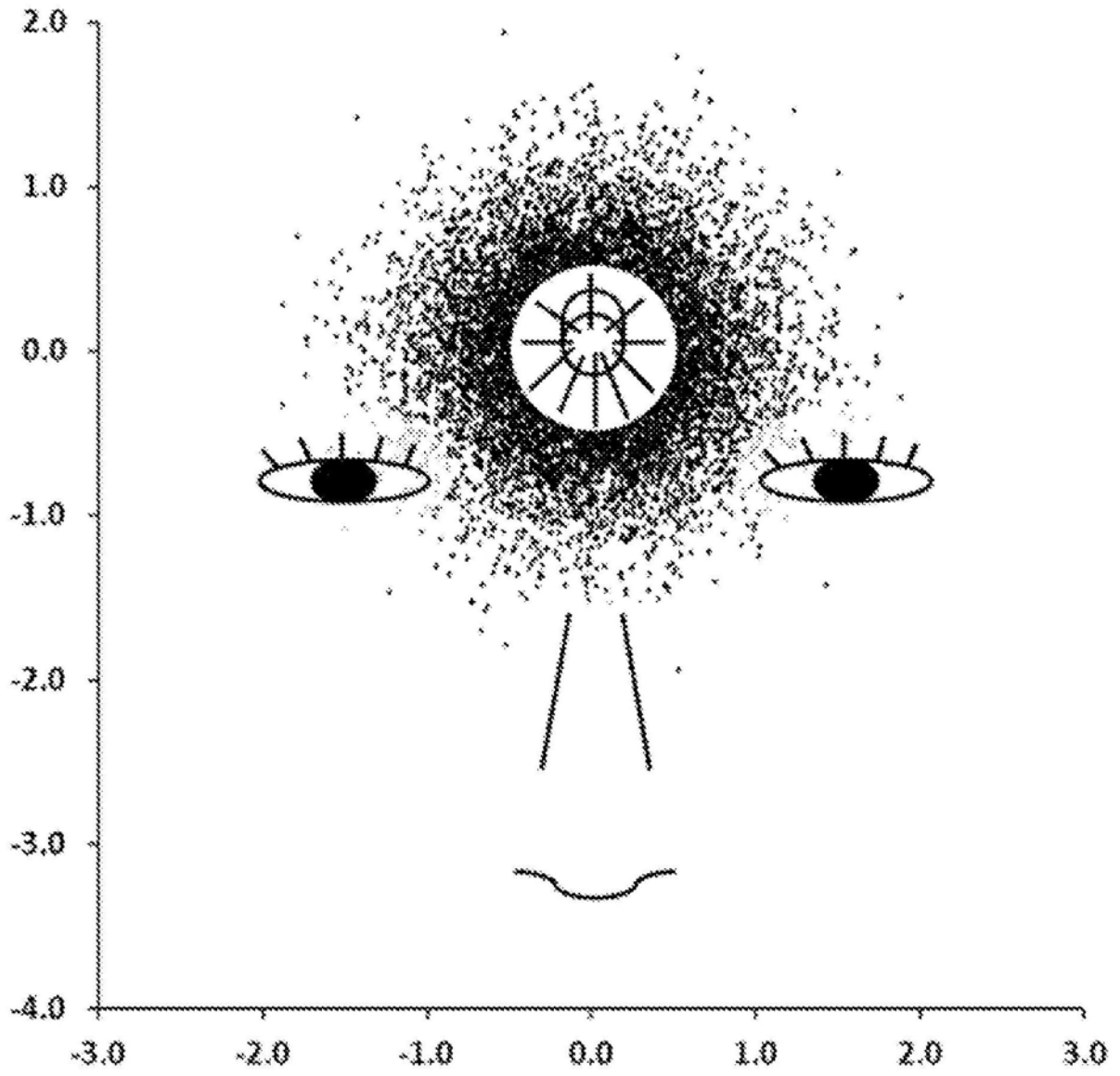


图23

