



(21) 申请号 201980018333.8

(22) 申请日 2019.01.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112055836 A

(43) 申请公布日 2020.12.08

(30) 优先权数据
62/617,293 2018.01.14 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/013410 2019.01.13

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/140348 EN 2019.07.18

(73) 专利权人 光场实验室公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·S·卡拉夫

(74) 专利代理机构 上海知锦知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31327

专利代理师 高静

(51) Int.Cl.

G03H 1/04 (2006.01)

G02B 5/32 (2006.01)

A61B 3/032 (2006.01)

G06F 3/01 (2006.01)

H04N 13/315 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2008144174 A1, 2008.06.19

US 2008144174 A1, 2008.06.19

CN 104618710 A, 2015.05.13

CN 106910426 A, 2017.06.30

CN 105991988 A, 2016.10.05

US 5930037 A, 1999.07.27

CN 106909047 A, 2017.06.30

CN 102693046 A, 2012.09.26

CN 102981280 A, 2013.03.20

CN 106707515 A, 2017.05.24

审查员 张桑玲

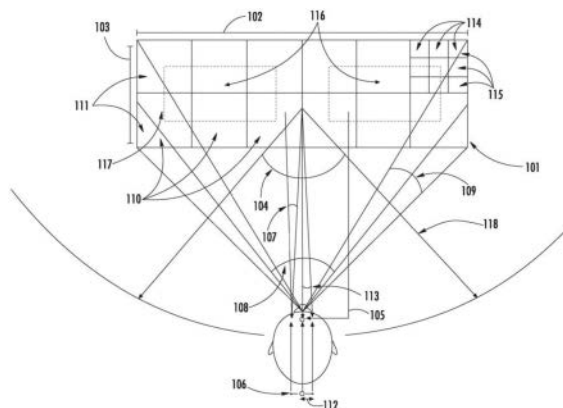
权利要求书8页 说明书61页 附图61页

(54) 发明名称

光场视力矫正装置

(57) 摘要

本发明公开了利用全息4D全光捕获和显示技术来生成光场函数以对视力有缺陷的观察者提供无眼镜视力矫正并根据所生成的光场函数投射图像的装置,以及用于对具有未矫正视觉敏锐度的用户校准四维光场的方法。



1. 一种用于视力矫正的装置,所述装置包括:

光源系统,其被配置成将光提供到多个光位置并包括多个光源;

光引导系统,其包括:

波导阵列,其被配置成沿着多个传播路径引导由所述多个光源发射的光,其中每个传播路径延伸通过所述多个光位置中的一个;并且

其中所述波导阵列的第一波导被配置成沿着所述多个传播路径中的第一传播路径从第一光位置引导光通过所述第一波导,其中所述第一传播路径在至少由所述第一光位置确定的独特方向上从所述第一波导延伸;以及

控制系统,其被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的四维(4D)光场函数沿着所述多个传播路径投射第一全息对象,借此所述第一全息对象能够由所述第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述第一波导限定二维(2D)空间坐标,并且其中至少由所述第一光位置确定的所述独特方向包括二维角坐标,借此所述二维空间坐标和所述二维角坐标形成四维光场坐标集。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中所述控制系统进一步被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统,以根据已被确定以考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度的所述四维光场函数投射第一二维对象,借此所投射的对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

4. 根据权利要求3所述的装置,其中所述第一二维对象包括书页。

5. 根据权利要求3所述的装置,其中所述第一二维对象包括斯内伦测视力图。

6. 根据权利要求1所述的装置,其中所述控制系统进一步被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统,以根据已被确定以考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度的所述四维光场函数投射第一立体对象,借此所述第一立体对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

7. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的近视。

8. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的远视。

9. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的散光。

10. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的老花眼。

11. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数同时考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷。

12. 根据权利要求1所述的装置,其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度,其中所述未矫正视觉敏锐度能够通过光焦度矫正进行矫正。

13. 根据权利要求1所述的装置,其中所述未矫正视觉敏锐度包括所述第一用户的多种未矫正视觉子敏锐度,其中所述第一用户以相同的未矫正视觉子敏锐度感知与所述第一用

户等距的所有可见对象,并且进一步其中所述四维光场函数同时通过多种同时光焦度矫正来考虑所述多种未矫正视觉子敏锐度,每种光焦度矫正对应于一种未矫正视觉子敏锐度。

14.根据权利要求1所述的装置,其中沿着所述第一传播路径通过所述第一波导引导的光大体上填充所述第一波导的第一孔径。

15.根据权利要求14所述的装置,其中所述光引导系统进一步包括第一光抑制元件,所述第一光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过所述第一孔径的所述多个传播路径的部分的传播。

16.根据权利要求15所述的装置,其中所述第一光抑制元件包括用于减弱或修改未延伸通过所述第一孔径的传播路径的所述部分的挡板结构。

17.根据权利要求15所述的装置,其中所述光引导系统进一步包括:

所述波导阵列的第二波导,其被配置成沿着所述多个传播路径中的第二传播路径从第二光位置引导光通过所述第二波导,其中所述第二传播路径在至少由所述第二光位置确定的独特方向上从所述第二波导延伸。

18.根据权利要求17所述的装置,其中沿着所述第二传播路径通过所述第二波导引导的光大体上填充所述第二波导的第二孔径,并且

其中所述光引导系统进一步包括第二光抑制元件,所述第二光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过所述第二孔径的传播路径的部分的传播。

19.根据权利要求18所述的装置,其中所述第二光抑制元件包括用于减弱或修改传播路径的挡板结构。

20.根据权利要求19所述的装置,其中沿着所述第一传播路径引导的光与沿着所述第二传播路径引导的光会聚。

21.根据权利要求1所述的装置,其进一步包括:

能量感测系统,其被配置成感测能量数据;以及

跟踪处理器,其被配置成基于从所述能量感测系统接收的所述能量数据确定所述第一用户的位置。

22.根据权利要求21所述的装置,其中所述四维光场函数还已被确定以考虑所述第一用户的所述位置,因此当所述第一用户处于距所述用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时,所述第一全息对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

23.根据权利要求21所述的装置,其中所述跟踪处理器跟踪一个或多个用户的眼睛的位置。

24.根据权利要求23所述的装置,其中所述未矫正视觉敏锐度包括第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,其中所述四维光场函数考虑所述左眼未矫正视觉敏锐度和所述右眼未矫正视觉敏锐度。

25.根据权利要求1所述的装置,其中所述控制系统被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统,以根据已被确定以考虑第二用户的未矫正视觉敏锐度的第二四维光场函数投射第二全息对象,借此所述第二全息对象能够由所述第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。

26.根据权利要求25所述的装置,其中所述控制系统被配置成将所述第一全息对象投射到第一观察区域并将所述第二全息对象投射到第二观察区域。

27. 根据权利要求26所述的装置, 其中所述第一观察区域的位置和所述第二观察区域的位置由所述第一用户和所述第二用户的位置确定。

28. 根据权利要求26所述的装置, 其中跟踪处理器被配置成基于从能量感测系统接收的能量数据动态地跟踪所述第一和第二用户的位置, 并且其中所述第一观察区域的位置跟随所述第一用户的移动, 且所述第二观察区域的位置跟随所述第二用户的移动。

29. 根据权利要求25所述的装置, 其进一步包括:

能量感测系统, 其被配置成感测能量数据; 以及

跟踪处理器, 其被配置成基于从所述能量感测系统接收的所述能量数据确定所述第一和第二用户的位置。

30. 根据权利要求29所述的装置, 其中所述能量感测系统包括捕获图像数据的多个相机, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析所述图像数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

31. 根据权利要求29所述的装置, 其中所述第二四维光场函数还已被确定以考虑所述第二用户的所述位置, 因此当所述第二用户处于距所述用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时, 所述第二全息对象能够由所述第二用户以所述第二经矫正视觉敏锐度感知。

32. 根据权利要求29所述的装置, 其中所述能量感测系统包括至少一个深度传感器, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析由所述深度传感器生成的数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

33. 根据权利要求29所述的装置, 其中所述能量感测系统被配置成通过感测在界面处接收的光来生成描述四维光场的数据, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析描述四维光场的所述数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

34. 根据权利要求29所述的装置, 其中所述跟踪处理器跟踪所述第一和第二用户的眼睛的位置。

35. 根据权利要求34所述的装置, 其中所述未矫正视觉敏锐度包括所述第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和所述第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度, 进一步其中所述四维光场函数同时考虑所述左眼未矫正视觉敏锐度和所述右眼未矫正视觉敏锐度。

36. 根据权利要求1所述的装置, 进一步其中所述光源系统包括中继器系统, 其中所述中继器系统包括一个或多个中继器元件, 其中所述一个或多个中继器元件中的每一个包括第一表面和第二表面, 并且其中所述多个光源安置于所述一个或多个中继器元件的所述第二表面处, 所述一个或多个中继器元件被配置成引导由所述多个光源发射的光通过所述第一和第二表面到达所述多个光位置。

37. 根据权利要求36所述的装置, 其中所述一个或多个中继器元件的所述第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。

38. 根据权利要求1所述的装置, 其进一步包括光感测系统, 所述光感测系统被配置成通过感测在界面处接收的光来生成描述四维光场的数据。

39. 根据权利要求38所述的装置, 其中所述光感测系统和所述光引导系统形成被配置成同时感测能量并投射所述第一全息对象的双向能量表面。

40. 根据权利要求1所述的装置, 其进一步包括与处理器通信的存储器, 并且其中所述处理器指示所述存储器将所述四维光场函数存储于所述存储器中。

41. 一种用于确定视力矫正性四维函数的装置,其包括:

光源系统,其被配置成将光提供到多个光位置并包括多个光源;

光引导系统,其包括:

波导阵列,其被配置成沿着多个传播路径引导来自所述多个光源的光,其中每个传播路径延伸通过所述多个光位置中的一个;并且

其中第一波导被配置成沿着所述多个传播路径中的第一传播路径从第一光位置引导光通过所述第一波导,其中所述第一传播路径在至少由所述第一光位置确定的独特方向上从所述第一波导延伸;

与所述多个光源通信的控制系统,其被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的四维(4D)光场函数沿着所述多个传播路径投射第一全息对象,借此所述第一全息对象能够由所述第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知;

交互式用户界面,其被配置成接收来自第一用户的用户输入的进展,所述进展对测试对象的视觉清晰度进行分级;以及

处理器,其被配置成从用户输入的所述进展生成四维光场函数,其中所述四维光场函数被确定以考虑所述第一用户的第一未矫正视觉敏锐度。

42. 根据权利要求41所述的装置,其中所述控制系统被配置成在由对所述测试对象的所述视觉清晰度进行分级的用户输入的所述进展所确定的连续屈光度和散光矫正的进展中反复地调整所述测试对象。

43. 根据权利要求41所述的装置,其中第一测试对象包括在对应的多个感知距离处能够为所述第一用户感知的多个子对象,进一步其中来自所述第一用户的用户输入的所述进展对所述多个子对象的视觉清晰度进行分级。

44. 根据权利要求41所述的装置,其中所述测试对象包括二维图像。

45. 根据权利要求41所述的装置,其中所述测试对象包括书页。

46. 根据权利要求41所述的装置,其中所述测试对象包括斯内伦测视力图。

47. 根据权利要求41所述的装置,其中所述测试对象包括立体图像。

48. 根据权利要求41所述的装置,其中光是从限定二维空间坐标的所述第一波导被引导,并且其中至少由所述第一光位置确定的所述独特方向包括二维角坐标,借此所述二维空间坐标和所述二维角坐标形成四维(4D)坐标集。

49. 根据权利要求41所述的装置,其中沿着所述第一传播路径通过所述第一波导引导的光大体上填充所述第一波导的第一孔径。

50. 根据权利要求41所述的装置,其中所述光引导系统进一步包括光抑制元件,所述光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过所述第一孔径的传播路径的部分的传播。

51. 根据权利要求50所述的装置,其中所述光抑制元件包括用于减弱或修改传播路径的挡板结构。

52. 根据权利要求50所述的装置,其中所述光引导系统进一步包括:

第二波导,其被配置成沿着所述多个传播路径中的第二传播路径从第二光位置引导光通过所述第二波导,其中所述第二传播路径在至少由所述第二光位置确定的独特方向上从所述第二波导延伸。

53. 根据权利要求52所述的装置, 其中沿着所述第二传播路径通过所述第二波导引导的光大体上填充所述第二波导的第二孔径; 并且

其中所述光引导系统进一步包括第二光抑制元件, 所述第二光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过所述第二孔径的传播路径的部分的传播。

54. 根据权利要求53所述的装置, 其中所述第二光抑制元件包括用于减弱或修改传播路径的挡板结构。

55. 根据权利要求52所述的装置, 其中沿着所述第一传播路径引导的光与沿着所述第二传播路径引导的光会聚。

56. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述光源系统进一步包括中继器系统, 其中所述中继器系统包括一个或多个中继器元件, 其中所述一个或多个中继器元件中的每一个包括第一表面和第二表面, 其中所述多个光位置安置于所述一个所述一个或多个中继器元件的所述第二表面处, 并且所述中继器元件被配置成引导由所述多个光源发射的光通过所述第一和第二表面到达所述多个光位置。

57. 根据权利要求56所述的装置, 其中所述一个或多个中继器元件的所述第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。

58. 根据权利要求41所述的装置, 其进一步包括与所述处理器通信的存储器, 并且其中所述处理器被配置成指示所述存储器存储所述四维光场函数。

59. 根据权利要求58所述的装置, 其中所述处理器被配置成指示所述存储器使所述第一用户的用户名、所述第一用户的用户简档和所述第一用户的用户标识中的至少一个与存储于所述存储器中的所述四维光场函数相关联。

60. 根据权利要求59所述的装置, 其中所述处理器被配置成指示所述存储器存储至少一个额外四维光场函数, 其中所述至少一个额外四维光场函数被确定以考虑至少一个额外用户的第一未矫正视觉敏锐度; 并且其中所述处理器被配置成指示所述存储器使所述至少一个额外用户的用户名、所述至少一个额外用户的用户简档和所述至少一个额外用户的用户标识中的至少一个与存储于所述存储器中的所述至少一个额外四维光场函数相关联。

61. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述控制系统进一步被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统以根据所述四维光场函数投射第一全息对象, 借此所述第一全息对象能够由所述第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。

62. 根据权利要求61所述的装置, 其进一步包括:

能量感测系统, 其被配置成感测能量数据; 以及

跟踪处理器, 其被配置成基于从所述能量感测系统接收的所述能量数据确定所述第一用户的位置。

63. 根据权利要求62所述的装置, 其中所述四维光场函数还已被确定以考虑所述第一用户的所述位置, 因此当所述第一用户处于距所述用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时, 所述第一全息对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

64. 根据权利要求62所述的装置, 其中所述跟踪处理器跟踪一个或多个用户的眼睛的位置。

65. 根据权利要求64所述的装置, 其中所述未矫正视觉敏锐度包括第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度, 其中所述四维光场函

数考虑所述左眼未矫正视觉敏锐度和所述右眼未矫正视觉敏锐度。

66. 根据权利要求61所述的装置, 其中所述控制系统被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统, 以根据已被确定以考虑第二用户的未矫正视觉敏锐度的第二四维光场函数投射第二全息对象, 借此所述第二全息对象能够由所述第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。

67. 根据权利要求66所述的装置, 其中所述控制系统被配置成将所述第一全息对象投射到第一观察区域并将所述第二全息对象投射到第二观察区域。

68. 根据权利要求67所述的装置, 其中所述第一观察区域的位置和所述第二观察区域的位置由所述第一用户和所述第二用户的位置确定。

69. 根据权利要求68所述的装置, 其中跟踪处理器被配置成基于从能量感测系统接收的能量数据动态地跟踪所述第一和第二用户的所述位置, 并且其中所述第一观察区域的所述位置跟随所述第一用户的移动, 且所述第二观察区域的所述位置跟随所述第二用户的移动。

70. 根据权利要求66所述的装置, 其进一步包括:

能量感测系统, 其被配置成感测与所述第一和第二用户的位置有关的能量数据; 以及跟踪处理器, 其被配置成基于从所述能量感测系统接收的所述能量数据确定所述第一和第二用户的所述位置。

71. 根据权利要求70所述的装置, 其中所述能量感测系统包括捕获图像数据的多个相机, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析所述图像数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

72. 根据权利要求70所述的装置, 其中所述第二四维光场函数还已被确定以考虑所述第二用户的所述位置, 因此当所述第二用户处于距用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时, 所述第二全息对象能够由所述第二用户以所述第二经矫正视觉敏锐度感知。

73. 根据权利要求70所述的装置, 其中所述能量感测系统包括至少一个深度传感器, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析由所述深度传感器生成的数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

74. 根据权利要求70所述的装置, 其中所述能量感测系统被配置成通过感测在界面处接收的光来生成描述四维光场的数据, 并且进一步其中所述跟踪处理器分析描述四维光场的所述数据以确定所述第一和第二用户的所述位置。

75. 根据权利要求70所述的装置, 其中所述跟踪处理器跟踪所述第一和第二用户的眼睛的位置。

76. 根据权利要求75所述的装置, 其中所述未矫正视觉敏锐度包括所述第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和所述第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度, 进一步其中所述四维光场函数同时考虑所述左眼未矫正视觉敏锐度和所述右眼未矫正视觉敏锐度。

77. 根据权利要求61所述的装置, 其中所述光源系统包括中继器系统, 其中所述中继器系统包括一个或多个中继器元件, 其中所述一个或多个中继器元件中的每一个包括第一表面和第二表面, 并且其中所述多个光源安置于所述一个或多个中继器元件的所述第二表面处, 所述一个或多个中继器元件被配置成引导由所述多个光源发射的光通过所述第一和第二表面到达所述多个光位置。

78. 根据权利要求77所述的装置, 其中所述一个或多个中继器元件的所述第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。

79. 根据权利要求61所述的装置, 其进一步包括光感测系统, 所述光感测系统被配置成通过感测在界面处接收的光来生成描述四维光场的数据。

80. 根据权利要求79所述的装置, 其中所述光感测系统和所述光引导系统形成被配置成同时感测能量并投射所述第一全息对象的双向能量表面。

81. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述控制系统进一步被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统, 以根据已被确定以考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度的所述四维光场函数沿着所述多个传播路径投射第一二维对象, 借此所述第一二维对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

82. 根据权利要求81所述的装置, 其中所述第一二维对象包括书页。

83. 根据权利要求81所述的装置, 其中所述第一二维对象包括斯内伦测视力图。

84. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述控制系统进一步被配置成操作所述多个光源以引导光通过所述光引导系统, 以根据已被确定以考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度的所述四维光场函数投射第一立体对象, 借此所述第一立体对象能够由所述第一用户以所述第一经矫正视觉敏锐度感知。

85. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的近视。

86. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的远视。

87. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的散光。

88. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的老花眼。

89. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数同时考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷。

90. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述四维光场函数考虑所述第一用户的所述未矫正视觉敏锐度, 其中所述未矫正视觉敏锐度能够通过光焦度矫正进行矫正。

91. 根据权利要求41所述的装置, 其中所述未矫正视觉敏锐度包括所述第一用户的多种未矫正视觉子敏锐度, 其中所述第一用户以相同的所述视觉子敏锐度感知与所述用户等距的所有可见对象, 并且进一步其中所述四维光场函数同时通过多种同时光焦度矫正来考虑所述多种未矫正视觉子敏锐度, 每种光焦度矫正对应于一种未矫正视觉子敏锐度。

92. 一种采用如权利要求1~40任一项的装置, 用于校准能够用于根据用于具有未矫正视觉敏锐度的用户的四维(4D)光场函数投射全息对象的四维光场显示器的方法, 其包括:

投射测试对象;

根据评估所述测试对象的清晰度的用户输入的进展反复地调整所述测试对象的所述投射;

根据评估所述测试对象的所述清晰度的用户输入的所述进展生成补偿所述用户的视力问题的四维光场函数; 以及

使用所述四维光场函数来投射经校准以矫正所述用户的视力问题的全息对象。

93. 根据权利要求92所述的方法, 其中调整所述测试对象包括连续屈光度和散光矫正的进展。

94. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述测试对象包括二维对象。

95. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述测试对象包括斯内伦测视力图。

96. 根据权利要求95所述的方法, 其中所述用户通过读取所述斯内伦测视力图上的线来评估所述测试对象的所述清晰度。

97. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述测试对象包括多个子对象, 每个子对象被投射在所述用户的视场中的独特深度处。

98. 根据权利要求97所述的方法, 其中评估所述测试对象的所述清晰度包括评估每个子对象的清晰度。

99. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有近视的用户。

100. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有远视的用户。

101. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有所述用户的所述未矫正视觉敏锐度中的散光的用户。

102. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有老花眼的用户。

103. 根据权利要求92所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有所述用户的所述未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷的用户。

104. 根据权利要求92所述的方法, 其中针对额外用户重复所述方法以投射经校准以考虑所述额外用户的视力问题的额外全息对象。

105. 根据权利要求104所述的方法, 其中所述四维光场显示器包括跟踪处理器, 所述跟踪处理器能够用于基于从能量感测系统接收的数据动态地跟踪用户以投射所述全息对象。

106. 根据权利要求105所述的方法, 其中所述四维光场显示器能够用于将每个全息对象投射到对应用户的观察区域。

107. 根据权利要求106所述的方法, 其中所述观察区域跟随所述用户的移动。

108. 根据权利要求105所述的方法, 其中所述四维光场函数还考虑所述用户的位置以在所述用户位于距所述四维光场显示器的不同距离处时矫正视力问题。

109. 根据权利要求105所述的方法, 其中所述跟踪处理器能够用于跟踪所述用户的眼睛的位置。

110. 根据权利要求109所述的方法, 其中所述四维光场函数考虑具有从右眼到左眼变化的视力问题的用户。

111. 根据权利要求110所述的方法, 其中所述四维光场函数能够用于投射经校准以矫正所述用户的视力问题的二维对象。

112. 根据权利要求110所述的方法, 其中所述四维光场函数能够用于投射经校准以矫正所述用户的视力问题的立体对象。

光场视力矫正装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2018年1月14日提交的标题为《全息和光场技术的新颖应用 (Novel Application of Holographic and Light Field Technology)》的第62/617,293号美国临时专利申请的优先权,所述申请的全文都以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开大体上涉及光场能量系统,且更确切地说,涉及并入有全息和光场技术的新颖合成和应用以对个别用户的视力校准光场显示系统的系统。