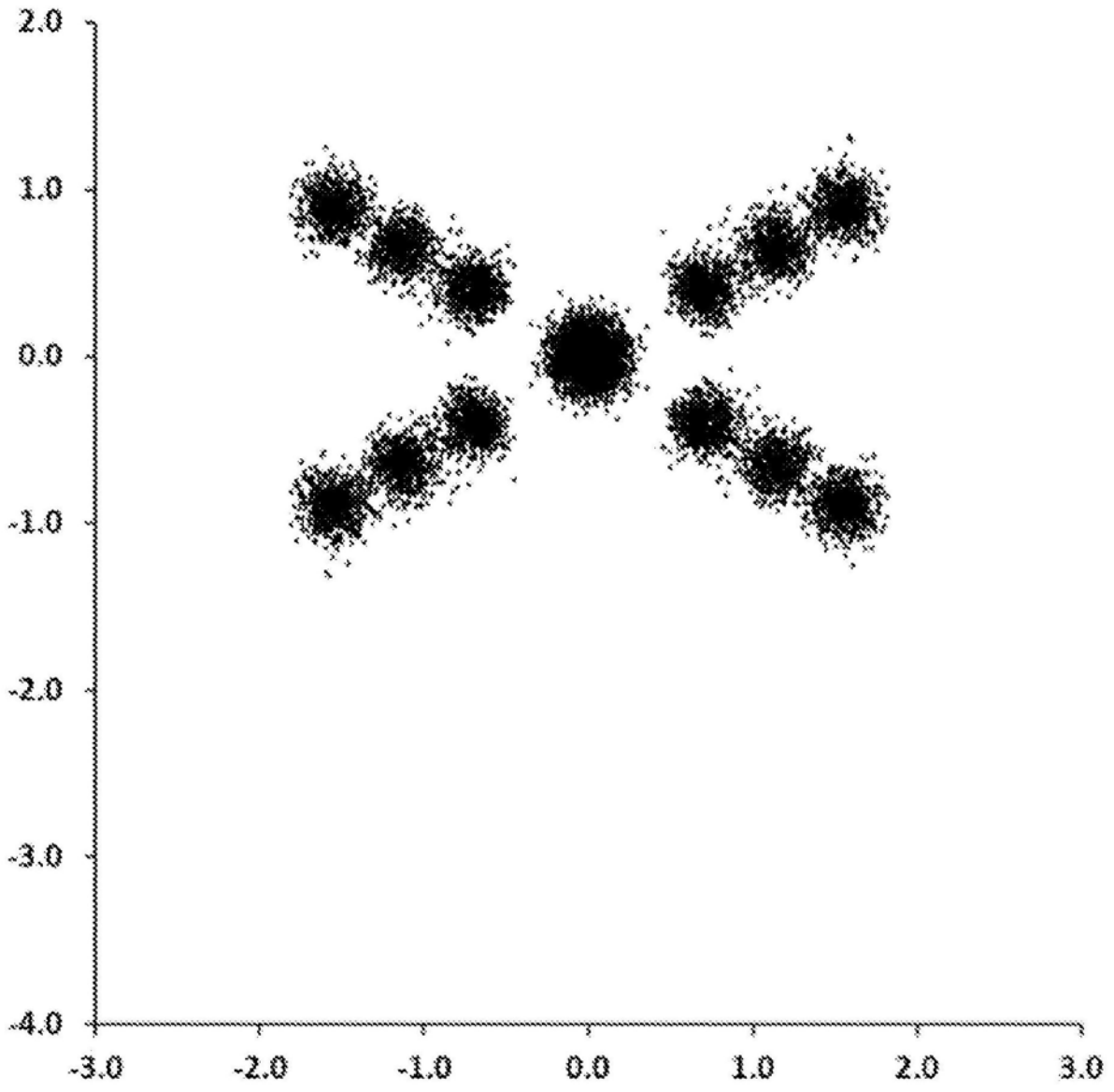


图24

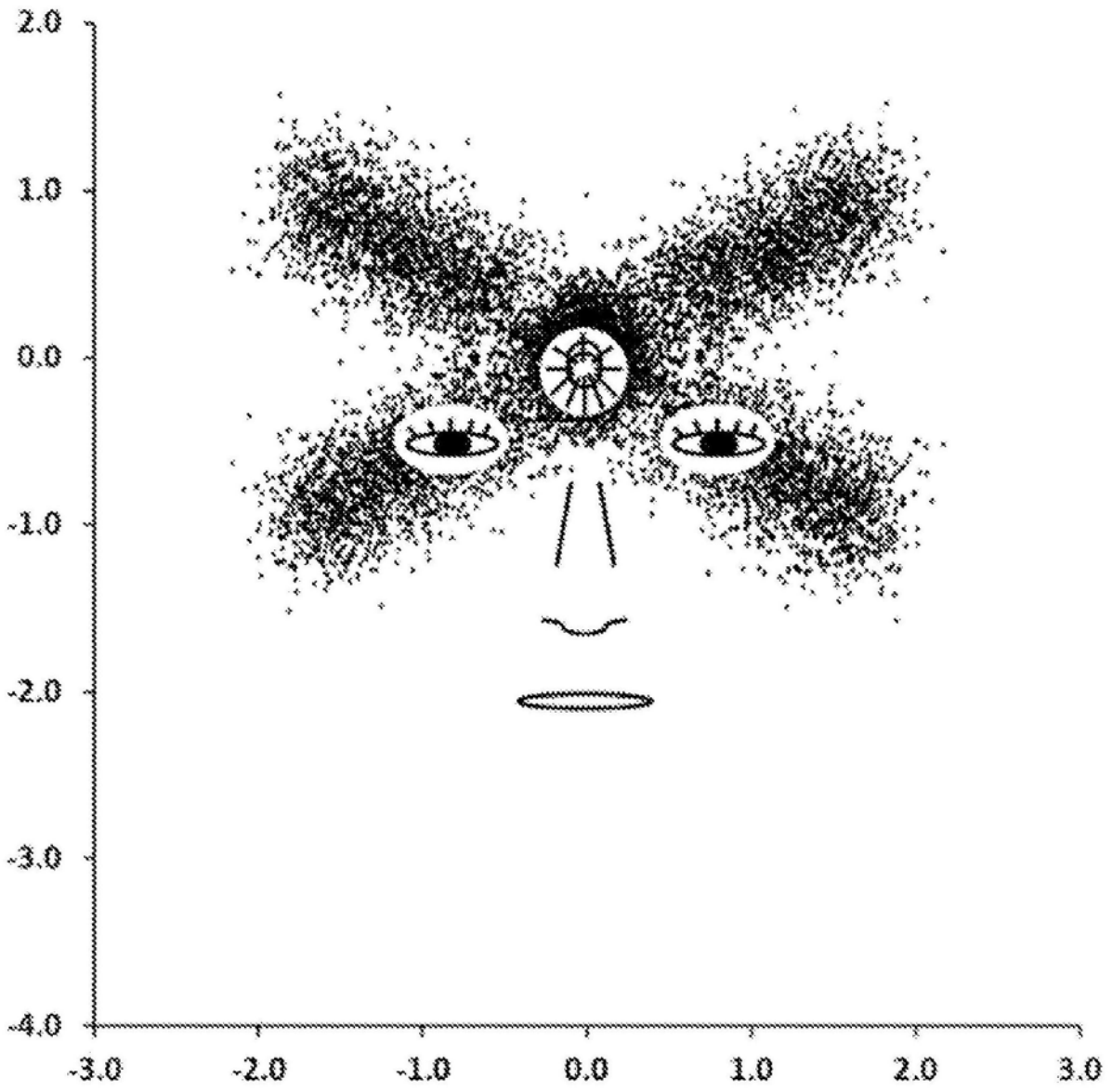