背景技术

[0004] 通过Gene Roddenberry的《星际迷航 (Star Trek)》推广的“全息甲板”室内的交互式虚拟世界的梦想最初是在20世纪初由作家Alexander Moszkowski设想出来的,近一个世纪以来它一直是科幻和技术创新的灵感来源。然而,除了文学、媒体以及儿童和成年人等的集体想象之外,这种体验并不存在令人信服的实施方案。

发明内容

[0005] 公开了具有全息和光场技术的新颖合成和应用以用于对个别用户的视力校准光场显示系统的光场能量装置和系统,以及其方法。

[0006] 在一个实施例中,一种视力矫正装置包含:光源系统,其能够将光提供到多个光位置并具有多个光源;以及光引导系统,其具有能够沿着多个传播路径引导由多个光源发射的光的波导阵列,其中每个传播路径延伸通过多个光位置中的一个。波导阵列的第一波导能够沿着多个传播路径中的第一传播路径从第一光位置引导光通过第一波导,其中第一传播路径在至少由第一光位置确定的独特方向上从第一波导延伸。在一个实施例中,所述装置进一步包含控制系统,其能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的四维(“4D”)光场函数沿着多个传播路径投射第一全息对象,借此第一全息对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。

[0007] 在另一实施例中,第一波导限定二维(2D)空间坐标,并且其中至少由第一光位置确定的独特方向包含二维角坐标,其中2D空间坐标和2D角坐标形成4D光场坐标集。在一个实施例中,控制系统进一步能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射第一2D对象,其中所投射的对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。在一些实施例中,第一2D对象包含书页或斯内伦测视力图(Snellen eye chart)。

[0008] 在一个实施例中,控制系统进一步能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射第一立体对象,其中第一立体对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。在一些实施例中,4D光场函数考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度中的近视、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的远视、

第一用户的未矫正视觉敏锐度中的散光、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的老花眼、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷等等。

[0009] 在一个实施例中,4D光场函数考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度,其中未矫正视觉敏锐度可通过光焦度矫正(optical power correction)进行矫正。在另一实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的多种未矫正视觉子敏锐度(visual sub-acuity),其中第一用户以相同的未矫正视觉子敏锐度感知与第一用户等距的所有可见对象,并且其中4D光场函数进一步同时通过多种同时光焦度矫正来考虑多种未矫正视觉子敏锐度,每种光焦度矫正对应于一种未矫正视觉子敏锐度。在一个实施例中,沿着第一传播路径通过第一波导引导的光大体上填充第一波导的第一孔径。在另一实施例中,光引导系统进一步包含第一光抑制元件,第一光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过第一孔径的多个传播路径的部分的传播。在又一实施例中,第一光抑制元件包含用于减弱或修改未延伸通过第一孔径的传播路径的部分的挡板结构。

[0010] 在一个实施例中,光引导系统进一步包含波导阵列的第二波导,其能够沿着多个传播路径中的第二传播路径从第二光位置引导光通过第二波导,其中第二传播路径在至少由第二光位置确定的独特方向上从第二波导延伸。

[0011] 在一个实施例中,沿着第二传播路径通过第二波导引导的光大体上填充第二波导的第二孔径,并且光引导系统进一步包含第二光抑制元件,第二光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过第二孔径的传播路径的部分的传播。在一个实施例中,第二光抑制元件包含用于减弱或修改传播路径的挡板结构。在一个实施例中,沿着第一传播路径引导的光与沿着第二传播路径引导的光会聚。

[0012] 在一个实施例中,视力矫正装置进一步包含能够感测能量数据的能量感测系统,以及能够基于从能量感测系统接收的能量数据确定第一用户的位置的跟踪处理器。在一些实施例中,4D光场函数还已被确定以考虑第一用户的位置,因此当第一用户处于距用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时,第一全息对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。在其它实施例中,跟踪处理器跟踪一个或多个用户的眼睛的位置。在一些其它实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,其中4D光场函数考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。

[0013] 在一个实施例中,控制系统能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第二用户的未矫正视觉敏锐度的第二4D光场函数投射第二全息对象,借此第二全息对象可由第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。

[0014] 在一个实施例中,控制系统被配置成将第一全息对象投射到第一观察区域并将第二全息对象投射到第二观察区域。在一个实施例中,第一观察区域的位置和第二观察区域的位置由第一用户和第二用户的位置确定。在一个实施例中,跟踪处理器能够基于从能量感测系统接收的能量数据动态地跟踪第一和第二用户的位置,并且其中第一观察区域的位置跟随第一用户的移动,且第二观察区域的位置跟随第二用户的移动。

[0015] 在一个实施例中,视力矫正装置进一步包含能够感测能量数据的能量感测系统,以及被配置成基于从能量感测系统接收的能量数据确定第一和第二用户的位置的跟踪处理器。在一个实施例中,能量感测系统包含捕获图像数据的多个相机,并且其中跟踪处理器

进一步分析图像数据以确定第一和第二用户的位置。在一个实施例中,第二4D光场函数还已被确定以考虑第二用户的位置,因此当第二用户处于距用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时,第二全息对象可由第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。在一个实施例中,能量感测系统包含至少一个深度传感器,并且其中跟踪处理器进一步分析由深度传感器生成的数据以确定第一和第二用户的位置。在一个实施例中,能量感测系统能够通过感测在界面处接收的光来生成描述4D光场的数据,并且其中跟踪处理器进一步分析描述4D光场的数据以确定第一和第二用户的位置。在一些实施例中,跟踪处理器跟踪第一和第二用户的眼睛的位置。在其它实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,并且4D光场函数进一步同时考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。

[0016] 在一个实施例中,视力矫正装置进一步包含具有中继器系统的光源系统,其中中继器系统包含一个或多个中继器元件,其中一个或多个中继器元件中的每一个包含第一表面和第二表面,并且其中多个光源安置于一个或多个中继器元件的第二表面处,一个或多个中继器元件能够引导由多个光源发射的光通过第一和第二表面到达多个光位置。

[0017] 在一个实施例中,一个或多个中继器元件的第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。在另一实施例中,所述装置进一步包含光感测系统,光感测系统能够通过感测在界面处接收的光来生成描述4D光场的数据。在一个实施例中,光感测系统和光引导系统形成能够同时感测能量并投射第一全息对象的双向能量表面。在另一实施例中,所述装置进一步包含与处理器通信的存储器,并且其中处理器指示存储器将4D光场函数存储于存储器中。

[0018] 在一个实施例中,一种用于确定视力矫正性4D函数的装置包含:光源系统,其能够将光提供到多个光位置并具有多个光源;光引导系统,其具有能够沿着多个传播路径引导来自多个光源的光的波导阵列,其中每个传播路径延伸通过多个光位置中的一个,并且其中第一波导能够沿着多个传播路径中的第一传播路径从第一光位置引导光通过第一波导,其中第一传播路径在至少由第一光位置确定的独特方向上从第一波导延伸。所述装置进一步包含:与多个光源通信的控制系统,其能够操作多个光源以引导光通过光引导系统以沿着多个传播路径投射测试对象;交互式用户界面,其能够接收来自第一用户的用户输入的进展,所述进展对测试对象的视觉清晰度进行分级;以及处理器,其能够从用户输入的进展生成4D光场函数,其中4D光场函数被确定以考虑第一用户的第一未矫正视觉敏锐度。

[0019] 在一个实施例中,控制系统能够在由对测试对象的视觉清晰度进行分级的用户输入的进展所确定的连续屈光度和散光矫正的进展中反复地调整测试对象。在另一实施例中,第一测试对象包含在对应的多个感知距离处可为第一用户感知的多个子对象,其中来自第一用户的用户输入的进展对多个子对象的视觉清晰度进行分级。

[0020] 在一些实施例中,测试对象包含2D图像、书页、斯内伦测视力图、立体图像等等。在其它实施例中,光是从限定二维(2D)空间坐标的第一波导被引导,并且其中至少由第一光位置确定的独特方向包含二维角坐标,其中2D空间坐标和2D角坐标形成四维(4D)坐标集。在一个实施例中,沿着第一传播路径通过第一波导引导的光大体上填充第一波导的第一孔径。在一些实施例中,光引导系统进一步包含光抑制元件,光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过第一孔径的传播路径的部分的传播。在另一实施例中,光抑制元件包含用于减弱或修改传播路径的挡板结构。

[0021] 在一些实施例中,光引导系统进一步包含第二波导,其能够沿着多个传播路径中的第二传播路径从第二光位置引导光通过第二波导,其中第二传播路径在至少由第二光位置确定的独特方向上从第二波导延伸。在其它实施例中,沿着第二传播路径通过第二波导引导的光大体上填充第二波导的第二孔径,并且光引导系统进一步包含第二光抑制元件,第二光抑制元件被定位成限制光沿着未延伸通过第二孔径的传播路径的部分的传播。

[0022] 在一个实施例中,第二光抑制元件包含用于减弱或修改传播路径的挡板结构。在一个实施例中,沿着第一传播路径引导的光与沿着第二传播路径引导的光会聚。在一些实施例中,光源系统进一步包含中继器系统,其中中继器系统包含一个或多个中继器元件,其中一个或多个中继器元件中的每一个包含第一表面和第二表面,其中多个光位置安置于一个或多个中继器元件的第二表面处,并且中继器元件能够引导由多个光源发射的光通过第一和第二表面到达多个光位置。

[0023] 在一个实施例中,一个或多个中继器元件的第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。在另一实施例中,所述装置进一步包含与处理器通信的存储器,并且其中处理器被配置成指示存储器存储4D光场函数。在又一实施例中,处理器能够指示存储器使第一用户的用户名、第一用户的用户简档和第一用户的用户标识中的至少一个与存储于存储器中的4D光场函数相关联。

[0024] 在一个实施例中,处理器能够指示存储器存储至少一个额外4D光场函数,其中至少一个额外4D光场函数被确定以考虑至少一个额外用户的第一未矫正视觉敏锐度,并且其中处理器被配置成指示存储器使至少一个额外用户的用户名、至少一个额外用户的用户简档和至少一个额外用户的用户标识中的至少一个与存储于存储器中的至少一个额外4D光场函数相关联。

[0025] 在一个实施例中,控制系统进一步能够操作多个光源以引导光通过光引导系统以根据4D光场函数投射第一全息对象,借此第一全息对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。在一些实施例中,所述装置进一步包含能够感测能量数据的能量感测系统,以及能够基于从能量感测系统接收的能量数据确定第一用户的位置的跟踪处理器。

[0026] 在一个实施例中,4D光场函数还已被确定以考虑第一用户的位置,因此当第一用户处于距用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时,第一全息对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。在另一实施例中,跟踪处理器跟踪一个或多个用户的眼睛的位置。在又一实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,其中4D光场函数考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。

[0027] 在一个实施例中,控制系统能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第二用户的未矫正视觉敏锐度的第二4D光场函数投射第二全息对象,借此第二全息对象可由第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。在另一实施例中,控制系统被配置成将第一全息对象投射到第一观察区域并将第二全息对象投射到第二观察区域。在又一实施例中,第一观察区域的位置和第二观察区域的位置由第一用户和第二用户的位置确定。在一个实施例中,跟踪处理器能够基于从能量感测系统接收的能量数据动态地跟踪第一和第二用户的位置,并且其中第一观察区域的位置跟随第一用户的移动,且第二观察区域的位置跟随第二用户的移动。

[0028] 在一个实施例中,所述装置进一步包含能够感测与第一和第二用户的位置有关的能量数据的能量感测系统,以及能够基于从能量感测系统接收的能量数据确定第一和第二用户的位置的跟踪处理器。在一个实施例中,能量感测系统包含捕获图像数据的多个相机,并且其中跟踪处理器分析图像数据以确定第一和第二用户的位置。在另一实施例中,第二4D光场函数还已被确定以考虑第二用户的位置,因此当第二用户处于距用于视力矫正的装置的一系列距离中的一个时,第二全息对象可由第二用户以第二经矫正视觉敏锐度感知。

[0029] 在一个实施例中,能量感测系统包含至少一个深度传感器,并且其中跟踪处理器分析由深度传感器生成的数据以确定第一和第二用户的位置。在另一实施例中,能量感测系统能够通过感测在界面处接收的光来生成描述4D光场的数据,并且其中跟踪处理器分析描述4D光场的数据以确定第一和第二用户的位置。

[0030] 在一个实施例中,跟踪处理器跟踪第一和第二用户的眼睛的位置。在另一实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,并且其中4D光场函数同时考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。

[0031] 在一个实施例中,光源系统包含中继器系统,其中中继器系统包含一个或多个中继器元件,其中一个或多个中继器元件中的每一个包含第一表面和第二表面,并且其中多个光源安置于一个或多个中继器元件的第二表面处,一个或多个中继器元件被配置成引导由多个光源发射的光通过第一和第二表面到达多个光位置。

[0032] 在一个实施例中,一个或多个中继器元件的第二表面被布置成形成单一无缝能量表面。在另一实施例中,所述装置进一步包含光感测系统,光感测系统能够通过感测在界面处接收的光来生成描述4D光场的数据。在一个实施例中,光感测系统和光引导系统形成能够同时感测能量并投射第一全息对象的双向能量表面。

[0033] 在一个实施例中,控制系统进一步能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数沿着多个传播路径投射第一2D对象,借此第一2D对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。

[0034] 在一些实施例中,第一2D对象包含书页或斯内伦测视力图等等。在其它实施例中,控制系统进一步能够操作多个光源以引导光通过光引导系统,以根据已被确定以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射第一立体对象,借此第一立体对象可由第一用户以第一经矫正视觉敏锐度感知。

[0035] 在一些实施例中,4D光场函数考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度中的近视、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的远视、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的散光、第一用户的未矫正视觉敏锐度中的老花眼等等。在其它实施例中,4D光场函数同时考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷。

[0036] 在一个实施例中,4D光场函数考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度,其中未矫正视觉敏锐度可通过光焦度矫正进行矫正。在另一实施例中,未矫正视觉敏锐度包含第一用户的多种未矫正视觉子敏锐度,其中第一用户以相同的视觉子敏锐度感知与用户等距的所有可见对象,并且其中4D光场函数同时通过多种同时光焦度矫正来考虑多种未矫正视觉子敏锐度,每种光焦度矫正对应于一种未矫正视觉子敏锐度。

[0037] 在一个实施例中,一种用于校准用于根据用于具有未矫正视觉敏锐度的用户的四

维(“4D”)光场函数投射全息对象的4D光场显示器的方法包含以下步骤:投射测试对象;根据评估测试对象的清晰度的用户输入的进展反复地调整测试对象的投射;根据评估测试对象的清晰度的用户输入的进展生成补偿用户的视力问题的4D光场函数;以及使用4D光场函数来投射经校准以矫正用户的视力问题的全息对象。

[0038] 在一个实施例中,调整测试对象步骤包含连续屈光度和散光矫正的进展。在一些实施例中,测试对象包含二维(“2D”)对象或斯内伦测视力图等等。在一个实施例中,所述方法包含用户通过读取斯内伦测视力图上的线来评估测试对象的清晰度。在一些实施例中,测试对象包含多个子对象,每个子对象被投射在用户的视场中的独特深度处。在其它实施例中,评估测试对象的清晰度包含评估每个子对象的清晰度。

[0039] 在一些实施例中,4D光场函数考虑具有近视的用户、具有远视的用户、具有用户的未矫正视觉敏锐度中的散光的用户、具有老花眼的用户、具有用户的未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷的用户等等。在其它实施例中,可针对额外用户重复所述方法以投射经校准以考虑额外用户的视力问题的额外全息对象。

[0040] 在一个实施例中,4D光场显示器包含跟踪处理器,跟踪处理器能够基于从能量感测系统接收的数据动态地跟踪用户以投射全息对象。在另一实施例中,4D光场显示器能够将每个全息对象投射到对应用户的观察区域。在又一实施例中,观察区域跟随用户的移动。在一个实施例中,4D光场函数还考虑用户的位置以在用户位于距4D光场显示器的不同距离处时矫正视力问题。在另一实施例中,跟踪处理器能够跟踪用户的位置。在又一实施例中,4D光场函数考虑具有从右眼到左眼变化的视力问题的用户。在另一实施例中,4D光场函数能够投射经校准以矫正用户的视力问题的2D对象。在一个实施例中,4D光场函数能够投射经校准以矫正用户的视力问题的立体对象。

附图说明

[0041] 图1为说明能量引导系统的设计参数的示意图;

[0042] 图2为说明具有带机械外壳的有源装置区域的能量系统的示意图;

[0043] 图3为说明能量中继器系统的示意图;

[0044] 图4为说明粘合在一起且紧固到基座结构的能量中继器元件的实施例的示意图;

[0045] 图5A为说明通过多芯光纤的中继图像的示例的示意图;

[0046] 图5B为说明通过光学中继器的中继图像的示例的示意图,所述光学中继器呈现横向安德森局域化原理(Transverse Anderson Localization principle)的特性;

[0047] 图6为展示从能量表面传播到观察者的射线的示意图;

[0048] 图7A说明根据本公开的一个实施例的柔性能量中继器的剖视图,所述柔性能量中继器通过在油或液体中互混两种组分材料来实现横向安德森局域化;

[0049] 图7B说明根据本公开的一个实施例的刚性能量中继器的剖视图,所述刚性能量中继器通过在结合剂中互混两种组分材料来实现横向安德森局域化,并且在这样做时实现一种关键材料特性在一个方向上具有最小变化的路径;

[0050] 图8说明根据本公开的一个实施例的横向平面中的剖视图,在纵向方向上包含设计成吸收能量的尺寸外部吸收(dimensional extra mural absorption,DEMA)材料;

[0051] 图9说明各自包括有源显示区域尺寸和机械外壳的三个显示装置的侧视图;

- [0052] 图10具有五个显示装置,其各自包括有源显示区域和结合分束器使用的机械外壳;
- [0053] 图11是其中利用3个分束器来适应机械外壳的方法的侧视图说明;
- [0054] 图12突显机械外壳比、最小焦距和最大图像偏移以及个别平铺图像之间的重叠百分比之间的此关系;
- [0055] 图13为具有布置成弧形的三个投射装置的实施例的俯视图说明;
- [0056] 图14说明锥形能量中继器镶嵌布置;
- [0057] 图15说明包括串联的两个组合式光学中继器锥形的能量中继器元件堆叠的侧视图;
- [0058] 图16说明能量引导装置的实施例的透视图,其中能量中继器元件堆叠布置成 8×4 阵列以形成单一无缝能量引导表面;
- [0059] 图17含有能量引导装置的若干视图。
- [0060] 图18含有来自图17的能量引导装置的侧视图的近距离视图;
- [0061] 图19说明其中能量中继器元件堆叠向内朝向空间中的已知点成角度的实施例的俯视图;
- [0062] 图20为实施例的俯视图说明,其中无缝能量表面是由锥形光学中继器形成的显示器,而显示装置和显示器电子件的机械外壳位于距锥形中继器一定距离处;
- [0063] 图21为其中无缝显示表面由九个锥形光学中继器构成的实施例的侧视图说明;
- [0064] 图22说明可用于限定多个能量传播路径的能量波导系统的实施例的自上向下的透视图;
- [0065] 图23说明图22中所展示的实施例的前透视图;
- [0066] 图24A-H说明能量抑制元件的各种实施例;
- [0067] 图25说明能量波导系统的额外实施例;
- [0068] 图26说明能量波导系统的额外实施例;
- [0069] 图27突显用于能量波导设计考虑的正方形封装、六边形封装和不规则封装之间的差异;
- [0070] 图28说明具有布置成弯曲配置的能量波导阵列的实施例;
- [0071] 图29说明突显波导元件可如何影响从中穿过的能量的空间分布的实施例;
- [0072] 图30说明进一步突显波导元件可如何影响从中穿过的能量的空间分布的额外实施例;
- [0073] 图31说明其中多个能量波导包括衍射波导元件的实施例;
- [0074] 图32说明用于为所需观察角度提供全密度射线照明的微透镜配置。
- [0075] 图33A到33D说明根据本公开的四个实施例的平铺多个能量系统以形成无缝环境的四个透视图;
- [0076] 图33E说明根据本公开的一个实施例的能量波导系统的弯曲波导表面和能量装置;
- [0077] 图34A说明根据本公开的一个实施例的呈现能量的不规则分布的波导元件;
- [0078] 图34B说明根据本公开的一个实施例的桌装式能量波导系统的正交视图;
- [0079] 图34C说明根据本公开的一个实施例的具有额外反射波导元件的桌装式波导系统

的正交视图；

[0080] 图35说明根据本公开的一个实施例的地装式平铺能量波导系统的正交视图；

[0081] 图36说明根据本公开的一个实施例的球面结构的正交视图，其中观察体积被平铺能量波导系统包围；

[0082] 图37说明根据本公开的一个实施例的观察体积内的五个观察者位置和传播多个射线到每个观察者位置的每个波导下的五个能量坐标的正交视图，所述每个波导对于单个观察者位置来说是唯一的。

[0083] 图38A说明根据本公开的一个实施例的能量中继器组合装置；

[0084] 图38B说明根据本公开的一个实施例的图38A的另一实施例；

[0085] 图38C说明根据本公开的一个实施例的能量波导系统的实施方案的正交视图；

[0086] 图39说明根据本公开的一个实施例的能量波导系统的另一实施方案的正交视图；

[0087] 图40说明根据本公开的一个实施例的又一实施方案的正交视图；

[0088] 图41说明用于矫正近视观察者的视力的系统；

[0089] 图42说明用于矫正远视观察者的视力的系统；

[0090] 图43说明由具有近视和远视的观察者看到的与应用视力矫正的所感知图像之间的比较；

[0091] 图44说明经校准以投射全息对象的视力矫正装置的实施例；

[0092] 图45A说明现实世界中的人的未矫正视觉敏锐度；

[0093] 图45B说明观察根据被确定以考虑未矫正视觉敏锐度的4D光场函数所投射的全息对象的用户的经矫正视觉敏锐度；

[0094] 图46A说明经校准以投射二维对象的视力矫正装置的实施例；

[0095] 图46B说明经校准以投射斯内伦测视力图的视力矫正装置的实施例；

[0096] 图47说明经校准以投射立体对象的视力矫正装置的实施例；

[0097] 图48A说明如由具有未矫正视觉敏锐度的用户感知的所投射的对象；

[0098] 图48B说明如由具有经部分矫正视觉敏锐度的用户感知的所投射的对象；

[0099] 图48C说明如由具有经矫正视觉敏锐度的用户感知的所投射的对象；

[0100] 图49说明将不同对象投射到不同眼睛的视力矫正装置的实施例；

[0101] 图50A说明将不同对象投射到不同用户的视力矫正装置的实施例；

[0102] 图50B说明将不同对象投射到不同用户的视力矫正装置的另一实施例；

[0103] 图51说明生成被确定以考虑用户的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数的视力矫正装置的实施例；

[0104] 图51A说明测试对象的第一迭代；

[0105] 图51B说明测试对象的第二迭代；

[0106] 图52、图53和图54说明可如何生成4D光场函数以考虑多种未矫正视觉敏锐度；以及

[0107] 图55说明用于校准4D光场显示器的方法。

具体实施方式

[0108] 全息甲板(统称为“全息甲板设计参数”)的实施例提供足以迷惑人类感觉接受器

以使其相信虚拟、社交和交互环境内接收到的能量脉冲为真实的能量刺激,从而提供:1) 在没有外部配件、头戴式眼镜或其它外围设备的情况下的双眼视差;2) 任何数目个观察者同时的整个观察体积中的准确运动视差、阻挡和不透明度;3) 通过眼睛对所有所感知光线的同步会聚、适应和缩瞳的视觉焦点;以及4) 会聚具有足够密度和分辨率的能量波传播以超过人类视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉和/或平衡的感觉“分辨率”。

[0109] 基于迄今为止的常规技术,我们需要数十年甚至几个世纪才能达到能够按照如全息甲板设计参数(包含视觉、听觉、体感、味觉、嗅觉和前庭系统)所表明的令人信服的方式实现所有感受野的技术。

[0110] 在本公开中,术语光场和全息可互换使用以限定用于刺激任何感觉接受器响应的能量传播。尽管初始公开可涉及通过全息图像和立体触觉的能量表面的电磁和机械能传播的示例,但本公开中设想了所有形式的感觉接受器。此外,本文中所公开的沿着传播路径传播能量的原理可适用于能量发射和能量捕获。

[0111] 令人遗憾的是,当今存在的许多技术通常与包含透镜印刷、佩珀尔幻象(Pepper's Ghost)、无眼镜立体显示器、水平视差显示器、头戴式VR和AR显示器(HMD)以及其它概括为“配镜(fauxlography)”的所述幻象的全息图混淆。这些技术可能会呈现出真正的全息显示器的一些所需特性;但是它们无法以任何足以解决四个所鉴别全息甲板设计参数中的至少两个的方式刺激人类视觉响应。

[0112] 常规技术尚未成功实施这些挑战以产生足以用于全息能量传播的无缝能量表面。存在各种方法来实施立体和方向复用光场显示器,包含视差屏障、微元(hogel)、体素、衍射光学件、多视图投射、全息漫射器、旋转镜、多层显示器、时序显示器、头戴式显示器等,但是常规方法可能涉及对图像质量、分辨率、角度采样密度、大小、成本、安全性、帧率等的牺牲,这最终使得技术不可行。

[0113] 为了实现视觉、听觉、体感系统的全息甲板设计参数,需要研究和理解相应系统中的每一个的人类敏锐度来传播能量波,以便充分迷惑人类感觉接受器。视觉系统能够分辨到大约1弧分,听觉系统可以区分小到三度的位置差异,且手的体感系统能够辨别分隔2-12mm的点。尽管测量这些敏锐度的方式各种各样且相互矛盾,但是这些值足以理解刺激能量传播的感知的系统和方法。

[0114] 在所提到的感觉接受器中,人类视觉系统到目前为止是最敏感的,因为即使是单个光子也可引发感觉。出于此原因,这一介绍的大部分将集中在视觉能量波传播,且耦接在所公开的能量波导表面内的分辨率低得多的能量系统可将适当的信号会聚以引发全息感觉感知。除非另外指出,否则所有公开内容适用于所有能量和感觉域。

[0115] 在给定观察体积和观察距离的情况下计算视觉系统的能量传播的有效设计参数时,所需能量表面可设计成包含数十亿像素的有效能量位置密度。对于宽观察体积或近场观察,所需能量表面的设计参数可包含数千亿像素或更多的有效能量位置密度。相比而言,所需能量源可设计成取决于输入环境变量,针对立体触觉的超声波传播具有1到250个有效百万像素的能量位置密度,或针对全息声音的声学传播具有36到3,600个有效能量位置的阵列。重要的是注意在所公开的双向能量表面架构的情况下,所有组件都可被配置成形成适用于任何能量域的结构来实现全息传播。

[0116] 然而,目前实现全息甲板的主要挑战涉及可用视觉技术和电磁装置限制。鉴于基

于相应感受野中的感觉敏锐度的所需密度的数量级差异,声学 and 超声波装置不太具有挑战性,但也不应低估复杂性。尽管存在分辨率超过所要密度的全息乳剂来对静态图像中的干扰图案进行编码,但目前先进技术的显示装置受到分辨率、数据吞吐量和制造可行性的限制。迄今为止,没有一个显示装置能够有意义地产生具有针对视觉敏锐度的近全息分辨率的光场。

[0117] 能够满足令人信服的光场显示的所需分辨率的单个硅基装置的生产可能不切实际,且可能会涉及极其复杂的超出当前制造能力的制造工艺。将多个现有显示装置平铺在一起的局限性涉及由封装、电子件、壳体、光学件的物理大小形成的接缝和间隙,以及从成像、成本和/或大小角度来看不可避免地使得技术不可行的多种其它挑战。

[0118] 本文中所公开的实施例可提供构建全息甲板的现实途径。

[0119] 现在在下文中参考附图描述示例实施例,附图形成本发明的一部分并说明可实践的示例实施例。如在本公开和所附权利要求书中所用,术语“实施例”、“示例实施例”和“示例性实施例”不一定指单个实施例但可以指代单个实施例,且各种示例实施例可易于组合和互换,同时不脱离示例实施例的范围或精神。此外,如本文所使用的术语仅出于描述示例实施例的目的,且并不打算为限制。就此而言,如本文所用,术语“在……中”可包含“在……中”和“在……上”,且术语“一(a)”、“一(an)”和“所述”可包含单数引用和复数引用。此外,如本文所用,术语“通过”取决于上下文还可意指“根据”。此外,如本文所用,术语“如果”还可取决于上下文意指“当……时”或“在……后”。此外,如本文所用,词语“和/或”可指代并涵盖相关联的所列物品中的一个或多个的任何和所有可能组合。

[0120] 全息系统考虑因素:

[0121] 光场能量传播分辨率概述

[0122] 光场和全息显示是多个投射的结果,其中能量表面位置提供在观察体积内传播的角度、颜色和强度信息。所公开的能量表面提供机会供额外信息通过相同表面共存和传播以引发其它感觉系统响应。不同于立体显示器,在空间中会聚的能量传播路径的观察位置在观察者在观察体积中四处移动时不会变化,且任何数目的观察者可同时现实空间中看见所传播的对象,就像它们真的在现实空间中一样。在一些实施例中,能量的传播可位于相同的能量传播路径中,但是沿着相反的方向。例如,在本公开的一些实施例中,沿着能量传播路径的能量发射和能量捕获均是可能的。

[0123] 图1是说明与感觉接受器响应的刺激相关的变量的示意图。这些变量可包含表面对角线101、表面宽度102、表面高度103、所确定目标就座距离118、从显示器104的中心起视场的目标就座视场、在本文中展现为眼睛105之间的样品的中间样品的数目、平均成人眼间隔106、以弧分为单位的人眼平均分辨率107、在目标观察者位置与表面宽度之间形成的水平视场108、在目标观察者位置与表面高度之间形成的竖直视场109、所得水平波导元件分辨率或在表面110上的元件总数目、所得竖直波导元件分辨率或在表面111上的元件总数目、基于眼睛之间的眼间隔和眼睛之间的角投射的中间样品的数目的样品距离112,角度采样可基于样品距离和目标就座距离113、从所需角度采样导出的每波导元件总水平分辨率114、从所需角度采样导出的每波导元件总竖直分辨率115,水平的装置是确定数目的所需精密能量源的计数116,且竖直的装置是确定数目的所需精密能量源的计数117。

[0124] 一种理解所需最小分辨率的方法可基于以下准则来确保视觉(或其它)感觉接受

器响应的足够刺激:表面大小(例如,84"对角线)、表面纵横比(例如,16:9)、就座距离(例如,距离显示器128")、就座视场(例如,120度或围绕显示器的中心+/-60度)、在一距离处的所需中间样品(例如,眼睛之间的一个额外传播路径)、成人的平均眼间间隔(大约65mm),以及人眼的平均分辨率(大约1弧分)。应取决于特定应用设计参数将这些示例值视为占位符。

[0125] 此外,归于视觉感觉接受器的每个值可由其它系统代替以确定所需传播路径参数。对于其它能量传播实施例,可考虑低至三度的听觉系统的角度敏感度,以及手部的小至2到12mm的体感系统的空间分辨率。

[0126] 尽管测量这些感觉敏锐度的方法各种各样且相互矛盾,但这些值足以理解刺激虚拟能量传播的感知的系统和方法。考虑设计分辨率具有许多方式,并且下文提出的方法组合了实用产品考虑因素与感觉系统的生物分辨极限。如所属领域的普通技术人员应了解,以下概述是任何所述系统设计的简化,且应视为仅用于示例性目的。

[0127] 在理解了感觉系统的分辨率极限的情况下,给定下式,可计算使得接收感觉系统无法辨别单个能量波导元件与邻近元件的总能量波导元件密度:

$$[0128] \quad \bullet \text{表面纵横比} = \frac{\text{宽度}(W)}{\text{高度}(H)}$$

$$[0129] \quad \bullet \text{表面水平大小} = \text{表面对角线} \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{W}\right)^2}} \right)$$

$$[0130] \quad \bullet \text{表面竖直大小} = \text{表面对角线} \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W}{H}\right)^2}} \right)$$

$$[0131] \quad \bullet \text{水平视场} = 2 \times \text{atan} \left(\frac{\text{表面水平大小}}{2 \times \text{就座距离}} \right)$$

$$[0132] \quad \bullet \text{竖直视场} = 2 \times \text{atan} \left(\frac{\text{表面竖直大小}}{2 \times \text{就座距离}} \right)$$

$$[0133] \quad \bullet \text{水平元件分辨率} = \text{水平 FoV} \times \frac{60}{\text{眼分辨率}}$$

$$[0134] \quad \bullet \text{竖直元件分辨率} = \text{竖直 FoV} \times \frac{60}{\text{眼分辨率}}$$

[0135] 上述计算得到大约 $32 \times 18^\circ$ 视场,从而产生所需大约 1920×1080 (舍入到最接近格式)能量波导元件。还可约束变量,使得视场对于(u,v)两者都是一致的,从而提供能量位置的更规则的空间采样(例如像素纵横比)。给定下式,系统的角度采样采用经限定的目标观察体积位置和处于优化距离的两个点之间的额外传播能量路径:

$$[0136] \quad \bullet \text{样品距离} = \frac{\text{眼间距离}}{(\text{所需中间样品数目} + 1)}$$

$$[0137] \quad \bullet \text{角度采样} = \text{atan} \left(\frac{\text{样品距离}}{\text{就座距离}} \right)$$

[0138] 在此情况下,利用眼间距离来计算样品距离,但可利用任何度量将适当数目的样品用作给定距离。考虑到上述变量,可能需要大约每 0.57° 一条射线,且给定下式,可确定每独立感觉系统的总系统分辨率:

[0139] ● $\text{每元件位置}(N) = \frac{\text{就座FoV}}{\text{角度采样}}$

[0140] ● 总分辨率 $H = N \times \text{水平元件分辨率}$

[0141] ● 总分辨率 $V = N \times \text{竖直元件分辨率}$

[0142] 在上述情形下,给定能量表面的大小和针对视觉敏锐度系统所处理的角度分辨率,所得能量表面可合乎需要地包含大约400k×225k个像素的能量分辨率位置,或900亿像素全息传播密度。所提供的这些变量仅出于示例性目的,且能量的全息传播的优化应考虑许多其它感觉和能量计量考虑因素。在额外实施例中,基于输入变量,可能需要1千兆像素的能量分辨率位置。在额外实施例中,基于输入变量,可能需要1,000千兆像素的能量分辨率位置。

[0143] 当前技术局限:

[0144] 有源区域、装置电子件、封装和机械外壳

[0145] 图2说明具有带某一机械外观尺寸的有源区域220的装置200。装置200可包含驱动器230和电子件240以用于为有源区域220供电和介接到所述源区域,所述有源区域具有如由x和y箭头所示的尺寸。此装置200不考虑用于驱动、供电和冷却组件的走线和机械结构,且机械占用面积可通过引入柔性电缆到装置200中来进一步最小化。所述装置200的最小占用面积还可被称作具有如由M:x和M:y箭头所示的尺寸的机械外壳210。此装置200仅出于说明的目的,且自定义电子件设计可进一步减少机械外壳开销,但几乎在所有情况中可能都不是装置的有源区域的确切大小。在实施例中,此装置200说明对电子件的依赖性,因为其涉及微OLED、DLP芯片或LCD面板或目的是图像照明的任何其它技术的有源图像区域220。

[0146] 在一些实施例中,还有可能考虑将多个图像聚合到更大的整体显示器上的其它投射技术。然而,这些技术可能会以投射距离、最短聚焦、光学质量、均匀场分辨率、色差、热特性、校准、对准、额外大小或外观尺寸的更大复杂性为代价。对于大多数实际应用,容纳数十或数百个这些投射源200可能产生大得多而可靠性更低的设计。

[0147] 仅出于示例性目的,假设具有3840×2160个位点的能量位置密度的能量装置,给定下式,可确定能量表面所需的个别能量装置(例如,装置100)的数目:

[0148] ● $\text{装置}H = \frac{\text{总分辨率}H}{\text{装置分辨率}H}$

[0149] ● $\text{装置}V = \frac{\text{总分辨率}V}{\text{装置分辨率}V}$

[0150] 给定上述分辨率考虑因素,可能需要类似于图2中所示的装置的大约105×105个装置。应注意,许多装置由可能映射或可能不会映射到规则栅格的各种像素结构组成。在每个全像素内存在额外亚像素或位置的情况下,可利用这些来生成额外分辨率或角度密度。额外信号处理可用于取决于一个或多个像素结构的指定位置而确定将光场转换成矫正(u, v)坐标的方式,且可以是已知和已校准的每个装置的明显特征。此外,其它能量域可涉及这些比率 and 装置结构的不同处理,且所属领域的技术人员将理解每个所需频率域之间的直接内在关系。这将在后续公开内容中更详细地展示和论述。

[0151] 可使用所得计算值来理解可能需要多少个这些个别装置来产生全分辨率能量表面。在此情况下,可能需要大约105×105个或大约11,080个装置来实现视觉敏锐度阈值。从

这些可用的能量位置制出无缝能量表面以进行足够的感觉全息传播存在挑战性和新颖性。

[0152] 无缝能量表面概述：

[0153] 能量中继器阵列的配置和设计

[0154] 在一些实施例中，公开解决以下挑战的方法：由个别装置阵列生成高能量位置密度而不存在因装置的机械结构的限制所致的接缝。在实施例中，能量传播中继器系统可允许有源装置区域的有效大小增大以满足或超过用以配置中继器阵列并形成单一无缝能量表面的机械尺寸。

[0155] 图3说明所述能量中继器系统300的实施例。如所示，中继器系统300可包含安装到机械外壳320上的装置310，其中能量中继器元件330传播来自装置310的能量。中继器元件330可被配置成提供减少任何间隙340的能力，所述间隙可能在装置的多个机械外壳320被放置到多个装置310的阵列中时产生。

[0156] 例如，如果装置的有源区域310是 $20\text{mm} \times 10\text{mm}$ ，且机械外壳320是 $40\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，那么能量中继器元件330可设计有2:1的放大率，以产生在缩小端（箭头A）上为大约 $20\text{mm} \times 10\text{mm}$ 且在放大端（箭头B）上为 $40\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的锥形形式，从而提供将这些元件330的阵列无缝地对准在一起而不改变或妨碍每个装置310的机械外壳320的能力。中继器元件330可以机械方式接合或熔合在一起以便对准和抛光，从而确保装置310之间的接缝间隙340最小。在一个所述实施例中，有可能实现小于眼睛的视觉敏锐度限值的接缝间隙340。

[0157] 图4说明具有能量中继器元件410的基座结构400的示例，所述能量中继器元件形成在一起且牢牢地紧固到额外机械结构430。无缝能量表面420的机械结构提供通过接合或安装中继器元件410、450的其它机械过程将多个能量中继器元件410、450串联耦接到相同基座结构的能力。在一些实施例中，每个中继器元件410可熔合、接合、粘合、压配、对准或以其它方式附接到一起以形成所得无缝能量表面420。在一些实施例中，装置480可以安装到中继器元件410的后部并且无源地或有源地对准，以确保维持所确定的容差内的适当的能量位置对准。

[0158] 在实施例中，无缝能量表面包括一个或多个能量位置，并且一个或多个能量中继器元件堆叠包括第一和第二侧，并且每个能量中继器元件堆叠被布置成形成单一无缝显示表面，所述无缝显示表面沿着在一个或多个能量位置和无缝显示表面之间延伸的传播路径引导能量，并且其中末端能量中继器元件的任何两个邻近第二侧的边缘之间的间隔小于由人眼的视觉敏锐度所限定的最小可感知轮廓，所述人眼在大于单一无缝显示表面的宽度的距离下具有好于20/40视力。

[0159] 在实施例中，每个无缝能量表面包括一个或多个能量中继器元件，每个能量中继器元件具有形成带横向和纵向定向的第一和第二表面的一个或多个结构。第一中继器表面具有不同于第二中继器表面的面积，从而形成正放大或负放大，且配置有明确的表面轮廓以供第一和第二表面将能量传送通过第二中继器表面，从而大体上填充相对于整个第二中继器表面上的表面轮廓的法线的 ± 10 度角。

[0160] 在实施例中，可在单个能量中继器内或多个能量中继器之间配置多个能量域，以引导包含视觉、声学、触觉或其它能量域的一个或多个感觉全息能量传播路径。

[0161] 在实施例中，无缝能量表面配置有能量中继器，所述能量中继器包括两个或更多个第一侧以供每个第二侧同时接收和发射一个或多个能量域，从而在整个系统中提供双向

能量传播。

[0162] 在实施例中,将能量中继器提供为松散相干元件。

[0163] 组件工程化结构简介:

[0164] 横向安德森局域化能量中继器的已公开进展

[0165] 根据本文中针对引发横向安德森局域化的能量中继器元件所公开的原理,可显著优化能量中继器的特性。横向安德森局域化是传输通过横向无序但纵向一致的材料的光线的传播。

[0166] 这意味着相比于其中波干扰可能完全限制横向定向上的传播而在纵向定向上继续的多个散射路径之间的随机化,产生安德森局域化现象的材料效应受到全内反射的影响可能更小。

[0167] 最显著的额外益处是:消除了传统多芯光纤材料的包层。包层是为了在功能上消除光纤之间的能量散射,而同时充当能量光线的屏障,从而使传输至少减少芯皮比(core to clad ratio)(例如,70:30的芯皮比将最多传输70%的所接收能量传输),且另外在传播的能量中形成强像素化图案化。

[0168] 图5A说明一个所述非安德森局域化能量中继器500的示例的端视图,其中图像通过多芯光纤中继,其中由于光纤的内在特性可能呈现像素化和光纤噪声。对于传统多模和多芯光纤,由于芯的离散阵列的全内反射的特性,中继的图像可能在本质上被像素化,其中芯之间的任何串扰将降低调制传递函数并增加模糊。通过传统多芯光纤产生的所得图像往往会具有类似于图5A中展示的那些的残余固定噪声光纤图案。

[0169] 图5B说明通过能量中继器的相同中继图像550的示例,所述能量中继器包括呈现横向安德森局域化特性的材料,其中相比于图5A的固定光纤图案,所述中继图案具有密度更大的颗粒结构。在实施例中,包括随机化微观组件工程化结构的中继器引发横向安德森局域化,且与市售多模玻璃光纤相比,更高效地传输光,且传播的可分辨分辨率更高。

[0170] 在实施例中,呈现横向安德森局域化的中继器元件可在布置成维度网格的三个正交平面中的每个平面中包括多个至少两种不同组件工程化结构,且所述多个结构在维度网格内的横向平面中形成材料波传播特性的随机化分布以及在维度网格内的纵向平面中形成具有材料波传播特性的类似值的通道,其中相较于横向定向,传播通过能量中继器的能量波在纵向定向上具有更高传输效率,且在横向定向上为空间局域化的。

[0171] 在实施例中,材料波传播特性在维度网格内的横向平面中的随机化分布可能会因为分布的随机化性质而造成不期望的配置。材料波传播特性的随机化分布可引发整个横向平面上的平均能量安德森局域化,但是可能会无意中因为不受控的随机分布而形成具有类似材料波传播特性的有限区域。例如,如果具有类似波传播特性的这些局部区域的大小相对于它们的预期能量传输域过大,那么通过所述材料的能量传输效率有可能会降低。