图25

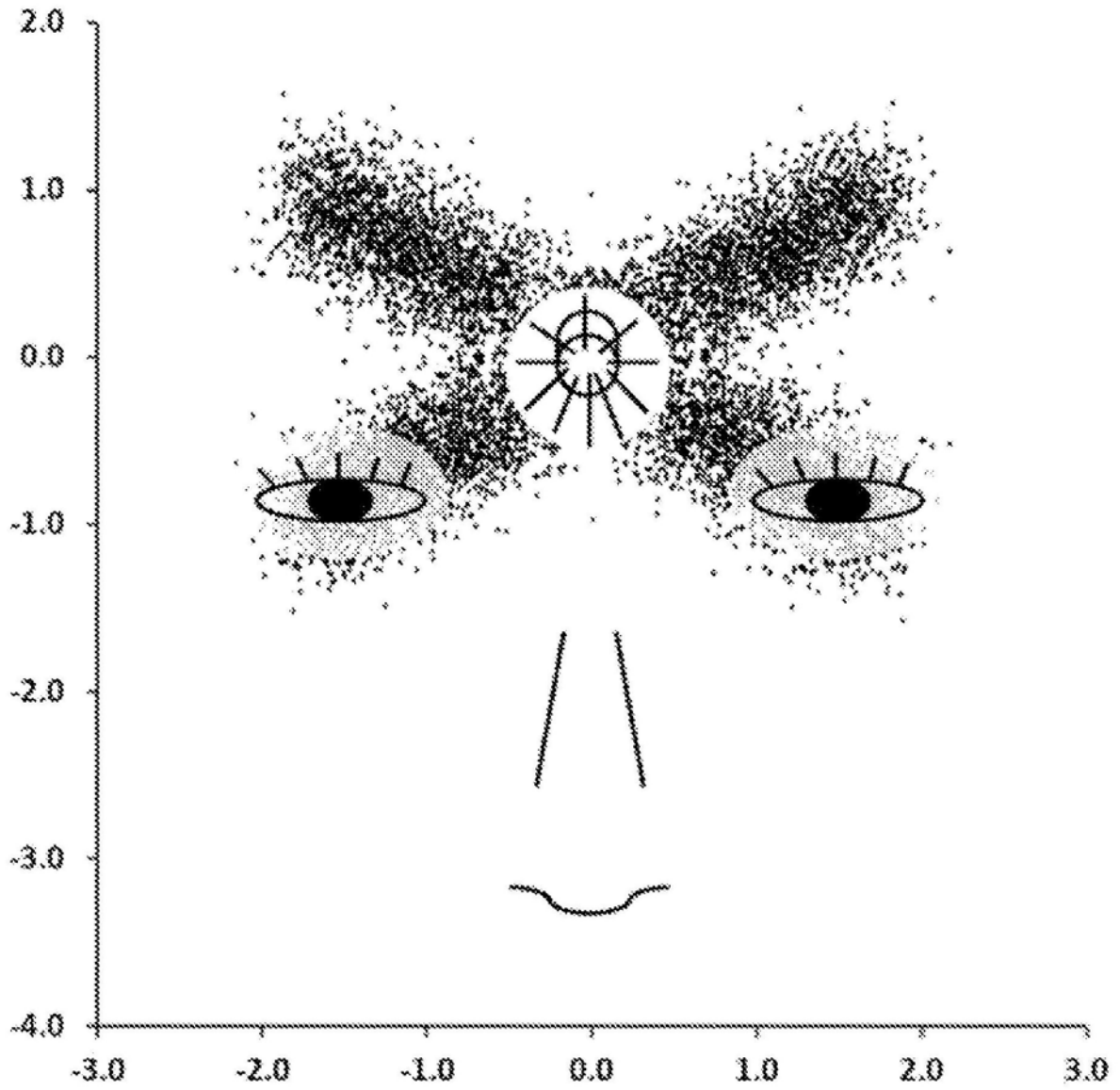


图26

1800

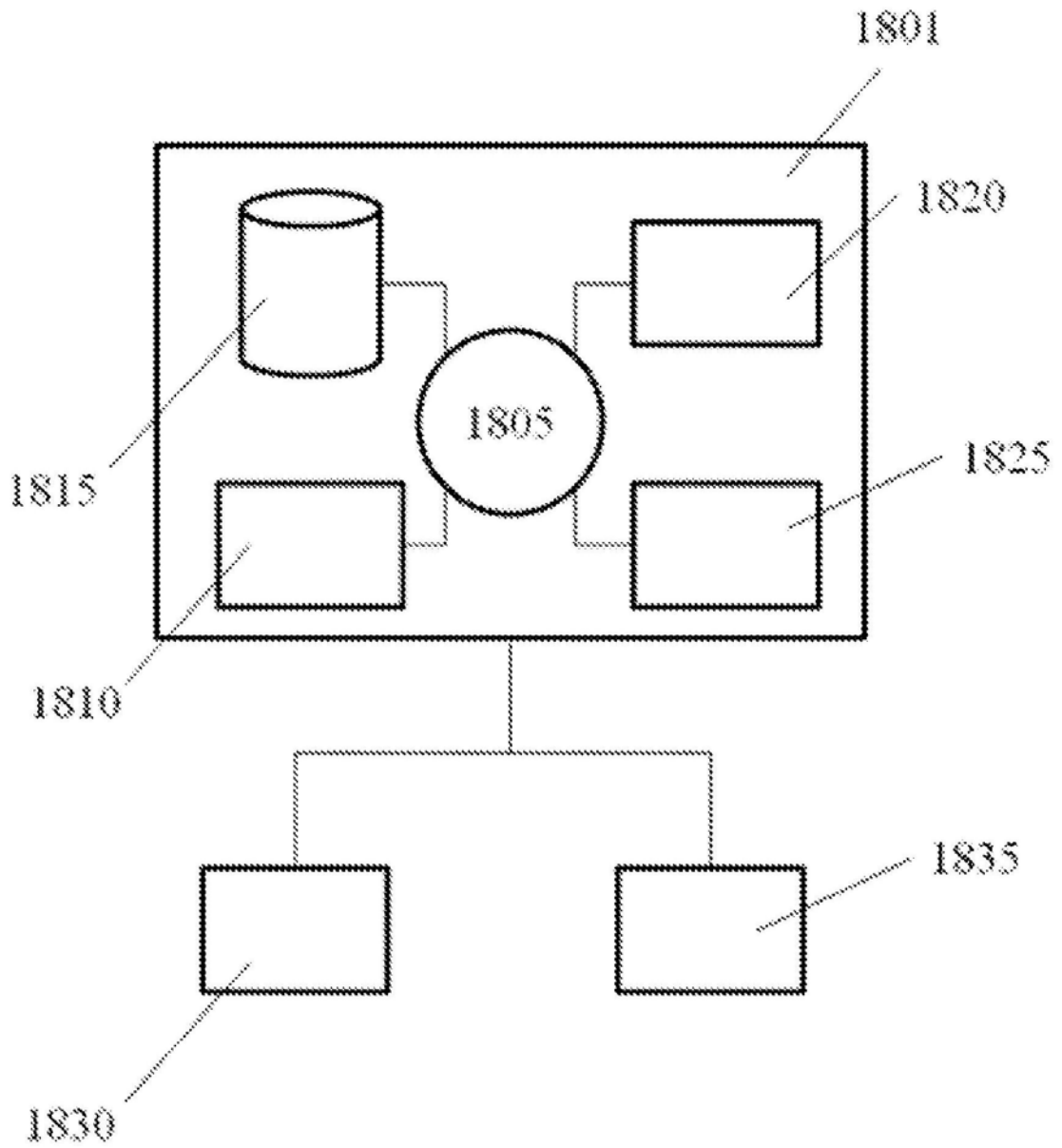