[0172] 在实施例中,中继器可以由组件工程化结构的随机化分布形成,以通过引发光的横向安德森局域化来传输某一波长范围的可见光。但是,由于结构的随机分布,所述结构可能会无意中布置以使得在横向平面上形成比可见光的波长大很多倍的单个组件工程化结构的连续区域。因此,沿着较大的连续单材料区的纵向轴线的可见光传播可经受减轻的横向安德森局域化效应,并且可能遭受通过中继器的传输效率的降低。

[0173] 在实施例中,可能需要设计在能量中继器材料的横向平面中材料波传播特性的有

序分布。理想的是,此类有序分布将通过类似于横向安德森局域化的方法引发能量局域化效应,同时使传输效率的潜在降低最小化,所述传输效率的潜在降低是由随机特性分布所固有产生的异常分布的材料特性引起的。使用材料波传播特性的有序分布在能量中继器元件中引发类似于横向安德森局域化的横向能量局域化效应,其在下文中将被称作有序能量局域化。

[0174] 在实施例中,可在单个有序能量局域化能量中继器内或多个有序能量局域化能量中继器之间配置多个能量域,以引导包含视觉、声学、触觉或其它能量域的一个或多个感觉全息能量传播路径。

[0175] 在实施例中,无缝能量表面配置有有序能量局域化能量中继器,所述有序能量局域化能量中继器包括两个或更多个第一侧以供每个第二侧同时接收和发射一个或多个能量域,从而在整个系统中提供双向能量传播。

[0176] 在实施例中,有序能量局域化能量中继器被配置为松散相干的或柔性的能量中继器元件。

[0177] 4D全光函数的考虑因素:

[0178] 通过全息波导阵列的能量的选择性传播

[0179] 如上文和全文所论述,光场显示系统通常包含能量源(例如,照明源)和配置有足够能量位置密度的无缝能量表面,如上文论述中所阐述。可使用多个中继器元件将能量从能量装置中继到无缝能量表面。一旦能量被递送到具有必需的能量位置密度的无缝能量表面,能量就可根据4D全光函数传播通过所公开的能量波导系统。如所属领域的普通技术人员将了解,4D全光函数在所属领域中为熟知的,且在本文中不另外详述。

[0180] 能量波导系统选择性地能量传播通过沿着无缝能量表面的多个能量位置,所述能量位置表示4D全光函数的空间坐标,其中结构被配置成改变穿过的能量波的角度方向,所述角度方向表示4D全光函数的角度分量,其中所传播的能量波可根据通过4D全光函数引导的多个传播路径而在空间中会聚。

[0181] 现参考图6,其说明根据4D全光函数的4D图像空间中的光场能量表面的示例。所述图展示能量表面600到观察者620的射线轨迹,其描述能量射线如何从观察体积内的各个位置会聚在空间630中。如所示,每个波导元件610限定描述通过能量表面600的能量传播640的四个信息维度。两个空间维度(在本文中称为 x 和 y)是可在图像空间中观察到的物理多个能量位置,以及在投射通过能量波导阵列时在虚拟空间中观察到的角度分量 θ 和 Φ (本文中称为 u 和 v)。一般来说,根据4D全光函数,在形成本文中所描述的全息或光场系统时,多个波导(例如,微透镜)能够沿着由 u 、 v 角度分量限定的方向将能量位置从 x 、 y 维度引导到虚拟空间中的独特位置。

[0182] 然而,所属领域的技术人员应理解,光场和全息显示技术的显著挑战源于不受控的能量传播,因为设计没有精确地考虑到以下中的任一个:衍射、散射、漫射、角度方向、校准、焦点、准直、曲率、均一性、元件串扰,以及促使有效分辨率降低及无法以足够的保真度精确地会聚能量的众多其它参数。

[0183] 在实施例中,用于解决与全息显示相关联的挑战的选择性能量传播的方法可包含能量抑制元件,以及利用进入由4D全光函数限定的环境中的近准直能量大体上填充波导孔径。

[0184] 在实施例中,能量波导阵列可针对每个波导元件限定多个能量传播路径,所述能量传播路径被配置成在由规定的4D函数限定的独特方向上延伸通过且大体上填充波导元件的有效孔径,到沿着无缝能量表面的多个能量位置,所述能量位置被一个或多个元件抑制,所述一个或多个元件定位成将每个能量位置的传播限制于仅穿过单个波导元件。

[0185] 在实施例中,可在单个能量波导内或多个能量波导之间配置多个能量域,以引导包含视觉、声学、触觉或其它能量域的一个或多个感觉全息能量传播。

[0186] 在实施例中,能量波导和无缝能量表面被配置成接收和发射一个或多个能量域,以在整个系统中提供双向能量传播。

[0187] 在实施例中,能量波导被配置成针对包含墙壁、桌子、地板、天花板、房间或基于其它几何形状的环境的任何无缝能量表面定向,利用数字编码的、衍射、折射、反射、grin、全息、菲涅耳(Fresnel)等波导配置来传播能量的非线性或不规则分布,包含非传输空隙区域。在额外实施例中,能量波导元件可被配置成产生各种几何形状,所述几何形状提供任何表面轮廓和/或桌面观察,从而允许用户从360度配置的能量表面周围的所有位置观察全息图像。

[0188] 在实施例中,能量波导阵列元件可为反射表面,且所述元件的布置可为六边形、正方形、不规则的、半规则的、弯曲、非平面、球面、圆柱形、倾斜规则的、倾斜不规则的、空间变化的和/或多层的。

[0189] 对于无缝能量表面内的任何组件,波导或中继器组件可包含但不限于光纤、硅、玻璃、聚合物、光学中继器、衍射、全息、折射或反射元件、光学面板、能量组合器、分束器、棱镜、偏振元件、空间光调制器、有源像素、液晶单元、透明显示器或呈现安德森局域化或全内反射的任何类似材料。

[0190] 实现全息甲板:

[0191] 在全息环境内刺激人类感觉接受器的双向无缝能量表面系统的聚合

[0192] 有可能通过将多个无缝能量表面平铺、熔合、接合、附接和/或拼接在一起以形成包含整个房间的任意大小、形状、轮廓或外观尺寸来构造无缝能量表面系统的大型环境。每个能量表面系统可包括组件,所述组件具有基座结构、能量表面、中继器、波导、装置和电子件,它们共同被配置成用于双向全息能量传播、发射、反射或感测。

[0193] 在实施例中,平铺无缝能量系统的环境聚合以形成大型无缝平面或弯曲壁,包含包括多达给定环境中的所有表面的设施,且被配置为无缝、不连续平面、有刻面、弯曲、圆柱形、球面、几何或不规则几何形状的任何组合。

[0194] 在实施例中,平面表面的聚合平铺块形成用于剧场的或基于场馆的全息娱乐的墙壁大小的系统。在实施例中,对于基于洞穴的全息设施,平面表面的聚合平铺块覆盖包含顶部和地面在内具有四个到六个壁的空间。在实施例中,弯曲表面的聚合平铺块产生圆柱形无缝环境以用于沉浸式全息设施。在实施例中,对于基于全息甲板的沉浸式体验,无缝球面表面的聚合平铺块形成全息圆顶。

[0195] 在实施例中,无缝弯曲能量波导的聚合平铺块沿着能量波导结构内的能量抑制元件的边界提供遵循精确图案的机械边缘,以粘合、对准或熔合邻近波导表面的邻近平铺机械边缘,从而产生模块化和无缝的能量波导系统。

[0196] 在聚合平铺环境的另一实施例中,针对多个同时能量域,双向传播能量。在额外实

施例中,能量表面提供同时从相同能量表面进行显示和捕获的能力,其中波导被设计成使得光场数据可由照明源投射通过波导且同时通过相同能量表面接收。在额外实施例中,可利用额外深度感测和主动扫描技术以在准确的世界坐标中实现能量传播与观察者之间的交互。在额外实施例中,能量表面和波导可用于发射、反射或会聚频率以引发触感或立体触觉反馈。在一些实施例中,双向能量传播和聚合表面的任何组合是可能的。

[0197] 在实施例中,系统包括能量波导,所述能量波导能够通过能量表面双向发射和感测能量,其中一个或多个能量装置独立地与两个或更多个路径能量组合器配对,以将至少两个能量装置配对到无缝能量表面的相同部分,或一个或多个能量装置固定在能量表面后面,接近于固定到基座结构的额外组件,或接近于在用于离轴直射或反射投射或感测的波导的FOV的前面和外部的位置,且所得能量表面提供能量的双向传输,从而允许波导会聚能量、允许第一装置发射能量且允许第二装置感测能量,并且其中信息被处理以执行计算机视觉相关任务,包括但不限于对传播的能量图案内的干扰的4D全光眼睛和视网膜跟踪或感测、深度估计、接近度、运动跟踪、图像、颜色或声音形成,或其它能量频率分析。在额外实施例中,所跟踪位置基于双向捕获的数据与投射信息之间的干扰进行主动计算并修改能量位置。

[0198] 在一些实施例中,针对组合成单个第二能量中继器表面的传播能量的三个第一中继器表面中的每个表面,将包括超声波传感器、可见电磁显示器和超声波发射装置的三个能量装置的多个组合配置在一起,其中所述三个第一表面中的每个表面包括特定于每个装置的能量域的工程化特性,且两个工程化波导元件分别针对超声波和电磁能配置以能够独立引导和会聚每个装置的能量,且大体上不受被配置成用于单独能量域的有关波导元件的影响。

[0199] 在一些实施例中,公开一种实现高效制造以去除系统伪像并产生与编码/解码技术一起使用的所得能量表面的几何映射的校准程序,以及用于将数据转换成适合基于校准配置文件进行能量传播的校准信息的专用集成系统。

[0200] 在一些实施例中,串联的额外能量波导和一个或多个能量装置可集成到系统中以产生不透明全息像素。

[0201] 在一些实施例中,可集成包括能量抑制元件、分束器、棱镜、有源视差屏障或偏振技术的额外波导元件,以便提供大于波导直径的空间和/或角度分辨率或用于其它超分辨率目的。

[0202] 在一些实施例中,所公开的能量系统还可配置为可穿戴双向装置,例如虚拟现实(VR)或增强现实(AR)。在其它实施例中,能量系统可包含使所显示或所接收的能量聚焦接近于空间中对于观察者来说确定的平面的一个或多个调整光学元件。在一些实施例中,波导阵列可并入到全息头戴式显示器中。在其它实施例中,系统可包含多个光学路径,以允许观察者看到能量系统和现实世界环境(例如,透明的全息显示器)。在这些情况下,除了其它方法之外,系统可呈现为近场。

[0203] 在一些实施例中,数据的传输包括具有可选择或可变压缩比的编码过程,所述编码过程接收信息和元数据的任意数据集;分析所述数据集并接收或指派材料特性、向量、表面ID、新像素数据,从而形成更稀疏的数据集,并且其中接收到的数据可包括:2D、立体、多视图、元数据、光场、全息、几何形状、向量或向量化元数据,且编码器/解码器可提供包括图

像处理的实时或离线转换数据的能力,以用于:2D;2D+深度、元数据或其它向量化信息;立体、立体+深度、元数据或其它向量化信息;多视图;多视图+深度、元数据或其它向量化信息;全息;或光场内容;在具有或不具有深度元数据的情况下通过深度估计算法;以及逆射线追踪方法通过特征化4D全光函数以适当方式将各种2D、立体(stereoscopic)、多视图、立体(volumetric)、光场或全息数据的逆射线追踪所产生的所得转换数据映射到现实世界坐标中。在这些实施例中,所需的总数据传输可以是比原始光场数据集小多个数量级的传输信息。

[0204] 用于产生有序能量局域化能量中继器的系统和方法

[0205] 尽管在20世纪50年代引入了安德森局域化原理,但是直到最近材料和工艺的技术突破才使得能够在光学传输中切实地研究原理。横向安德森局域化是通过横向无序但纵向不变的材料传输的波的传播,同时波在横向平面中没有漫射。

[0206] 在现有技术内,已经通过实验观测到横向安德森局域化,在实验中,通过拉制随机混合且熔合在一起的具有不同折射率(RI)的数百万个个别光纤股来制造光纤面板。当在面板的一个表面上扫描输入光束时,相对表面上的输出光束跟随输入光束的横向位置。因为安德森局域化在无序介质中呈现出不存在波的漫射,所以在与光纤中继器相比时,一些基础物理学是不同的。这意味着相比于其中波干扰可能会完全限制横向定向上的传播同时在纵向路径上继续的多个散射路径之间的随机化,产生安德森局域化现象的光纤的效果受到全内反射的影响更小。另外,对此概念,本文中引入材料波传播特性的有序分布可代替能量传输装置的横向平面中的随机化分布而使用。此有序分布可引发装置的横向平面中的有序能量局域化同时减少类似材料特性的局域化分组的出现(这可归因于随机分布的性质而产生),且这可降低通过装置的能量传输的总体功效。

[0207] 在实施例中,与具有较高MTF的最高质量的市售多模玻璃图像光纤相比,有序能量局域化材料有可能一样好或更好地传输光。对于多模和多芯光纤,由于芯的离散阵列的全内反射的特性,中继的图像在本质上是像素化的,其中芯之间的任何串扰将降低MTF并增加模糊。用多芯光纤产生的所得图像往往会具有残余固定噪声光纤图案,如图5A中所说明。相比之下,图5B说明相同的通过示例材料样品中继的图像,所述样品呈现出类似于横向安德森局域化原理的特性,在本文中称为有序能量局域化,其中噪声图案看起来更像是颗粒结构,而不是固定光纤图案。

[0208] 呈现有序能量局域化现象的光学中继器的另一优点是它们可以由聚合材料制造,从而降低成本和重量。通常由玻璃或其它类似材料制成的类似的光学级材料的成本可能比用聚合物生成的相同尺寸的材料成本高十到一百(或更多)倍。另外,如果高达材料的大部分密度是空气和其它轻量塑料,那么聚合物中继器光学件的重量可以减少10到100倍。为了避免疑惑,呈现如本文所描述的安德森局域化特性或有序能量局域化特性的任何材料可包含于此处本公开中,即使所述材料并不符合以上成本和重量建议。如所属领域的技术人员将理解,上述建议是适用于类似玻璃产品不包含的大量商业用途的单个实施例。额外益处是:使有序能量局域化起作用可能不需要光纤包层,对于传统的多芯光纤来说,防止光在光纤之间的散射需要所述光纤包层,但是光纤包层同时阻挡了一部分光线,且从而使传输至少减少芯皮比(例如,70:30的芯皮比将传输最多70%的所接收照明)。

[0209] 另一益处是能够产生许多较小部件,这些部件可以在没有接缝的情况下接合或熔

合,因为材料基本上没有在传统意义上的边缘,并且取决于将两个或更多个片件合并在一起的过程,任何两个片件的合并几乎与将组件生成为单个片件相同。对于大型应用,这对没有大规模基础设施或工具成本的制造商的能力来说具有显著的益处,并且提供了用其它方法不可能实现的生成材料的单个片件的能力。传统的塑料光纤具有这些益处中的一些,但是由于包层,通常仍然会包含具有一些距离的接缝线。

[0210] 本公开包含制造呈现有序能量局域化现象的材料的方法。提出一种使用由一个或多个组件工程化结构(CES)组成的构建块构造电磁能、声能或其它类型的能量的中继器的工艺。术语CES是指具有特定工程化特性(EP)的构建块组件,所述工程化特性包含但不限于材料类型、大小、形状、折射率、质心、电荷、重量、吸收、磁矩以及其它特性。CES的大小标准可约为所中继的能量波的波长,并且可以在毫米级、微米级或纳米级上变化。其它EP也高度取决于能量波的波长。

[0211] 在本公开的范围内,多个CES的特定布置可形成有序图案,其可跨越中继器在横向方向上重复以有效地引发有序能量局域化。CES的此类有序图案的单个实例在本文中被称作模块。模块可包括两个或更多个CES。中继器内的两个或更多个模块的分组在本文中被称作集群。

[0212] 有序能量局域化是适用于电磁波、声波、量子波、能量波等等的传输的普遍波现象。形成呈现有序能量局域化的能量波中继器所需的一个或多个构建块结构各自具有约为对应波长的大小。构建块的另一关键参数是在用于那些构建块的材料中的能量波的速度,所述速度包含电磁波的折射率和声波的声阻抗。例如,构建块大小和折射率可以变化以适应从X射线到无线电波的电磁频谱中的任何频率。

[0213] 出于此原因,本公开中关于光学中继器的论述不仅可以推广到完整的电磁波谱,还可以推广到声学能量和其它类型的能量。出于此原因,将经常使用术语能量源、能量表面和能量中继器,即使论述是集中于一种特定形式的能量,例如可见电磁频谱。

[0214] 为了避免疑惑,材料数量、工艺、类型、折射率等仅为示例性的,且本文中呈现有序能量局域化特性的任何光学材料。此外,本文中包含有序材料和工艺的任何用途。

[0215] 应注意,本公开中提到的光学设计的原理通常适用于所有形式的能量中继器,且针对特定产品、市场、外观尺寸、安装等所选择的设计实施方案可能需要或可能不需要实现这些几何形状,但是出于简化的目的,所公开的任何方法包含所有潜在的能量中继器材料。

[0216] 在一个实施例中,对于可见电磁能的中继器,CES的大小应约为1微米。用于CES的材料可以是呈现所需光学质量的任何光学材料,包含但不限于玻璃、塑料、树脂等。材料的折射率大于1,并且如果选定两种CES类型,那么折射率的差异成为关键设计参数。材料的纵横比可选择为细长形的,以便帮助纵向方向上的波传播。

[0217] CES的形成可作为破坏工艺或添加工艺来完成,所述破坏工艺采用形成的材料并将片件切割成具有所需形状的形成物或所属领域中已知的任何其它方法,在所述添加工艺中,CES可以生长、印刷、形成、熔融或用所属领域中已知的任何其它方法来产生。添加和破坏工艺可进行组合以便进一步控制制造。现在将这些片件构造成指定结构大小和形状。

[0218] 在一个实施例中,对于电磁能中继器,有可能使用光学级结合剂、环氧树脂或其它已知的光学材料,这些光学材料可以作为液体开始并通过各种手段形成光学级固体结构,所述手段包含但不限于UV、热、时间以及其它处理参数。在另一实施例中,结合剂不固

化,或由用于柔性应用的折射率匹配的油制成。结合剂可应用于固体结构和未固化油或光学液体。这些材料可呈现某些折射率(RI)特性。结合剂需要匹配CES材料类型1或CES材料类型2的RI。在一个实施例中,此光学结合剂的RI是1.59,与PS相同。在第二实施例中,此光学结合剂的RI是1.49,与PMMA相同。

[0219] 在一个实施例中,对于能量波,结合剂可混合到CES材料类型1和CES材料类型2的共混物中,以便有效地抵消结合剂RI匹配的材料RI。结合剂可彻底地互混,使得没有区域是不饱和的,这可能需要一定时间,以达到饱和和所需的粘性特性。可以实施额外的恒定搅拌,以确保适当的材料混合物抵消掉会由于材料的不同密度或其它材料特性而出现的任何分离。

[0220] 可能需要在真空或室中执行这一过程以排出可能会形成的任何气泡。另一方法可为在固化过程期间引入振动。

[0221] 替代性方法向三个或更多个CES提供了额外的形式特征和EP。

[0222] 在一个实施例中,对于电磁能中继器,额外的方法提供与仅粘合剂一起使用的仅单个CES,其中CES和粘合剂的RI不同。

[0223] 额外方法提供任何数目个CES,且包含气泡的有意引入。

[0224] 在一个实施例中,对于电磁能中继器,方法提供具有独立所需RI的多种结合剂,和在零个、一个或更多个CES单独或在一起固化时将它们互混以便形成完全互混结构的过程。可以利用两种或更多种单独固化方法来实现用不同工具和程序方法以不同间隔进行固化和互混的能力。在一个实施例中,RI为1.49的UV固化环氧树脂与RI为1.59的热固化第二环氧树脂互混,其中材料的恒定搅拌提供交替的热处理和UV处理,时长只够开始看到固体结构从较大混合物内形成,但对任何大型粒子的形成来说都不够长,直到固化过程几乎完成时不能继续搅拌的时间为止,然后同时实施固化过程以将材料完全粘合在一起。在第二实施例中,添加RI为1.49的CES。在第三实施例中,添加RI为1.49和1.59的CES。

[0225] 在另一实施例中,对于电磁能中继器,玻璃和塑料材料基于它们的相应RI特性来进行互混。

[0226] 在额外实施例中,固化混合物在模具中形成,并且在固化之后进行切割和抛光。在另一实施例中,所利用的材料将通过热重新液化,并且固化成第一形状,然后拉成第二形状以包含但不限于锥形部或弯曲部。

[0227] 图7A说明根据本公开的一个实施例的中继器的柔性实施方案70的剖视图,所述柔性实施方案呈现使用CES材料类型1(72)和CES材料类型2(74)的具有互混油或液体76的横向安德森局域化方法,并且其中可能使用端帽中继器79在柔性管道壳体78内在中继器的一个末端上将能量波从第一表面77中继到第二表面77。CES材料类型1(72)和CES材料类型2(74)均具有为细长形的工程化特性-在此实施例中,形状是椭圆形,但是如圆柱形或链形的任何其它细长形或工程化形状也是可能的。细长形状允许具有最小工程化特性变化75的通道。

[0228] 对于可见电磁能中继器的实施例,实施方案70可以用折射率匹配油76代替结合剂,所述折射率匹配油具有匹配CES材料类型2(74)的折射率,并置放到柔性管道壳体78中以维持CES材料类型1和CES材料2的混合物的柔性,并且端帽79将是固体光学中继器,以确保图像可以从端帽的一个表面中继到另一表面。CES材料的细长形状允许具有最小折射

率变化75的通道。

[0229] 70的多个实例可以交错成单个表面,以便形成呈固体或柔性形式的中继器组合器。

[0230] 在一个实施例中,对于可见电磁能中继器,70的若干实例可各自在一端连接到显示装置,所述显示装置展示图像的许多特定平铺块中的仅一个,同时光学中继器的另一端呈规则镶嵌图案放置,布置方式使得显示完整图像而不具有可辨接缝。由于CES材料的特性,还有可能将在镶嵌图案内的多个光学中继器熔合在一起。

[0231] 图7B说明CES横向安德森局域化能量中继器的刚性实施方案750的剖视图。CES材料类型1(72)和CES材料类型2(74)与匹配材料2(74)的折射率的结合剂753互混。有可能使用任选的中继器端帽79在壳体754内将能量波从第一表面77中继到第二表面77。CES材料类型1(72)和CES材料类型2(74)均具有为细长形的工程化特性-在此实施例中,形状是椭圆形,但是如圆柱形或链形的任何其它细长形或工程化形状也是可能的。图7B中还展示沿着纵向方向具有最小工程化特性变化75的路径,这有助于在此方向上能量波从一个端帽表面77传播到另一端帽表面77。

[0232] CES的初始配置和对准可以利用机械放置或通过利用材料的EP来完成,所述EP包含但不限于:电荷,其当应用于液体中的CES的胶体时可引起胶态晶体形成;磁矩,其可帮助对含有痕量铁磁性材料的CES排序,或所使用的CES的相对重量,它与重力一起有助于在固化之前在粘结液体内形成层。

[0233] 在一个实施例中,对于电磁能中继器,图7B中描绘的实施方案将使结合剂753匹配CES材料类型2(74)的折射率,任选的端帽79将为固体光学中继器,以便确保图像可以从端帽的一个表面中继到另一表面,并且具有最小纵向变化的关键EP将为折射率,从而形成有助于传播局域化电磁波的通道75。

[0234] 在可见电磁能中继器的实施例中,图8说明根据本公开的可见电磁能中继器的一个实施例的横向平面中的剖视图,在材料的总体混合物中占给定百分比的一种示例性材料的纵向方向上包含尺寸外部吸收(DEMA)CES 80,以及CES材料类型72、74,所述示例性材料控制杂散光。

[0235] 类似于传统光纤技术中的EMA,将不传输光的额外CES材料添加到一种或多种混合物中以吸收随机杂散光,在维度网格内只包含吸收材料,且在纵向维度内不含吸收材料,本文中这一材料被称作DEMA80。在第三维度中利用这一方法提供了比先前的实施方法更程度的控制,其中杂散光控制的随机化比任何其它实施方案的都充分得多,所述任何其它实施方案包含最终使全光传输减少所有光学中继器组件的表面面积的百分比的绞合EMA(stranded EMA),而DEMA在维度网格中进行互混,从而有效地控制了纵向方向上的光传输,同时横向方向上的光不会出现相同的减少情况。提供的DEMA可以在总体混合物中占任何比例。在一个实施例中,DEMA在材料的总体混合物中占1%。在第二实施例中,DEMA在材料的总体混合物中占10%。

[0236] 在额外实施例中,两种或更多种材料用热和/或压力进行处理以执行结合过程,并且这可以用也可以不用模制或所属领域中已知的其它类似形成工艺来完成。这可以应用也可以不应用在真空或振动阶段等内,以在熔融过程期间消除气泡。例如,具有材料类型PS和PMMA的CES可进行互混,然后放置到适当的模具中,所述模具放置到均匀热分配环境中,所

述均匀热分配环境能够达到这两种材料的熔点并循环到相应温度和从相应温度进行循环，而不会因为超过由材料特性指定的每小时最大热升高或下降而造成损坏/断裂。

[0237] 对于需要互混材料与额外液体结合剂的工艺，考虑到每种材料的可变比密度，可能需要以防止材料分离的速率进行的恒定旋转工艺。

[0238] 高密度能量引导装置

[0239] 在实施例中，能量引导装置可包括一个或多个能量位置和一个或多个能量中继器元件，一个或多个能量中继器元件中的每一个进一步包括第一表面和第二表面。每个能量中继器元件的第二表面可被布置成形成单一无缝能量表面。

[0240] 在本公开的实施例，一个或多个能量位置可包括包含以下中的任一个的显示技术：

[0241] a) LCD、LED、激光、CRT、OLED、AMOLED、TOLED、微型投影仪、单芯片、3芯片、LCoS、DLP、量子点、单色、彩色、投射、背光、直接发射、反射、透明、不透明、相干的、非相干的、漫射、直射或足以产生所需像素密度的任何其它照明源；以及

[0242] b) 其中任何反射式显示技术可直接结合到光学中继器以提供室外或环境照明显示器，且进一步与其它材料组合，允许光与中继的内容的交互以用于2D和光场应用；以及

[0243] c) 一系列分束器、棱镜或偏振元件，且将上述装置中的每一个布置在光学系统内以提供虚拟能量表面，所述表面聚合以包含甚至考虑到机械外壳的一个或多个装置之间的全部有源区域的完全无缝集成；以及

[0244] d) 一系列平行、会聚、光学偏移平行和会聚、轴上、离轴、径向、对准或以其它方式反射或投射系统，其各自包含指定分辨率和机械外壳但投射到小于组合的所有一个或多个反射或投射系统的并排占用面积的聚合表面上。

[0245] 在实施例中，单一无缝能量表面的任何两个邻近第二表面的边缘之间的间隔可小于最小可感知轮廓，所述最小可感知轮廓由在距单一无缝能量表面某一距离处具有优于20/40的视力的人眼视觉敏锐度定义，所述距离大于单一无缝能量表面的高度或单一无缝能量表面的宽度中的较小者。

[0246] 由多个单独的独立能量源产生无缝能量表面存在一个问题：能量源的有源区域之间有明显接缝。

[0247] 例如，对于可见电磁能，图9表示在安装于排线上时相同的独立显示器之间可能的最小间隔的示例。图9说明各自包括有源显示区域尺寸902和机械外壳906的三个显示装置900的侧视图；最小间隙908突显显示装置900的任何两个有源成像表面902之间可能的最小空间。在有源图像与机械外壳比小于2:1 (例如有源区域为20mm×10mm，且机械外壳小于40mm×10mm) 的情况下，有可能使用分束器或其它类似光学和反射材料来交错两个图像表面以形成一个单连续平面。

[0248] 图10是描述此方法的一个所述实施方案的侧视图说明。图10具有五个显示装置100，其各自包括有源显示区域1002和机械外壳1004。分束器1006将显示装置1000产生的图像光1008组合成无缝图像呈现1010，这有效地遮蔽了显示装置1000的机械外壳1004。应注意，在显示器处或附近优选高度非反射暗表面以遮蔽非图像区域，以避免电子件和其它非显示区域的反射。

[0249] 图11是利用3个分束器以适应4:1比的机械外壳的第二方法的侧视图说明。图11具

有八个显示装置1100,其各自包括有源显示区域1102和机械外壳1104。三个分束器1106、1108和1110将八个显示装置1100产生的图像光1112组合成无缝图像呈现1114,这有效地遮蔽了显示装置1100的机械外壳1104。

[0250] 应注意,尽管这些方法可用,但优选的是,机械精度可接近完美以避免对每个重叠显示平面的不正确角度观察,且总体观察亮度将通过分束器所吸收以便将光线重新引导到每个精密反射平面的光量而减小。在图11中,图像光1112的亮度将因整个系统的光损失而仅从显示装置1100传输最多25%的实际显示峰值电位。另外,应注意,取决于所需图像表面的大小,具有多次反射的物理设备的大小极快地变得非常大。

[0251] 还可能考虑投射技术以将多个图像聚合到较大总体显示器中,但这以投射距离、最短聚焦、光学质量、随着时间推移在温度梯度上的热一致性考虑因素以及图像混合、对准、大小和外观尺寸的较大复杂性为代价。对于大多数实际应用,托管数十或数百个这些投射源会产生大得多而可靠性更低的设计。在注意到上文全部风险的情况下,本文中含有的所有描述还可适用于除所公开的面板方法之外的任何形式的投射技术。

[0252] 一种替代的方法涉及以平铺方式使用许多投影仪以产生与后部投射表面结合的无缝图像表面。此表面可包含在平面的或非平面的表面中的屏幕、漫射器和光学中继器。每个个别寻址的平铺块之间的区域理想地应略微重叠且以适当方式融合每个平铺块之间的过渡,但不作明确要求。图像区域到机械外壳适用相同构思,但添加了一些复杂性。我们现沿着图像表面位置引入最大光学偏移概念,所述图像表面位置可通过独立于图像源的光学件移动投射系统的光学件而进行控制,从而得到图像相对于能量表面的非梯形失真移位。需要高质量光学件来实现这一点,且光学件通常限于比所投射图像的宽度小。

[0253] 另外,在不使用正射或准直设计时,我们现面临投射系统内所含光学件的最短聚焦的问题。这可通过增大每平铺块的总投射图像大小来解决,其结果是增大观察距离以提供如上文所述的所需像素密度。

[0254] 图12突显机械外壳比、最小焦距和最大图像偏移以及个别平铺图像之间的重叠百分比之间的此关系。图12说明实施例的俯视图,其中有三个投射装置:一个居中投射装置1200以及两个偏离中心的投射装置1201、1203。每个投射装置1200、1201、1203的机械外壳产生显示偏移,这需要对每个偏离中心的投射装置1201、1203的投射角度1204进行调整。图12突显离轴投射光学件的使用,其中显示面板1214从显示透镜1216的光轴移置量1202,所述量与到阵列的中心的显示面板距离成比例,从而允许这些图像中的每一个重叠,同时维持平行阵列结构,且另外避免梯形失真图像矫正。从投射装置1200、1201、1203投射的图像光在图像平面1208处形成显示图像1206。来自偏离中心的投射装置1201、1203的图像光在图像平面1208处将具有图像偏移1210和部分重叠1212。

[0255] 在实施例中,单一无缝能量表面可以是平面的、有刻面的或弯曲的。还可能形成投影仪弧,代价是需要在光学上或计算上进行梯形失真矫正以形成单一能量表面。在实施例中,三个投射装置可布置成弧形。投射装置可产生传播通过平面的图像平面的图像光。图像光可能经历梯形失真效应。

[0256] 或者,可设计非平面表面,以便将每个投影仪直接放置在观察能量表面的对应平铺块后方。图13为具有布置成弧形的三个投射装置1300的实施例的俯视图说明。投射装置1300产生传播通过非平面表面1304的图像光1302。图像光1302可能经历图12的实施例避免

的梯形失真效应。对于这两种方法,未必需要投影仪呈物理堆叠配置,且可利用反射器或其它光学方法以便提供专用机械设计。

[0257] 在可同时利用分束器和投射技术的情况下可采用这些方法的任何组合。

[0258] 系统的额外实施例利用了当前在能量中继器技术上的突破。

[0259] 锥形能量中继器

[0260] 为了解决从含有延伸的机械外壳的个别能量波源阵列生成高分辨率的挑战,锥形能量中继器的使用可用来增大每个能量源的有效大小。锥形能量中继器阵列可拼接在一起以形成单一连续能量表面,从而避开那些能量源的机械要求的限制。

[0261] 在实施例中,一个或多个能量中继器元件可被配置成沿着传播路径引导能量,所述传播路径在一个或多个能量位置与单一无缝能量表面之间延伸。

[0262] 例如,如果能量波源的有源区域是 $20\text{mm} \times 10\text{mm}$,且机械外壳是 $40\text{mm} \times 20\text{mm}$,那么锥形能量中继器可设计有2:1的放大率,以产生在缩小端上为 $20\text{mm} \times 10\text{mm}$ (切割时)且在放大端上为 $40\text{mm} \times 20\text{mm}$ (切割时)的锥形,从而提供将这些锥形的阵列无缝地对准在一起而不改变或妨碍每个能量波源的机械外壳的能力。

[0263] 图14说明根据本公开的一个实施例的一个所述锥形能量中继器镶嵌布置1410的正交视图。在图14中,中继器装置1410可包含两个或更多个中继器元件1420,每个中继器元件1420由一个或多个结构形成,每个中继器元件1420具有第一表面1440、第二表面1460、横向定向(基本上平行于表面1440、1460)和纵向定向(基本上垂直于表面1440、1410)。第一表面1440的表面积可不同于第二表面1460的表面积。对于中继器元件1420,第一表面1440的表面积小于第二表面1460的表面积。在另一实施例中,第一表面1440的表面积可与第二表面1460的表面积相同或比其大。能量波可从第一表面1440传送到第二表面1460,或反之亦然。

[0264] 在图14中,中继器元件装置1410的中继器元件1420包含在第一表面1440与第二表面1460之间的倾斜轮廓部分1480。在操作中,第一表面1440和第二表面1460之间的能量波传播可在纵向定向上具有高于横向定向的传输效率,且穿过中继器元件1420的能量波可引起空间放大或空间缩小。换句话说,穿过中继器元件装置1410的中继器元件1420的能量波可经历增加的放大或减小的放大。在实施例中,可在零放大的情况下引导能量通过一个或多个能量中继器元件。在一些实施例中,用于形成中继器元件装置的一个或多个结构可包含玻璃、碳、光纤、光学薄膜、塑料、聚合物或其混合物。

[0265] 在一个实施例中,穿过第一表面的能量波具有第一分辨率,而穿过第二表面的能量波具有第二分辨率,且第二分辨率不低于第一分辨率的约50%。在另一实施例中,能量波在呈现到第一表面时具有均一特征曲线,并且能量波可穿过第二表面,在每个方向上辐射,且在前向方向上具有大体上填充相对于第二表面的法线具有 $\pm 10^\circ$ 张角的圆锥的能量密度,而无关于在第二中继器表面上的位置。

[0266] 在一些实施例中,第一表面可被配置成从能量波源接收能量,所述能量波源包含宽度不同于第一表面和第二表面中的至少一个的宽度的机械外壳。

[0267] 在实施例中,能量可在限定纵向定向的第一表面与第二表面之间传输,每个中继器的第一和第二表面基本上沿着由第一和第二方向限定的横向定向延伸,其中纵向定向大体上与横向定向正交。在实施例中,传播通过多个中继器的能量波在纵向定向上具有比横

向定向上高的传输效率,且归因于与纵向定向上的最小折射率变化耦合的横向定向上的随机化折射率变化性而通过横向安德森局域化原理在横向平面中空间局域化。在每个中继器由多芯光纤构造的一些实施例中,在每个中继器元件内传播的能量波可在纵向定向上行进,所述纵向定向通过对准此定向上的光纤而确定。

[0268] 机械地,这些锥形能量中继器在接合或融合在一起之前以高精度进行切割和抛光,以便将它们对准并确保中继器之间可能存在的接缝间隙最小。由能量中继器的第二表面形成的无缝表面在中继器接合之后进行抛光。在一个所述实施例中,通过使用以热方式匹配到锥形材料的环氧树脂,有可能实现50 μ m的最大接缝间隙。在另一实施例中,将锥形阵列置于压缩和/或热下的制造工艺能够将元件熔合在一起。在另一实施例中,使用塑料锥形可更容易进行化学熔合或热处理来形成接合而不需要额外的接合。为了避免疑惑,可使用任何方法来将阵列接合在一起,以明确地只包含重力和/或力的接合。

[0269] 在实施例中,末端能量中继器元件的任何两个邻近第二表面的边缘之间的间隔可小于最小可感知轮廓,所述最小可感知轮廓由在距无缝能量表面某一距离处具有优于20/40的视力的人眼视觉敏锐度定义,所述距离大于单一无缝能量表面的高度或单一无缝能量表面的宽度中的较小者。

[0270] 可优选机械结构,以便以符合某一容差规格的方式保持多个组件。在一些实施例中,锥形中继器元件的第一和第二表面可具有任何多边形形状,其包含但不限于圆形、椭圆形、卵形、三角形、正方形、矩形、平行四边形、梯形、菱形、五边形、六边形等。在一些示例中,对于非正方形锥形,如矩形锥形,例如中继器元件可进行旋转以具有平行于整体能量源的最大尺寸的最小锥形尺寸。此方法允许能量源的优化,以在从能量源的中心点观察时呈现因放大中继器元件的接受光锥所致的对光线的最低排斥。例如,如果所需能量源大小是100mm $\times$ 60mm,且每个锥形能量中继器是20mm $\times$ 10mm,那么中继器元件可进行对准和旋转,以使得可以进行组合3 $\times$ 10锥形能量中继器元件的阵列以产生所需能量源大小。此处不应表明,不可以利用替代性配置为6 $\times$ 5矩阵阵列以及其它组合的阵列。包括3 $\times$ 10布局的阵列通常将比替代性的6 $\times$ 5布局表现得更好。

[0271] 能量中继器元件堆叠

[0272] 尽管能量源系统的最简单形成包括接合到单个锥形能量中继器元件的能量源,但多个中继器元件可耦接以形成质量或灵活性增大的单个能量源模块。一个所述实施例包含其中缩小端附接到能量源的第一锥形能量中继器和连接到第一中继器元件的第二锥形能量中继器,其中第二光锥的缩小端接触第一中继器元件的放大端,从而生成等于两个个别锥形放大率的乘积的总放大率。这是包括两个或更多个能量中继器元件的序列的能量中继器元件堆叠的示例,其中每个能量中继器元件包括第一侧和第二侧,所述堆叠将能量从第一元件的第一表面中继到序列中的最末元件的第二表面,所述最末元件的第二表面也叫末端表面。每个能量中继器元件可被配置成引导自其穿过的能量。

[0273] 在实施例中,能量引导装置包括一个或多个能量位置和一个或多个能量中继器元件堆叠。每个能量中继器元件堆叠包括一个或多个能量中继器元件,其中每个能量中继器元件包括第一表面和第二表面。每个能量中继器元件可被配置成引导自其穿过的能量。在实施例中,每个能量中继器元件堆叠的末端能量中继器元件的第二表面可被布置成形成单一无缝显示表面。在实施例中,一个或多个能量中继器元件堆叠可被配置成沿着能量传播

路径引导能量,所述能量传播路径在一个或多个能量位置与单一无缝显示表面之间延伸。

[0274] 图15说明根据本公开的实施例的由串联的两个组合式光学中继器锥形1522、1524组成的能量中继器元件堆叠1500的侧视图,两个锥形均具有面向能量源表面1526的缩小端。在图15中,对于锥形1524的输入,输入数值孔径(NA)为1.0,但对于锥形1522的输出,仅约为0.16。注意,使输出数值孔径除以总放大率6,所述总放大率是锥形1524的2与锥形1522的3的乘积。此方法的一个优势是考虑到能量源的各种尺寸,能够定制第一能量波中继器元件而不用改变第二能量波中继器元件。这另外提供了改变输出能量表面的大小而不改变能量源或第一中继器元件的设计的灵活性。图15中还展示了能量源1526和容纳能量源驱动电子件的机械外壳1528。

[0275] 在实施例中,第一表面可被配置成从能量源单元(例如1526)接收能量波,所述能量源单元包含机械外壳,所述机械外壳的宽度不同于第一表面和第二表面中的至少一个的宽度。在一个实施例中,穿过第一表面的能量波可具有第一分辨率,而穿过第二表面的能量波可具有第二分辨率,使得第二分辨率不低于第一分辨率的约50%。在另一实施例中,能量波在呈现到第一表面时具有均一特征曲线,并且能量波可穿过第二表面,在每个方向上辐射,且在前向方向上具有大体上填充相对于第二表面的法线具有 $\pm 10^\circ$ 张角的圆锥的能量密度,而无关于在第二中继器表面上的位置。

[0276] 在一个实施例中,呈堆叠配置的多个能量中继器元件可包含多个面板(具有同一性放大率的中继器)。在一些实施例中,多个面板可具有不同长度,或是松散相干光学中继器。在其它实施例中,多个元件可具有类似于图14的倾斜轮廓部分的倾斜轮廓部分,其中倾斜轮廓部分可为成角度的、线性的、弯曲的、锥形的、有刻面的或相对于中继器元件的垂直轴成一非垂直角度对准的。在又一实施例中,传播通过多个中继器元件的能量波在纵向定向上具有比在横向定向上高的传输效率,且归因于与纵向定向上的最小折射率变化耦合的横向定向上的随机化折射率变化性而在横向定向上空间局域化。在每个能量中继器由多芯光纤构造的实施例中,在每个中继器元件内传播的能量波可在纵向定向上行进,所述纵向定向通过对准此定向上的光纤而确定。

[0277] 能量引导装置

[0278] 图16说明能量引导装置的实施例1600的透视图,其中能量中继器元件堆叠布置成 8×4 阵列以形成单一无缝能量引导表面1610,且每个锥形能量中继器元件堆叠的末端表面的最短维度平行于能量表面1610的最长维度。能量来源于32个单独的能量源1650;每个能量源接合或以其它方式附接到能量中继器元件堆叠的第一元件。

[0279] 在实施例中,末端能量中继器元件的任何两个邻近第二表面的边缘之间的间隔可小于最小可感知轮廓,所述最小可感知轮廓由在距单一无缝显示表面某一距离处具有优于20/100的视力的人眼视觉敏锐度定义,所述距离大于单一无缝显示表面的高度或单一无缝显示表面的宽度中的较小者。

[0280] 图17含有实施例1600的以下视图:正视图1710、俯视图1710、侧视图1730和近距侧视图1740。

[0281] 图18是由重复结构组成的能量引导装置1600的侧视图1740的近距视图,所述重复结构包括沿着第一和第二方向限定的横向定向布置的能量中继器元件堆叠1830,用于将能量波从多个能量单元1850传播到由能量中继器元件堆叠的第二表面形成的单个共同无缝

能量表面1880。每个能量单元1850由能量源1810以及容纳驱动电子件的机械壳体1850构成。每个中继器堆叠由一侧不具有放大率的直接接合到能量源1810的面板1840以及另一侧的锥形能量中继器构成,其中锥形在空间上放大来自面板的能量波,同时将能量传播到无缝能量表面1880。在一个实施例中,锥形能量中继器的放大率是2:1。在一个实施例中,锥形能量中继器1820通过共同基座结构1860保持在适当位置,且这些锥形中的每一个接合到面板1840,所述面板继而接合到能量单元1850。相邻锥形1820在接缝1870处接合或熔合在一起,以便确保实现可能的最小接缝间隙。整个 8×4 阵列中的所有锥形能量中继器布置成无缝镶嵌图案,使得每个锥形能量中继器的第二表面形成单个连续能量表面1880,所述表面在组装期间抛光以确保平坦度。在一个实施例中,表面1810被抛光到10个波的平坦度内。面板1885的尺寸略微大于表面1880的尺寸,且所述面板放置成与表面1880直接接触,以便扩展锥形能量表面1880的视场。面板的第二表面形成能量引导装置1800的输出能量表面1810。