图27

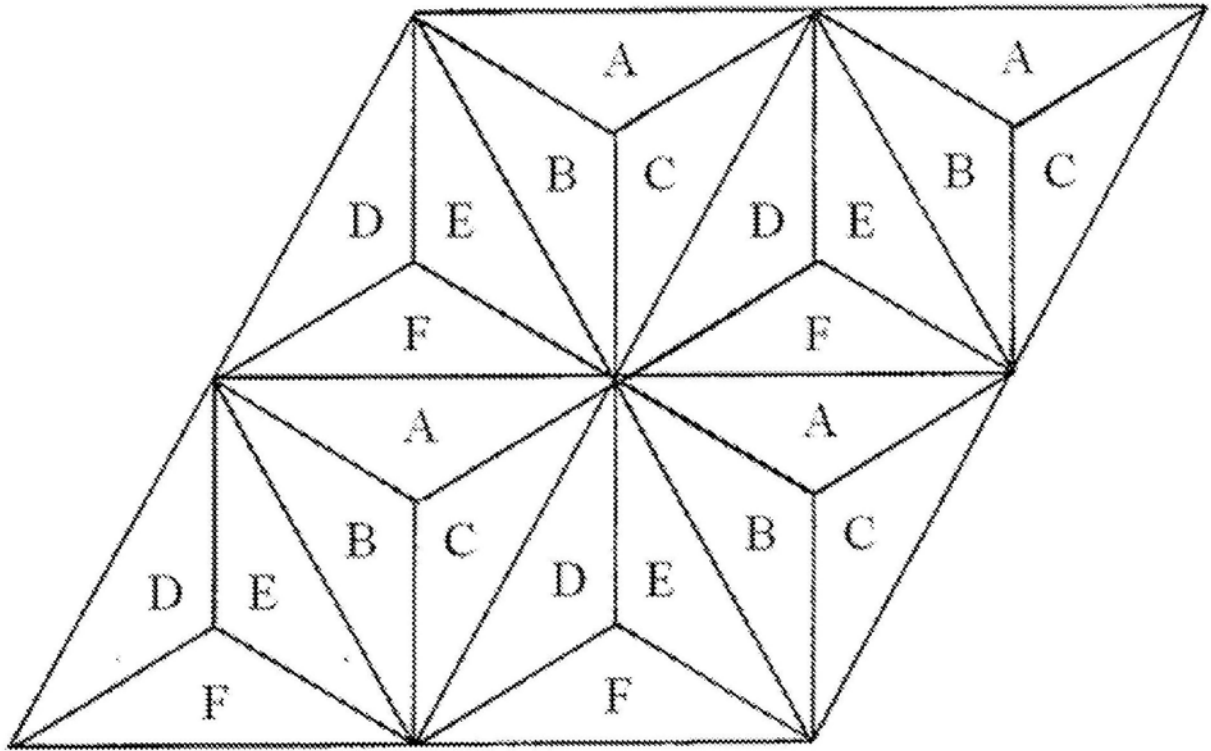


图28