[0282] 在1800的此实施例中,能量从每个能量源1810传播通过中继器堆叠1830且接着大体上与面板正交,从而限定纵向方向,每个中继器堆叠的第一和第二表面基本上沿着由第一和第二方向限定的横向定向延伸,其中纵向定向大体上与横向定向正交。在一个实施例中,传播通过中继器元件面板1840、锥形1820和面板1885中的至少一个的能量波在纵向定向上具有比横向定向上高的传输效率,且归因于与纵向定向上的最小折射率变化耦合的横向定向上的随机化折射率变化性而在横向定向上局域化。在一些实施例中,中继器元件面板1840、锥形1820和面板1885中的至少一个可由多芯光纤构成,其中在每个中继器元件内传播的能量波在纵向定向上行进,所述纵向定向通过对准此定向上的光纤而确定。

[0283] 在一个实施例中,穿过181640的第一表面的能量波具有第一空间分辨率,而穿过锥形能量中继器1820的第二表面且穿过面板的能量波具有第二分辨率,且第二分辨率不低于第一分辨率的约50%。在另一实施例中,能量波在面板1840的第一表面处具有均一特征曲线,且能量波可穿过无缝能量表面1880和1810,在每个方向上辐射,且在前向方向上具有大体上填充相对于无缝能量表面1810的法线具有 ± 10 度张角的圆锥的能量密度,而无关于此表面1810上的位置。

[0284] 在实施例中,能量引导装置包括一个或多个能量源和一个或多个能量中继器元件堆叠。

[0285] 在实施例中,能量引导装置的每个能量中继器元件可包括以下中的至少一个:

- [0286] 1. 一个或多个光学元件,其呈现横向安德森局域化;
- [0287] 2. 多个光纤;
- [0288] 3. 松散相干光纤;
- [0289] 4. 图像组合器;
- [0290] 5. 一个或多个梯度折射率光学元件;
- [0291] 6. 一个或多个分束器;
- [0292] 7. 一个或多个棱镜;
- [0293] 8. 一个或多个偏振光学元件;
- [0294] 9. 一个或多个多种大小或长度光学元件,以用于机械偏移;
- [0295] 10. 一个或多个波导;

[0296] 11. 一个或多个衍射、折射、反射、全息、光刻或透射性元件；以及

[0297] 12. 一个或多个回射器。

[0298] 在实施例中，一定量的一个或多个能量中继器元件和一定量的一个或多个能量位置可限定能量引导装置的机械尺寸。并入系统中的光学中继器元件的数量不受限制，且仅受机械考虑因素约束，且所得无缝能量表面包含产生无穷大分辨率能量表面的多个较低分辨率能量源，所述无穷大分辨率能量表面仅受显示装置内包含的组件的分辨力和图像质量限制。

[0299] 可优选机械结构，以便以符合某一容差规格的方式保持多个中继器组件。以机械方式将含有形成无缝能量表面的第二表面的能量中继器切割和抛光到高度精度，之后将其接合或熔合在一起以便将其对准且确保能量中继器之间可能的最小接缝间隙成为可能。无缝表面1880在中继器1820接合在一起之后进行抛光。在一个所述实施例中，使用热匹配到锥形能量中继器材料的环氧树脂，有可能实现50 μ m的最大接缝间隙。在另一实施例中，将锥形阵列置于压缩和/或热下的制造工艺能够将元件熔合在一起。在另一实施例中，使用塑料锥形可更容易进行化学熔合或热处理来形成接合而不需要额外的接合。为了避免疑惑，可使用任何方法来将阵列接合在一起，以明确地只包含重力和/或力的接合。

[0300] 能量表面可个别地和/或作为单一能量表面进行抛光，且可以是任何表面形状，包含平面、球面、圆柱形、圆锥形、有刻面、平铺、规则、不规则、凸面、凹面、倾斜或用于指定应用的任何其它几何形状。可以机械方式安装光学元件，使得光轴平行、不平行和/或布置成使能量表面法线以指定方式定向。

[0301] 在有源显示区域外部形成各种形状的能力能够通过夹持结构、接合工艺或将一个或多个中继器元件固持在适当位置所需的任何其它机械构件将串联的多个光学元件耦接到相同基座结构。各种形状可由光学材料形成，或通过额外适当材料接合。用来保持所得形状的机械结构可具有用以配合在所述结构顶部上的相同形式。在一个实施例中，能量中继器设计有正方形形状，其中一侧等于能量中继器总长度的10%但在宽度和高度上比能量源的有源区域大25%。此能量中继器通过匹配的机械结构夹持且可利用折射率匹配油、折射率匹配环氧树脂等。在电磁能量源的情况下，将任何两个光学元件置于串联形式的过程可包含机械或主动对准，其中提供视觉反馈以确保执行了适当的图像对准容差。典型地，在对准之前将显示器安装到光学元件的后表面，但这取决于应用而可以是或可能不是所需的。

[0302] 在实施例中，每个能量中继器元件堆叠的末端能量中继器元件的第二侧可被布置成形成单一无缝能量表面。

[0303] 在实施例中，由能量中继器元件堆叠的镶嵌图案形成的单一无缝能量表面可通过使面板层与表面直接接触、使用接合剂、折射率匹配油、压力或重力将所述面板层粘附到能量表面而延伸。在一个实施例中，面板层可由能量中继材料的单个片片构成，而在其它实施例中，面板层由接合或熔合在一起的能量中继材料的两个或更多个片片构成。在一个实施例中，面板的延伸可增大能量波相对于无缝能量表面的法线的发射角度。

[0304] 在实施例中，一个或多个能量中继器元件堆叠可被配置成沿着传播路径引导能量，所述传播路径在一个或多个能量位置与所述单一无缝能量表面之间延伸。

[0305] 在实施例中，末端能量中继器元件的任何两个邻近第二表面的边缘之间的间隔可小于最小可感知轮廓，所述最小可感知轮廓由在距单一无缝能量表面某一距离处具有优于

20/40的视力的人眼视觉敏锐度定义,所述距离大于单一无缝能量表面的高度或单一无缝能量表面的宽度中的较小者。

[0306] 在实施例中,每个能量中继器元件堆叠的能量中继器元件以端到端配置进行布置。

[0307] 在实施例中,可在零放大、非零放大或非零缩小的情况下引导能量通过一个或多个能量中继器元件堆叠。

[0308] 在实施例中,一个或多个能量中继器元件堆叠中的任何能量中继器元件可包括呈现横向安德森局域化的元件、光纤、分束器、图像组合器、被配置成改变自其穿过的能量的角度方向的元件等。

[0309] 在实施例中,沿着能量传播路径引导的能量可以由某一波长限定的电磁能,所述波长属于电磁波谱范围,例如可见光、紫外线、红外线、x射线等。在实施例中,沿着能量传播路径引导的能量可以是机械能,例如声学声音、触觉压力等。立体声环境是有效地致力于实现全息声音的技术或类似技术。立体触觉装置产生变换器阵列、空气发射器等以生成触碰到漂浮在半空中的对象的感觉,所述感觉可直接偶接到光场显示器中显示的视觉资料。支持交互或沉浸式媒体的任何其它技术可另外结合此全息显示器进行研究。对于将能量引导装置用作显示表面,电子件可直接安装到个别显示器的引脚,附接到具有如零插入力(ZIF)连接器的插口的电子件,或通过使用插入件和/或其类似者,从而提供系统的简化安装和维护。在一个实施例中,包含显示板、FPGA、ASIC、IO装置或对于所述显示器的使用优选的类似所需组件的显示器电子组件可安装或系接在排线或柔性-刚性线缆上,以便产生显示器安装平面与物理电子封装的位置之间的偏移。提供额外机械结构以安装装置需要的电子件。这能够增大光学元件的密度,从而减小任何锥形光学中继器的光学放大率以及减小总体显示器大小和/或重量。

[0310] 可设计冷却结构以将系统性能维持在指定温度范围内,其中所有机械结构可包含额外铜或其它类似材料管道以提供具有在恒温器调节器上提供足够的压力的固态液体冷却系统的液体冷却系统。额外实施例可包含帕尔贴(Peltier)单元或热同步件和/或其类似者以针对电子件、显示器和/或对操作期间的温度改变敏感的或可产生余热的任何其它组件维持一致的系统性能。

[0311] 图19说明实施例1900的俯视图,其中由元件1902和1903构成的能量中继器元件堆叠向内朝向空间1904中的已知点成角度,从而引导能量以从多个源1908传播通过无缝能量表面1901。基座结构1906直接支撑锥形能量中继器1902,其中每个锥形继而接合到中继器1903。对于能量引导装置1900是显示器的实施例,锥形光学中继器元件1902向内成角度以将锥形光轴指向空间1904中的固定点。能量源1908包括个别显示器,其中显示器电子件通过显示器机械外壳1907容纳。

[0312] 在实施例中,光学中继器可包括松散相干光学中继器。可另外利用柔性光学元件、图像导管等,以便进一步使显示器和显示器电子件从无缝能量表面偏移。以此方式,有可能形成包含多个松散相干的光学中继器的光学中继器集束或其它类似光学技术来连接两个单独结构,其中第一结构含无缝能量表面,且第二结构含有显示器和显示器电子件。

[0313] 一个或多个额外光学元件可安装在每个松散相干的光学中继器的前方或其末端后方。这些额外元件可通过环氧树脂、压力、机械结构或所属领域中已知的其它方法安装。

[0314] 图2000是实施例的俯视图说明,其中无缝能量表面2002是由锥形光学中继器2004形成的显示器,而显示装置2006和用于显示器电子件2008的机械外壳位于距锥形中继器2004一定距离处。从显示装置2006到锥形光学中继器2004中继光的是松散相干的光学中继器2010,其各自在任一端处具有端盖2012。实施例2000允许显示装置2006安置在远离能量表面2002的2008的远端位置处,以确保显示装置2006的机械外壳不干扰能量表面2002的定位。

[0315] 光学元件可呈现不同长度以在形成于交替结构中时视需要提供偏移电子件且能够通过电子外壳宽度减光学元件宽度的差来增大密度。在一个所述实施例中,5×5光学中继器镶嵌图案含有两个交替的光学中继器长度。在另一实施例中,5×5光学中继器镶嵌图案可含有5个不同光学中继器长度,从而产生角锥式结构,其中阵列中心处的长度最长,从而为所得光学中继器镶嵌图案产生较高总密度。

[0316] 图21是实施例2100的侧视图说明,其中无缝显示表面2108由九个锥形光学中继器2102形成,每个中继器通过具有五个偏移长度1、2、3、4或5中的一个长度的光学面板与显示装置2104相关联,使得没有两个邻近显示装置2104连接到相同偏移长度的面板,从而为显示器电子件的相应机械外壳2105提供足够的空隙2106。

[0317] 光场和全息波导阵列中的能量的选择性传播

[0318] 图22说明可用于限定多个能量传播路径22108的能量波导系统22100的实施例的自上向下的透视图。能量波导系统22100包括能量波导22112阵列,其被配置成沿着多个能量传播路径22108引导自其穿过的能量。在实施例中,多个能量传播路径108延伸通过阵列第一侧22116上的多个能量位置22118到达阵列第二侧22114。

[0319] 参考图22和图24A-H,在实施例中,多个能量传播路径22108的第一子集24290延伸通过第一能量位置22122。第一能量波导22104被配置成沿着多个能量传播路径22108的第一子集24290中的第一能量传播路径22120引导能量。第一能量传播路径22120可由在第一能量位置22122和第一能量波导22104之间形成的第一主射线22138限定。第一能量传播路径22120可包括形成于第一能量位置22122与第一能量波导22104之间的射线22138A和22138B,其由第一能量波导22104分别沿着能量传播路径22120A和22120B引导。第一能量传播路径22120可从第一能量波导22104朝向阵列第二侧22114延伸。在实施例中,沿着第一能量传播路径22120引导的能量包括能量传播路径22120A与22120B之间的或包含能量传播路径22120A和22120B的一个或多个能量传播路径,其在大体上平行于第一主射线22138传播通过第二侧22114的方向上被引导通过第一能量波导22104。

[0320] 实施例可被配置成使得沿着第一能量传播路径22120引导的能量可以在大体上平行于能量传播路径22120A和22120B且平行于第一主射线22138的方向上离开第一能量波导22104。可假定延伸通过第二侧22114上的能量波导元件22112的能量传播路径包括具有大体上类似传播方向的多个能量传播路径。

[0321] 图23是能量波导系统23000的实施例的正视图说明。第一能量传播路径23120可朝向阵列第二侧在延伸自第一能量波导23104的独特方向23208上延伸,所述独特方向至少由第一能量位置23122确定。第一能量波导23104可由空间坐标23204限定,且至少由第一能量位置23122确定的独特方向23208可由角坐标23206限定,所述角坐标限定第一能量传播路径23120的方向。空间坐标23204和角坐标23206可形成四维全光坐标集23210,其限定第一

能量传播路径23120的独特方向23208。

[0322] 返回参考图22,在实施例,沿着第一能量传播路径22120通过第一能量波导22104引导的能量大体上填充第一能量波导22104的第一孔径22134,并且沿着位于能量传播路径22120A和22120B之间且平行于第一能量传播路径22120的方向的一个或多个能量传播路径传播。在实施例,大体上填充第一孔径22134的一个或多个能量传播路径可包括大于50%的第一孔径22134直径。

[0323] 在优选实施例中,沿着第一能量传播路径22120引导通过第一能量波导22104的大体上填充第一孔径22134的能量可包括50%到80%之间的第一孔径22134直径。在实施例中,大体上填充第一孔径22134的通过第一能量波导22104的第一能量传播路径22120可包括不同程度的第一孔径22134直径。

[0324] 再次转向图22和24A-H,在实施例,能量波导系统22100可进一步包括能量抑制元件22124,所述能量抑制元件被定位成限制第一侧22116与第二侧22114之间的能量的传播,且抑制邻近波导22112之间的能量传播。在实施例,能量抑制元件被配置成抑制沿着多个能量传播路径22108的第一子集24290中未延伸通过第一孔径22134的部分的能量传播。在实施例,能量抑制元件22124可位于能量波导22112阵列和多个能量位置22118之间的第一侧22116上。在实施例,能量抑制元件22124可位于多个能量位置22118与能量传播路径22108之间的第二侧22114上。在实施例,能量抑制元件22124可位于与能量波导22112阵列或多个能量位置22118正交的第一侧22116或第二侧22114上。

[0325] 在实施例,沿着第一能量传播路径22120引导的能量可与沿着第二能量传播路径22126通过第二能量波导22128引导的能量会聚。第一和第二能量传播路径可会聚在阵列22112的第二侧22114上的位置22130处。在实施例,第三能量传播路径22140和第四能量传播路径22141也可会聚在阵列22112的第一侧22116上的位置22132处。在实施例,第五能量传播路径22142和第六能量传播路径22143也可会聚在阵列22112的第一侧22116与第二侧22114之间的位置22136处。

[0326] 在实施例,能量波导系统22100可包括用于引导能量的结构,如:被配置成改变从其穿过的能量的角度方向的结构,例如折射、衍射、反射、梯度折射率、全息或其它光学元件;包括至少一个数值孔径的结构;被配置成重新引导能量离开至少一个内表面的结构;光学中继器;等。应了解,波导22112可包含双向能量引导结构或材料中的任一个或组合,如:

[0327] a) 折射、衍射或反射;

[0328] b) 单个或组合式多层元件;

[0329] c) 全息光学元件和数字编码的光学件;

[0330] d) 3D打印元件或光刻原件或复制品;

[0331] e) 菲涅耳透镜、光栅、波带板、二元光学元件;

[0332] f) 逆反射元件;

[0333] g) 光纤、全内反射或安德森局域化;

[0334] h) 梯度折射率光学件或各种折射率匹配材料;

[0335] i) 玻璃、聚合物、气体、固体、液体;

[0336] j) 声学波导;

[0337] k) 微米级和纳米级元件;或

[0338] 1) 偏振、棱镜或分束器。

[0339] 在实施例中,能量波导系统双向传播能量。在实施例中,能量波导被配置成用于传播机械能。在实施例中,能量波导被配置成用于传播电磁能。在实施例中,通过在能量波导元件内的一个或多个结构内和包括能量波导系统的一个或多个层内交错、层叠、反射、组合或以其它方式提供适当的材料特性,能量波导被配置成用于同时传播机械能、电磁能和/或其它形式的能量。

[0340] 在实施例中,能量波导在4D坐标系内分别以u和v的不同比率传播能量。在实施例中,能量波导以畸变函数(anamorphic function)传播能量。在实施例中,能量波导包括沿着能量传播路径的多个元件。在实施例中,能量波导直接由光纤中继器抛光表面形成。在实施例中,能量波导系统包括呈现横向安德森局域化的材料。在实施例中,能量波导系统传播超高音速频率以在立体空间中会聚触感。

[0341] 图24A-H为能量抑制元件22124的各种实施例的说明。为了避免疑惑,这些实施例出于示例性目的而提供,且决不局限于本公开的范围内提供的组合或实施方案的范围。

[0342] 图24A说明多个能量位置24118的实施例,其中能量抑制元件24251邻近能量位置24118的表面而放置,且包括指定的折射、衍射、反射或其它能量改变特性。能量抑制元件24251可被配置成通过抑制沿着能量传播路径24252的能量传播而将能量传播路径的第一子集24290限制于更小范围的传播路径24253。在实施例中,能量抑制元件是数值孔径小于1的能量中继器。

[0343] 图24B说明多个能量位置24118的实施例,其中将能量抑制结构24254正交置于能量位置24118的区域之间,并且其中能量抑制结构24254呈现吸收性特性,并且其中抑制能量结构24254沿着能量传播路径24256具有限定的高度,使得某些能量传播路径24B255被抑制。在实施例中,能量抑制结构24254是六边形的形状。在实施例中,能量抑制结构24254是圆形的形状。在实施例中,能量抑制结构24254的形状或大小沿着传播路径的任何定向是不均匀的。在实施例中,能量抑制结构24254嵌入于具有额外特性的另一结构内。

[0344] 图24C说明多个能量位置24118,其中第一能量抑制结构24257被配置成将自其穿过而传播的能量24259大体上定向成第一状态。第二能量抑制结构24258被配置成允许大体上定向成第一状态的能量24259自其穿过而传播,且限制大体上以与第一状态不相似的方式定向的能量24260的传播。在实施例中,能量抑制元件24257、24258是能量偏振元件对。在实施例中,能量抑制元件24257、24258是能量波带通元件对。在实施例中,能量抑制元件24257、24258是衍射波导对。

[0345] 图24D说明多个能量位置24118的实施例,其中能量抑制元件24261被构造成取决于能量传播路径24263延伸通过多个能量位置24118中的哪些能量位置而将能量传播路径24263改变到某一范围。能量抑制元件24261可沿着能量传播路径24263以均匀或不均匀方式改变能量传播路径24263,使得某些能量传播路径24262被抑制。能量抑制结构24254正交置于能量位置24118的区域之间,并且其中能量抑制结构24254呈现吸收性特性,并且其中抑制能量结构24254沿着能量传播路径24263具有限定高度,使得某些能量传播路径24262被抑制。在实施例中,抑制元件24261是场透镜。在实施例中,抑制元件24261是衍射波导。在实施例中,抑制元件24261是弯曲波导表面。

[0346] 图24E说明多个能量位置24118的实施例,其中能量抑制元件24264提供吸收性特

性以限制能量24266的传播,同时允许其它传播路径24267进行传送。

[0347] 图24F说明多个能量位置24118和多个能量波导24112的实施例,其中第一能量抑制结构24268被配置成将自其穿过而传播的能量24270大体上定向成第一状态。第二能量抑制结构24271被配置成允许大体上定向成第一状态的能量24270自其穿过而传播,且限制大体上以与第一状态不相似的方式定向的能量24269的传播。为了进一步控制通过系统的能量传播,例如杂散能量传播24272,能量抑制结构24268、24271可能需要组合式能量抑制元件来确保能量传播维持准确的传播路径。

[0348] 图24G说明多个能量位置24118的实施例,并且其中能量抑制元件24276提供吸收性特性来限制沿着能量传播路径24278的能量传播,同时针对波导阵列24112内的有效孔径24284,允许沿着能量传播路径24277的其它能量穿过能量波导对24112。在实施例中,能量抑制元件24276包括黑铬。在实施例中,能量抑制元件24276包括吸收性材料。在实施例中,能量抑制元件24276包括透明像素阵列。在实施例中,能量抑制元件24276包括阳极化材料。

[0349] 图24H说明包括多个能量位置24118和多个能量波导24112的实施例,其中第一能量抑制结构24251邻近能量位置24118的表面放置,且包括指定的折射、衍射、反射或其它能量改变特性。能量抑制结构24251可被配置成通过抑制沿着能量传播路径24274的能量传播而将能量传播路径的第一子集24290限制于更小范围的传播路径24275。第二能量抑制结构24261被构造成取决于能量传播路径24275延伸通过多个能量位置24118中的哪些能量位置而将能量传播路径24275改变到某一范围。能量抑制结构24261可以均匀或不均匀的方式改变能量传播路径24275,使得某些能量传播路径24274被抑制。第三能量抑制结构24254正交置于能量位置24118的区域之间。能量抑制结构24254呈现吸收性特性,且沿着能量传播路径24275具有限定高度,使得某些能量传播路径24274被抑制。能量抑制元件24276提供吸收性特性以限制能量24280的传播,同时允许能量24281穿过。类似或相异波导元件24112的组合式系统被定位成来自多个能量位置24118的能量大体上填充有效波导元件孔径24285,且如特定系统所限定来改变能量的传播路径24273。

[0350] 在实施例中,能量抑制元件24276可以包括用于衰减或修改能量传播路径的结构。在实施例中,能量抑制元件24276可包含一个或多个能量吸收元件或壁,所述一个或多个能量吸收元件或壁定位在系统内以限制能量到波导24112或能量从波导24112的传播。在实施例中,能量抑制元件24276可包含指定的数值孔径,所述数值孔径定位在系统内以限制到波导24112能量和来自波导24112的能量的角度分布。

[0351] 在实施例中,能量抑制元件24276可包含一个或多个能量阻挡壁、结构、金属、塑料、玻璃、环氧树脂、颜料、液体、显示技术或其它吸收或结构材料,其中能量位置24122的平面和波导阵列平面之间具有确定厚度,所述波导阵列平面具有高达波导孔径直径间距的空隙或结构。

[0352] 在实施例中,能量抑制结构24254位于第一能量位置22122附近,并且包括与第一能量位置22122相邻的光学中继器面板。在实施例中,能量抑制元件24276可包含光学中继器面板,所述光学中继器面板包括一个或多个空间一致或可变的数值孔径,其中数值孔径值有意义地限制了进出波导24112的能量的角度分布。例如,数值孔径的实施例可经设计以提供等于或接近在能量位置之间形成且垂直于有效波导元件大小、入射光瞳、孔径或用于能量传播的其它物理参数的中心的视场的两倍的角度的分布,从而为指定的波导孔径24285

提供离轴填充因数。

[0353] 在实施例中,能量抑制元件24276可包含二元、梯度折射率、菲涅耳、全息光学元件、波带板,或改变通过系统的能量波的路径以减少散射、漫射、杂散光或色差的其它衍射光学元件。在实施例中,能量抑制元件24276可包含在位置处或在位置周围的正或负光学元件,其中改变能量传播路径以进一步增加波导孔径24285的填充因数或减少杂散光。在实施例中,能量抑制元件24276可包含主动或被动偏振元件以及第二主动或被动偏振元件,所述第二主动或被动偏振元件经设计以提供能量位置22122、波导孔径24285或其它区域的限定区域的空间或时间复用衰减。在实施例中,能量抑制元件24276可包含主动或被动孔径光阑屏障,所述主动或被动孔径光阑屏障经设计以提供能量位置24122、波导孔径24276或其它区域的限定区域的空间或时间复用衰减。在实施例中,能量抑制元件24276可包含以下中的任一个或其任何组合:

- [0354] a) 物理能量挡板结构;
- [0355] b) 立体、锥形或有刻面的机械结构;
- [0356] c) 孔径光阑或光罩;
- [0357] d) 光学中继器和受控制的数值孔径;
- [0358] e) 折射、衍射或反射;
- [0359] f) 逆反射元件;
- [0360] g) 单个或组合式多层元件;
- [0361] h) 全息光学元件和数字编码的光学件;
- [0362] i) 3D打印元件或光刻原件或复制品;
- [0363] j) 菲涅耳透镜、光栅、波带板、二元光学元件;
- [0364] k) 光纤、全内反射或安德森局域化;
- [0365] l) 梯度折射率光学件或各种折射率匹配材料;
- [0366] m) 玻璃、聚合物、气体、固体、液体;
- [0367] n) 毫米级、微米级和纳米级元件;以及
- [0368] o) 偏振、棱镜或分束器。

[0369] 在实施例中,能量抑制结构24254可被构造成包含以六边形封装的能量阻挡挡板,所述能量阻挡挡板经构造以形成沿着Z轴逐渐变细的空隙,从而在到达波导系统的孔径光阑位置时减小空隙大小。在另一实施例中,能量抑制结构24254可经构造以包含与光学中继器面板接合的以六边形封装的能量阻挡挡板。在另一实施例中,能量抑制结构24254可经构造以包含以六边形封装的能量阻挡挡板,所述能量阻挡挡板填充有所规定的折射率以进一步改变进出能量波导阵列的能量波投射路径。在另一实施例中,衍射或折射元件可利用限定的波导规定放置、附接或接合到能量阻挡挡板上,以进一步改变进出波导元件24112的能量投射路径。在另一示例中,能量抑制结构24254可形成为单个机械组件,并且能量波导阵列24254可放置、附接或接合到已组装的能量抑制元件24254。应了解,可以利用其它实施方案来实现其它能量波导配置或超分辨率考虑因素。

[0370] 在实施例中,能量抑制结构24254可位于第一能量波导22122附近,且基本上朝向第一能量位置24104延伸。在实施例中,能量抑制结构24254可位于第一能量波导24104附近,且基本上朝向第一能量位置22122延伸。

[0371] 在实施例中,能量抑制元件被配置成用于抑制电磁能。在实施例中,能量抑制元件被配置成用于抑制机械能。在实施例中,通过在能量抑制元件内的一个或多个结构内和包括能量波导系统的一个或多个层内,交错、层叠、反射、组合或以其它方式提供适当的材料特性,能量抑制元件被配置成用于同时衰减机械能、电磁能和/或其它形式的能量。

[0372] 在实施例中,能量波导阵列可被布置成形成平面表面,或具有所需形状的弯曲表面。图28为具有布置成弯曲配置的能量波导阵列28102的实施例28100的说明。

[0373] 本公开的实施例可被配置成引导具有属于电磁波谱的任何波长的能量,包含可见光、紫外光、红外光、x射线,等。本公开还可被配置成引导其它形式的能量,例如声学声音振动和触觉压力波。

[0374] 图25是能量波导系统25300的额外实施例的说明。能量波导系统25300可限定多个能量传播路径25304,并且可包括反射器元件25314,所述反射器元件包括:位于反射器元件25314的第一侧25310上的第一反射器25306,所述第一反射器25306包括穿过其形成的一个或多个孔径光阑25316;以及位于反射器元件25314的第二侧25312上的第二反射器25308,所述第二反射器25308包括穿过其形成的一个或多个孔径光阑25318。第一反射器25306和第二反射器25308被配置成沿着多个能量传播路径25304引导能量,所述多个能量传播路径延伸通过第一和第二反射器的孔径光阑25316、25318和在反射器元件25314的第一侧25310上的多个能量位置25320。多个能量传播路径25304的第一子集25322延伸通过第一能量位置25324。反射器元件25314被配置成沿着多个能量传播路径25304的第一子集25322的第一能量传播路径25326引导能量。

[0375] 在实施例中,第一能量传播路径25326可由在第一能量位置25324和第一反射器25306的第一孔径光阑25328之间形成的第一主射线25338限定。第一能量传播路径25326可在从第二反射器25308的第一孔径光阑25330延伸,至少通过第一能量位置25324确定的独特方向上从第二反射器25308的第一孔径光阑25330朝向反射器元件25314的第二侧25312延伸。

[0376] 在实施例中,沿着第一能量传播路径25326引导的能量大体上填充第一反射器25306的第一孔径光阑25328和第二反射器25308的第一孔径光阑25330。

[0377] 在实施例中,能量抑制元件25332可被定位成限制能量沿着多个能量传播路径25304的第一子集25322中未延伸通过第一反射器25306的第一孔径光阑25328的部分25350的传播。

[0378] 在能量是光且能量波导可用于引导所述光的实施例中,通过完美的抛物面结构,穿过第一反射器的焦点或从第一反射器的焦点传递的任何射线将平行于光轴进行反射,通过第二反射器反射,然后在反向定向上以相同角度中继。

[0379] 在实施例中,第一反射器和第二反射器具有不同焦距,以便产生不同的能量信息的放大率和/或改变观察者从第二反射器的表面上方观察所反射信息时的角度视场覆盖度。孔径光阑可针对不同设计目的而具有不同大小以及不同焦距。

[0380] 提供其中两个反射表面均为锥形的、有刻面的、以非线性形状弯曲的或呈其它形状的额外实施例。这一弯曲的设计对于确保显示信息和观察到的信息可具有非线性关系以改变或简化信号处理来说是至关重要的。

[0381] 在实施例中,能量波导包括柔性反射表面,所述柔性反射表面能够动态地改变反

射表面轮廓以改变通过能量波导系统的能量的传播路径。

[0382] 在实施例中,包含但不限于反射或光学元件、双折射材料、液体透镜、折射、衍射、全息等的额外波导可位于能量传播路径内的任何位置。通过此方法,一个所述实施例提供一种使得在观察时,观察角度处于与原本提供的孔径光阑和焦距显著不同的位置处的设计。图26展现此方法的一个所述应用。

[0383] 图26为能量波导系统26700的实施例的说明。能量波导系统26700分别包括第一反射器26702和第二反射器26704。位于第一反射器26702的焦点处的是垂直于能量位置26708的额外光学元件26706和能量抑制器26707。额外光学元件经设计以影响通过能量波导系统26700传播的能量的能量传播路径。额外波导元件可包含于能量波导系统26700内,或额外能量波导系统可放置到能量传播路径中。

[0384] 在实施例中,能量波导元件阵列可包含:

[0385] a) 能量波导阵列的六边形封装;

[0386] b) 能量波导阵列的正方形封装;

[0387] c) 能量波导阵列的不规则或半规则封装;

[0388] d) 弯曲或非平面的能量波导阵列;

[0389] e) 球面能量波导阵列;

[0390] f) 圆柱形能量波导阵列;

[0391] g) 倾斜的规则能量波导阵列;

[0392] h) 倾斜的不规则能量波导阵列;

[0393] i) 空间变化的能量波导阵列;

[0394] j) 多层能量波导阵列;

[0395] 图27突显了能量波导元件阵列的正方形封装27901、六边形封装27902和不规则封装27903之间的差异。

[0396] 迄今为止已说明用于CES粒子和材料预形成形式的若干不同几何形状。本公开的一个重要方面为可利用材料的任何布置或几何形状,只要其遵守先前所论述的有序分布的准则即可。然而,预熔合中继器材料几何形状可对材料的局域化和能量传播特性的效率具有显著影响。某些几何形状,被称为凸一致镶嵌(convex uniform tiling),可通过以有效配置布置材料而提供中继器材料的有利分布。

[0397] Laves镶嵌具有在规则多边形的中心处的顶点,以及连接共享边缘的规则多边形的中心的边缘。Laves镶嵌的平铺块被称为普拉尼多边形(planigon),包含3个规则平铺块(三角形、正方形和五边形)和8个不规则平铺块。每个顶点具有围绕其均匀间隔开的边缘。普拉尼多边形的三维类似物称为立体多面体(stereohedron)。

[0398] 可通过Wythoff构造(由Wythoff符号或Coxeter-Dynkin图式表示)来制得所有反射形式,所述Wythoff构造各自对三种Schwarz三角形(4,4,2)、(6,3,2)或(3,3,3)中的一种操作,其中由以下Coxeter群组表示对称性:[4,4]、[6,3]或[3[3]]。无法通过Wythoff过程构造仅一个均匀镶嵌,但可通过三角形镶嵌的伸长来制造。还存在正交镜构造 $[\infty, 2, \infty]$,其视为制造矩形基本域的两组平行镜。如果域为正方形,那么此对称性可以通过对角镜加倍到[4,4]族中。我们在此临时案内公开可利用的几何形状。

[0399] 渗流模型将采用规则网格,比如正方形网格,并且通过以统计上独立的概率p随机

地“占据”位点(顶点)或键(边缘)将其制成随机网络。在临界阈值 p_c 下,首先出现大型集群和长程连接性,且这被称为渗流阈值。取决于用于获得随机网络的方法,区分位点渗流阈值与键渗流阈值。更通用系统具有若干概率 p_1 、 p_2 等,且过渡的特征在于关键表面或歧管。还可考虑连续区系统,例如重叠随机放置的磁盘和球体,或负空间。

[0400] 当位点或键的占据完全随机时,这是所谓的Bernoulli渗流。对于连续区系统,随机占据对应于通过Poisson过程放置的点。其它变化涉及相关渗流,如与铁磁体的Ising和Potts模型有关的渗流集群,其中通过Fortuin-Kasteleyn法建立键。在自举(bootstrap)或 k -sat渗流中,首先占据位点和/或键,并且然后如果位点不具有至少 k 个相邻者,那么从系统连续地剔除所述位点和/或键。渗流的另一重要模型(在完全不同的通用类别中)是定向渗流,其中沿着键的连接性取决于流动的方向。

[0401] 简单地,在两个维度中的对偶性意味着所有完全三角剖分网格(fully triangulated lattice)(例如,三角形、米字旗形(union jack)、交叉对偶、马提尼对偶(martini dual)和麻叶(asanoha)或3-12对偶,以及狄洛尼三角剖分(Delaunay triangulation))都具有 $1/2$ 的位点阈值,并且自对偶网格(正方形、马提尼-B)具有 $1/2$ 的键阈值。

[0402] 利用平铺结构可具有改变相应全息像素纵横比的结果,同时在空间上和/或体积上提供视场的变化。

[0403] 波纹或重复图案的减少还可提供增加的有效分辨率,且同时借助于可寻址的各种会聚位置提供较高的潜在精确程度(景深增加)。还可通过对于应用来说更理想在潜在维度中填充更有效的分辨率(通过不必利用重复单个定向或图案)来实现增加的分辨率效率。

[0404] 能量波导可在玻璃或塑料衬底上制造,以在需要时特定地包含光学中继器元件,并且可设计有玻璃或塑料光学元件,以在需要时特定地包含光学中继器。此外,能量波导可为有刻面的,从而用于提供多个传播路径或其它列/行或棋盘定向的设计,特别是考虑到但不限于由分束器或棱镜间隔开,或针对允许平铺的波导配置平铺,或单个整体式板,或平铺成弯曲布置(例如,有刻面的柱体或几何形状变成平铺块以便相应地匹配的球状)的多个传播路径,弯曲表面包含但不限于特定应用所需要的球状和圆柱形或任何其它任意几何形状。

[0405] 在能量波导阵列包括弯曲配置的实施例,弯曲波导可通过热处理或通过直接在弯曲表面上制造以包含光学中继器元件来产生。

[0406] 在实施例中,能量波导阵列可抵靠其它波导,并且可取决于特定应用而覆盖整个墙壁和/或天花板和或房间。波导可明确地经设计以用于衬底上或衬底下安装。波导可经设计以直接匹配到能量表面,或偏移有气隙或其它偏移介质。波导可包含对准设备,所述对准设备提供作为永久性夹具或工具元件而主动地或被动地聚焦平面的能力。所描述的几何形状的目的是帮助优化由波导元件的法线和所表示的图像限定的观察角度。对于极大的能量表面平面表面,在表面的最左侧和最右侧的大部分角度样品主要在环境的观察体积之外。对于相同的能量表面,通过弯曲轮廓和弯曲波导,显著提高了使用这些传播射线中的更多个来形成会聚体积的能力。然而,这是以在离轴时可用信息为代价的。设计的应用特定性质通常指示将实施这些提出的设计中的哪些。此外,波导可设计有规则的、渐变的或区域性的元件结构,所述元件结构与额外波导元件一起制造以使元件朝向预定波导轴线倾斜。

[0407] 在能量波导是透镜的实施例，实施例可包含凸面和凹面微透镜，并且可包含将透镜直接制造到光学中继器表面上。这可涉及破坏或添加微透镜制造工艺，以包含去除形成或印模的材料和微透镜轮廓，或直接制造到此表面上的直接复制品。

[0408] 实施例可包含多个分层式波导设计，从而实现额外的能量传播优化和角度控制。所有上述实施例可独立地或结合此方法组合到一起。在实施例中，可设想多个分层式设计，其中在第一波导元件上具有倾斜的波导结构，且第二波导元件具有区域性变化的结构。

[0409] 实施例包含作为单个波导接合在一起的每元件或每区域液体透镜波导的设计和制造。此方法的额外设计包含单个双折射或液体透镜波导电学单元，所述单元可同时修改整个波导阵列。此设计提供动态地控制系统的有效波导参数的能力，而不用重新设计波导。

[0410] 在被配置成引导光的实施例中，通过本文所提供的本公开的任何组合，有可能生成壁装式2D、光场或全息显示器。壁装式配置经设计以使得观察者看到可能浮动在所设计显示表面的前面、在所设计显示表面处或在所设计显示表面的后面的图像。通过此方法，取决于特定显示要求，射线的角度分布可为均匀的，或在空间中的任何特定位置处具备增加的密度。以此方式，有可能将波导配置成依据表面轮廓改变角度分布。例如，对于垂直于显示表面和平面波导阵列的给定距离，光学完美的波导将在显示器的垂直中心处提供增加的密度，其中射线分隔距离沿着到显示器的给定垂直距离逐渐增加。相反地，如果在显示器径向周围观察射线，其中观察者保持眼睛和显示器的中心点之间的距离，那么观察到的射线将在整个视场上保持一致的密度。取决于预期观察条件，每个元件的特性可通过改变波导函数来优化，以产生优化任何所述环境的观察体验的任何潜在的射线分布。

[0411] 图29是实施例29200的说明，其突显了单个波导元件函数29202可如何在径向观察环境29206上产生相同的能量分布29204，而相同的波导元件函数29202在平行于波导表面29210的恒定距离29208处传播时看起来在波导表面的波导元件中心29212处呈现增加的密度且在更远离波导表面的中心29212的位置呈现减小的密度。

[0412] 图30是实施例30300的说明，其说明配置波导元件函数30302以在围绕波导表面30306的中心的半径30308周围测量时，在平行于波导表面30306的恒定距离30304处呈现均匀密度，同时在波导表面30306的中心30310处产生明显更低的密度。

[0413] 生成在场距离上改变采样频率的波导函数的能力是各种波导畸变的特征并且是所属领域中已知的。传统地，不希望在波导函数中包含畸变，然而，出于波导元件设计的目的，这些为声称是取决于所需的特定观察体积进一步控制和分布能量传播的能力的益处所有特征。取决于观察体积要求，可能需要在整个波导阵列上添加多个函数或层或函数梯度。

[0414] 在实施例中，通过能量表面和/或波导阵列的弯曲表面进一步优化函数。主射线角的法线相对于能量表面自身的变化可进一步提高效率，且需要不同于平面表面的函数，但波导函数的梯度、变化和/或优化仍然适用。

[0415] 另外，考虑到波导拼接方法，利用所得的经优化波导阵列，有可能通过平铺波导和系统中的每一个以产生任何所需大小或外观尺寸而进一步增加波导的有效大小。重要的是要注意，由于在任两个单独衬底之间产生的反射、机械接缝处的明显对比度差异，或由于任何形式的非正方形栅格封装模式，波导阵列可能会呈现不同于能量表面的接缝伪像。为了消除此作用，可以产生更大的单个波导，可以在任两个表面的边缘之间利用折射匹配材料，

或可以采用规则的波导栅格结构来确保没有元件在两个波导表面之间是分离的,和/或可以利用能量抑制元件之间的精确切割和沿着非正方形波导栅格结构的接缝。

[0416] 利用此方法,有可能产生房间规模的2D、光场和/或全息显示器。这些显示器可无缝跨越较大平面的或弯曲的壁,可产生而以立方体方式覆盖所有壁,或可按弯曲配置产生,其中形成圆柱形形状或球面型形状以增大整个系统的观察角度效率。

[0417] 或者,有可能设计一种扭曲所传播的能量以几乎消除所需观察角度不需要的区域从而引起能量传播的不均匀分布的波导函数。为了实现这一点,可以实施环面形状的光学轮廓、环形透镜、同心棱镜阵列、菲涅耳或衍射函数,二元、折射、全息和/或任何其它波导设计,其可以实现更大孔径和更短焦距(在本文中将被称为“菲涅耳微透镜”)以提供实际上形成单元件或多元件(或多片材)菲涅耳波导阵列的能力。取决于波导配置,这可以与或不与额外的光学器件组合,包含额外的波导阵列。

[0418] 为了产生宽能量传播角度(例如,180度),需要极低的有效 $f/\text{数}$ (例如, $<f/.5$),并且为了确保不会出现4D“盘翻转”(来自一个波导元件的射线看到在任何第二波导元件的下方的非所需能量位置的能力),进一步需要焦距与所需观察角度以适当方式紧密地匹配。这意味着为了产生约160度观察体积,需要约为 $f/.17$ 的透镜和几乎匹配的约为.17mm的焦距。

[0419] 图31说明其中多个能量波导包括衍射波导元件31402的实施例31400,并展现一个所提出的用于经修改菲涅耳波导元件结构31404的结构,所述结构产生有效极短的焦距和低 $f/\text{数}$,同时将能量射线引导到明确限定的位置31406。

[0420] 图32说明其中多个能量波导包括元件32502的实施例32500,并且展现所述波导配置32506可如何用于阵列以提供所需观察体积32504的全密度的射线传播。

[0421] 所提出的经修改波导配置的另一实施例提供一种沿着横向或纵向定向中的任一个或两个产生具有某一折射率的两种或更多种材料的径向对称或螺旋形环或梯度(其间隔预定量,其中每个环间距具有直径 X ,其中 X 可为恒定或可变的)的方法。

[0422] 在另一实施例中,针对壁装式和/或桌装式波导结构以及所有基于房间或环境的波导结构(其中多个波导是平铺的),所有射线的均等或非线性分布在具有或不具有经修改波导配置的情况下产生。

[0423] 通过波导阵列,有可能产生在空间中会聚在并不位于显示器自身的表面上的位置处的所投射的光的平面。通过对这些射线进行射线追踪,可以清楚地看到所涉及的几何形状和会聚射线如何可以在屏幕中(远离观察者)以及在屏幕外(朝向观察者)或同时在屏幕中和在屏幕外呈现。当平面在具有传统波导阵列设计的平面显示器上远离观察者移动时,平面倾向于随着观察点景体生长,并且取决于起作用的照明源的数目可能会被显示器自身的物理框架遮挡。相比之下,当平面在具有传统波导阵列设计的平面显示器上朝向观察者移动时,平面倾向于随着观察点景体缩小,但是可以在指定位置从所有角度观察到,只要观察者处于向眼睛呈现能量的角度,并且虚拟平面没有移动超出在观察者和有源显示区域的远边之间形成的角度即可。

[0424] 在一个实施例中,观察到的一个或多个2D图像在屏幕外呈现。在另一实施例中,观察到的一个或多个2D图像在屏幕中呈现。在另一实施例中,观察到的一个或多个2D图像同时在屏幕中和/或在屏幕外呈现。在另一实施例中,观察到的一个或多个2D图像与其它立体元素组合呈现,或出于其它平面设计或交互原因而呈现为文本。

[0425] 在另一实施例中,观察到的一个或多个2D图像呈现的有效2D分辨率比原本表明的X和Y波导元件的物理数目高,这是因为射线能够在空间中以高于物理元件的密度会聚。

[0426] 此方法的新颖性在于它完全有可能制造一种全息显示器,这个全息显示器产生立体成像功能,以及极高分辨率2D图像,以使得显示器中的波导在平面和立体图像之间无缝移动或产生其它有趣效果不再需要其它机械或电子设备或改变。

[0427] 通过此特性,有可能以编程方式隔离某些照明源,从而呈现给仅在一些特定角度对显示器可见的观察者。

[0428] 在一个实施例中,在每个波导元件下方以与观察者的眼睛成三角形且呈现仅从观察者在空间中的位置可见的图像的角度照明单个像素或一组像素。

[0429] 在另一实施例中,同时呈现第二照明源或第二组照明源以与一位置成三角形,所述位置仅可由第二观察者观察且含有可与呈现给第一观察者的第一图像相同或不同的图像。为了避免疑惑,这可为X个可寻址观察点,其中X表示可能是一个或多个的可个别寻址的观察点的数目。

[0430] 在另一实施例中,利用眼睛、视网膜、对象等所属领域中已知的利用传感器和算法跟踪来呈现这些图像,从而使照明的像素位置动态地变化,以便将图像动态地呈现给观察者和每个波导元件下方的像素之间的成三角形的位置。这可应用于一个或多个观察者。可将跟踪执行为2D过程或3D/立体过程,或利用所属领域中已知的其它深度感测技术。

[0431] 在一个实施例中,第一区和第二区的轮廓均为抛物面形,其中第一区的焦点位于第二区的顶点处,且第二区的焦点位于第一区的顶点处,并且显示表面位于在第二区的顶点处的开口处,且等同于显示表面的直径的开口呈现给位于第一区的顶点处的第二区的顶点。通过这种方法,显示表面图像将看起来像是漂浮在不具有任何物理表面的表面上,因为从离轴观察点观察到的穿过第二区的焦点的射线将从第二区表面反射,并且从第一表面平行,并且然后在从第一区到显示表面的反向定向上与观察位置成相同角度。

[0432] 在实施例中,双抛物面中继器系统包含两个反射区域,其各自的焦点位于另一反射器的顶点处,显示表面位于第二区的顶点处,且开口等同于位于第一区处产生显示表面的虚拟图像的所呈现显示表面的直径。在利用波导阵列、全息或光场显示器的情况下,观察到的图像将保持全息数据的性质,并且看起来像是在不具有物理显示表面的空间中漂浮。

[0433] 在另一实施例中,区域二的焦点位置是不同的,从而产生放大或缩小。在第二实施例中,所述区域具有匹配的焦距,并且彼此偏移大于焦距的距离,以便以增加的放大率产生虚拟图像。

[0434] 在另一实施例中,制造抛物面轮廓以适应特定形状,使得与显示器不同的观察位置以适应各种显示表面几何形状或其它所需观察角度或条件。

[0435] 在另一实施例中,所述区域含有多个刻面,以便独立地通过刻面区传播光线,而不是作为单一表面来传播光线。

[0436] 在另一实施例中,反射表面由能量中继器形成,使得能量表面的“主射线角”CRA超出从应用于一个或多个表面的曲线可能的观察角度,其中原本将为反射表面的第一表面具有某一几何轮廓,同时波导元件的另一端处的第二表面具有某一几何轮廓,且累积地所述表面具有从观察者位置反射能量的CRA,且可实施第二表面处的能量表面面板的添加,从而提供从观察者的直接位置不可观察的能量信息,但可通过一个或多个反射表面和相关联的

校准过程间接地提供能量信息,需要所述校准过程以计算关于最终所观察数据的反射成像数据。

[0437] 用以传播二维、光场和全息能量的双向无缝能量表面的配置

[0438] 图33A到33D说明根据本公开的四个实施例的平铺多个能量波导系统以形成不同形状的无缝环境的四个透视图。图33A说明大格式聚合无缝能量表面33910的透视图。图33B说明六面聚合无缝表面环境33920的透视图。图33C说明圆柱形聚合能量环境33930的透视图。图33D说明内部具有透明平台33950的球面聚合能量表面环境33940的透视图。

[0439] 利用所得优化能量系统能量波导和表面接缝工艺,有可能通过平铺能量表面和波导元件中的每一个以产生所需的任何大小、形状或外观尺寸来进一步增大系统的有效大小。重要的是应注意,波导元件可能通过非正方形栅格波导元件封装模式呈现接缝伪像。为了抵消此作用,可产生更大的单个波导,可在任两个表面的边缘之间利用折射匹配材料并切割到指定环境所需的角度(例如,彼此成90度放置的系统可能需要45度边框切割以简化接合,但也可利用其它方法),和/或可以采用规则的波导栅格结构来确保没有波导元件在两个波导表面之间是分离的。此外,有可能利用非正方形栅格波导元件结构且形成复杂机械接缝,所述机械接缝跟随非正方形栅格图案的轮廓并与波导结构内的光抑制元件对准,以在波导元件的非能量传输位置的位置处提供接缝。

[0440] 在一个实施例中,图33E说明一个所述平铺弯曲波导和能量表面33960,其中机械接缝跟随波导结构内的光抑制元件的壁的边缘的结构,且在能量表面和波导表面两者的邻近壁之间利用接合、机械对准、熔合等工艺来形成无缝能量波导系统。如图所示,弯曲波导和能量表面33960包含四个单独的系统,其中波导接缝在接合之前可被看见,但一旦接合就可变得无缝。所属领域的技术人员应了解,可存在多于或少于四个单独的系统,且能量表面可取决于应用而具有任何大小。

[0441] 在实施例中,构造无缝能量系统的平铺阵列以形成房间尺度2D、光场和/或全息显示器。这些显示器可无缝跨越较大平面的或弯曲的壁,可产生而以立方体方式覆盖所有壁,或可按弯曲配置产生,其中形成圆柱形形状或球面形状以增大整个系统的观察角度效率。此描述完全不应假设不可能以直接方式直接构造房间大小的装置,此实施例作为制造方法的变体而公开,且通过平铺、熔合、接合、附和/或拼接进一步将单个生产线的利用扩展到较大装置。此外,此描述完全不应解释为将房间大小、比例、形状设计或任何其它限制性属性限制于生成任意平铺形状以生成完全沉浸式能量环境的能力。

[0442] 如上述的其它实施例,能量波导系统和能量中继器系统可以任何组合组装以形成各种聚合无缝表面。例如,图33A说明影院/墙壁大小的较大屏幕平面无缝能量表面,图33B说明具有覆盖有平面的和平铺的无缝能量表面的四个壁和/或额外包括天花板和/或地板的六个表面的矩形房间,图33C说明产生圆柱形无缝环境的平铺弯曲表面,且图33D说明根据每个个别能量表面的弯曲表面设计且平铺以形成无缝球面环境的球面或圆顶环境。

[0443] 在一些实施例中,类似于上文所论述的那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成单个平面的或弯曲的表面,从而形成以相对于地板表面的垂直配置定向的无缝聚合表面,类似于图33A中展示的聚合无缝能量表面33910。

[0444] 在其它实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统

可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成单个平面的或弯曲的表面,从而形成在相对于地板表面的平行配置定向的无缝聚合表面,类似于图33D中展示的透明平台33950。

[0445] 在一些实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成两个或更多个平面的或弯曲的表面,从而形成跨越包含桌子、墙壁、天花板、地板或其它表面的对象的任何组合的无缝聚合表面。

[0446] 在其它实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成三个平面的或弯曲的表面,从而形成跨越三个邻近壁的无缝聚合表面。

[0447] 在一些实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成四个平面的或弯曲的表面,从而形成跨越四个围封壁的无缝聚合表面。

[0448] 在其它实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成五个平面的或弯曲的表面,从而形成跨越包含桌子、墙壁、天花板、地板或其它表面的对象的任何组合的无缝聚合表面。

[0449] 在一些实施例中,类似于上文所论述的那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成六个平面的或弯曲的表面,从而在封闭环境中形成跨越包含桌子、墙壁、天花板、地板或其它表面的四个对象的无缝聚合表面,类似于图33B中展示的聚合无缝能量表面33920。

[0450] 在其它实施例中,类似于上文所论述的那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成平面的或弯曲的表面,从而形成跨越任何角度范围、体积和包含桌子、墙壁、天花板、地板或其它表面的对象组合的无缝聚合圆柱形表面,类似于图33C中展示的聚合无缝能量表面33930。

[0451] 在一些实施例中,类似于上文所论述那些的多个能量波导系统和能量中继器系统可形成聚合系统,其中多个能量系统经组装以形成平面的或弯曲的表面,从而形成跨越任何角度范围、体积和包含桌子、墙壁、天花板、地板或其它表面的对象组合的无缝聚合球面或半圆顶表面,类似于图33D中展示的聚合无缝能量表面33940。

[0452] 如图33A到33D所描绘,每个系统可进一步包含系统的组件,其具有平铺光场光学系统,且每个系统可被配置成用于光场显示和其它双向能量发射、反射或感测。每个系统可包括:基座结构;一个或多个组件,其形成能量表面;一个或多个元件,其形成波导,所述波导能够改变传输到或接收自能量表面的能量波的路径;一个或多个能量装置,其将能量波发射到能量表面或从能量表面接收能量波;以及一个或多个电子组件。在实施例中,能量表面、波导、能量装置和电子组件固定到基座结构。且在另一实施例中,组件任意成型以形成无缝平铺光力学显示器。

[0453] 在一个实施例中,能量中继器系统可进一步包含中继器元件,所述中继器元件包含面板和光锥。在另一实施例中,能量波导阵列可接合成单个波导组件。在一些实施例中,能量中继器系统可通过高至利用外部校准工具站或对准硬件的逐像素校正来被动地或主动地对准和校准到单一无缝能量表面。

[0454] 在一个实施例中,能量波导系统可平行于基座结构安装。在另一实施例中,可正交于基座结构安装单一无缝能量表面。

[0455] 在一个实施例中,一个或多个中继器元件包含熔合或平铺的镶嵌图案,其中邻近熔合或平铺的镶嵌图案之间的任何接缝分隔开或小于最小可感知轮廓,所述最小可感知轮廓由在等于或大于单一无缝能量表面的宽度或高度的距离处具有优于20/40视力的人眼视觉敏锐度限定。

[0456] 在操作中,能量系统可被配置成中继光以形成2D、立体(stereoscopic)、多视图、全光、4D、立体(volumetric)、光场、全息或光的任何其它视觉表示。在其它实施例中,能量系统可用于发射、反射或会聚频率以引发触感或立体触觉反馈。

[0457] 在一些实施例中,能量波导阵列经设计以沿着水平轴线以高达360度投射射线,且额外射线处于竖直轴线中,且限制垂直于单一无缝能量表面的射线。在其它实施例中,能量系统被配置成用于地装式组件或吊装式组件,且任选地包含高于地装式组件的透明表面。

[0458] 现在参考图36,其为图33D的另一实施例,其中球面结构36120的正交视图说明根据本公开的一个实施例,其中观察者被平铺和弯曲能量表面36122包围且在透明平台36124上抬高,高于底部地板表面。图36举例说明在将观察者置于中心环境体积内时减小观察角度要求的方法,其中观察者或一系列观察者存在于体积范围(例如中心观察体积36126)内且展现对于给定中心观察范围(例如观察者可四处移动而无能量分辨率损失的空间范围),每个波导元件所需的相对观察角度。

[0459] 上述另一实施例,其中在具有或不具有菲涅耳、衍射、梯度折射率、全息光学元件、数字编码或以其它方式定制的波导配置的情况下产生射线的均等或非线性分布,以用于壁挂式和/或桌装式能量波导结构以及其中平铺多个系统的所有基于空间或环境的能量表面结构。

[0460] 另一实施例,其中产生完全球面或近球面或圆锥形、立方形或其它包围式几何形状的平铺能量结构,且观察者在透明平台36124上走动,使得能量表面36122在包围观察体积36126的半径中可观察。在此情况下,射线与径向波导表面36128更为正交地传播,且利用壁挂型波导结构36122,其中分布包含相对于所需AOV中的弯曲表面的法线垂直的角度。

[0461] 图36进一步说明球面、圆锥形和任何非平面包封表面,其中观察体积存在于距能量表面的某一相对能量聚焦位置内,从而产生每个相应波导的所需观察角度降低的可能优化。此现象通过维持观察者与能量表面之间更为紧密的关系的波导的法线来产生,因此减小传统地对平面表面所需的增大观察角度的必要性。图36举例说明此方法,其中观察者或一系列观察者存在于体积范围内,且展现对于给定中心观察范围(观察者可四处移动而无能量传播损失的空间范围),每个波导所需的相对观察角度。

[0462] 另外有可能通过改变波导规定或通过堆叠多个波导或这两者而包含多个聚焦位置,以在针对特定应用将空间中的特定区域定为目标时产生沿着z轴的多个密度区。另外有可能层叠多个透射性和/或一个非透射性和多个透射性能量表面,其中波导能够通过时序、空间或时空超分辨率的各种方式来增大有效分辨率,且可包括聚焦在不同位置处的两个或更多个表面,从而产生每能量表面的传播角度变化和/或改变能量表面相对于彼此的物理位置以在所得能量值中产生角度相依性。

[0463] 图36、33C和33D额外可包含与能量表面的曲率相称的弯曲波导。生成在场距离上

变化采样频率的波导函数的能力是各种畸变的特征并且是所属领域中已知的。传统地,在波导特征曲线中包含畸变是不合需要的,然而,出于弯曲波导元件设计的目的,这些都是根据所需特定观察条件而进一步控制和分布光线的所有特性。取决于应用和环境要求,可能需要在整个波导中添加多个规定、元件、层或规定梯度。

[0464] 上述额外实施例,其中所述规定通过能量表面和/或波导元件的弯曲表面进一步优化。主射线角(CRA)的法线相对于能量表面自身的变化可进一步提高效率且需要不同于平面波导的规定,但波导元件的梯度、变化和/或优化仍适用。

[0465] 取决于随空间位置而变的距离和所需密度而以针对波导规定的变化所描述的类似方式产生不同能量射线密度,另外有可能进一步优化规定以生成水平可观察的桌装式波导。

[0466] 现返回到图34A,说明具有波导元件的波导系统34400,所述波导元件呈现能量的不规则分布,其经设计以在整个元件中将能量从相对于波导表面的垂直定向重新分布到更陡角度。在此实施例中,多个能量波导可包含衍射波导元件34402,且在无缝能量表面34408上展现经修改菲涅耳波导元件结构34404的一个所提出的结构,其产生有效地极短的焦距和低 f/λ 数,而同时将能量射线引导到明确限定的位置34406。在另一实施例中,波导系统34400包含不规则波导34410。在操作中,可能在第一区34420内存在能量传播,而在第二区34430内不存在能量传播。

[0467] 图34B说明根据本公开的一个实施例的利用来自图34A的波导元件的桌装式能量表面34450的正交视图。图34B说明桌装式能量表面要考虑的变量以帮助明确表达如何有可能鉴别特定的系统要求。任何所述系统设计的考虑因素和目标是产生给定环境的能量最优分布。

[0468] 例如,能量表面34450可平行于地平面定向,且对于给定范围的竖直和水平位置,被配置成适合于所需竖直和水平视场34455的密度分布能量。在一个实施例中,桌装式能量系统需要180度的水平AOV和45度的竖直AOV。在第二实施例中,桌装式能量系统需要360度的水平AOV和60度的竖直AOV。这些实施例仅出于示例性目的而呈现,且决不打算限制可能设计的系统规格的许多变化的范围。

[0469] 如图34B说明,所需视场外部的一切都是未利用的空间。例如提供的360度示例,尽管水平全360度需要足够的能量密度,但存在不需要的潜在30度竖直位置。尽管可以简单地不向空间中的这些区域提供能量,这是一种具有提供 180×180 度的信息的波导函数的设计(当垂直定位在墙壁上时,在平行置放在桌子上时为 360×90 度),但这通常并不高效且基于目标市场,产生可能不实用的能量密度。

[0470] 图34B说明实施例,其中光力学组件包括波导,所述波导通过重新引导原本垂直于能量表面而投射的射线来呈现在水平轴线上提供360度的能量不规则分布以及在竖直轴线上的有限分布,其中所述能量表面平行于接地平面。组件可被配置成用于地装式组件或吊装式组件,且任选地包含类似于上文所论述那些的高于地装式组件的透明平台。

[0471] 在一个实施例中,能量表面34450可包含具有观察体积34470的经修改波导,所述观察体积具有水平视场34455。在此实施例中,射线34460可由能量表面34450上的经修改波导限制。

[0472] 图34C说明包括额外反射波导元件的图34B的桌装式波导系统的实施例,所述额外

反射波导元件具有允许会聚能量从第一表面中继到第二偏移表面的孔径,并且其中第二表面是虚拟的。在一个实施例中,系统进一步包含反射波导元件,所述反射波导元件具有孔径以将会聚能量从单一无缝能量表面中继到虚拟空间。

[0473] 在一个实施例中,波导系统34465包含五个能量波导34470。尽管展示五个能量波导34470,但应理解,可存在更多或更少的波导。能量波导34470可耦接到多个能量中继器34474而以如上文所描述的类似方式形成无缝能量表面34476。在一个实施例中,能量波导34470、能量中继器34474和无缝能量表面34476的高度34472可如所属领域的普通技术人员了解和理解那样相对于对象或焦点而有变化。

[0474] 在一些实施例中,桌装式波导系统34465可包含具有第一反射器表面34486和第二反射器表面34484的额外反射波导元件34490。反射波导元件34490可包含孔径34492,使得来自无缝能量表面34476的会聚能量可以通过孔径34492从第一反射器表面34486中继到第二反射器表面34484,从而到达观察者34488。换句话说,第一虚拟对象34480可在虚拟空间中中继和会聚以形成第二虚拟对象34482。

[0475] 如本公开的各种实施例所描绘,光力学组件可包括引发横向安德森局域化的能量中继器和/或具有用于能量的双向传播的两个或更多个第一或第二表面的能量中继器。

[0476] 图35说明根据本公开的一个实施例的具有非线性射线分布的地装式平铺能量表面35510的正交视图。图35举例说明倾向于排除能量表面的垂直射线的具有非线性射线分布的地装式平铺组件35510。尽管有可能将相同波导结构中的地装式平铺组件35510配置为其它环境表面,其中垂直射线和离轴射线具备均匀或某一形式的分布,然而,利用所提出的桌装式方法放在或大致放到站立位置脚部(或高于或低于,取决于对系统的要求),有可能进一步优化波导配置,因为无需表示直接垂直于落地组件35510表面的射线,因为人自身将利用其身体和/或脚阻挡这些射线。如图35中所示,在多个观察者体验的情况下,垂直射线将不能被其它参与者观察,因为不同于墙壁或天花板,垂直定向上呈现的射线被遮挡或不在正确观察角度下于是产生伪像。换句话说,落地组件35510可配置有经修改波导元件35520,使得某些射线可因自身阻挡35530而不可见。

[0477] 图37说明根据本公开的一个实施例的具有五个观察者位置37132和呈现单个射线集束到每个观察者的每个波导元件37136下的五个对应能量位置37134的系统37130的正交视图,所述每个波导对于单个观察者位置来说是唯一的。图37说明五个观察者位置37132A、37132B、37132C、37132D、37132E和每个波导元件37136和能量表面37138下的五个能量位置37134A、37134B、37134C、37134D、37134E。传播到观察者位置的这些射线集束是波导元件函数的引导结果。以此方式,所有能量被传播直到同时对每个指定观察者位置寻址而无需额外了解所述位置。另外有可能配置图37的能量系统以包含所属领域中已知的深度感测装置和算法,从而动态地变化传播到每个指定观察者位置的能量位置信息。这可应用于一个或多个观察者。可将跟踪执行为2D过程或3D/立体过程,或利用所属领域中已知的其它深度感测技术。如所属领域的技术人员应了解,归因于不同观察者位置37132和不同能量位置37134,独特多个射线37139可提供到处于其相应观察者位置45132的每个观察者。

[0478] 图38A说明包括第一表面和两个交织第二表面38630的能量中继器组合元件38600,其中第二表面38630具有能量发射装置38610和能量感测装置38620。图38A的另一实施例包含具有用于两个或更多个第二中继器表面38630中的至少一个的两个或更多个子结

构组件38610、38620的能量中继器组合元件38640,其呈现两个或更多个第二中继器表面38630的子结构组件之间的不同工程化特性,包含子结构直径,其中一个或多个第二表面38630中的每一个的子结构直径大体上类似于确定的能量装置和能量频域的波长。

[0479] 图38B说明图38A的另一实施例,其中能量波导38700包含一个或多个波导元件表面38730内的一个或多个元件类型38710、38720和特性,其中每个元件类型38710、38720经设计以改变具有相称的能量频域内的波长的传播路径38750、38760。在一个实施例中,能量波导38700可包含电磁能发射装置38710和机械能发射装置38720,每个装置38710、38720被配置成分别改变电磁能中继器路径38750和机械能中继器路径38760。

[0480] 在另一实施例中,任何第二能量频域的波长大体上可不受第一能量频域的影响。如指定应用所需,能量中继器的两个或更多个第二表面上的多个能量装置和一个或多个波导元件内的一个或多个元件类型的组合能够大体上独立地通过能量装置、能量中继器和能量波导大体上传播一个或多个能量域。

[0481] 在一个实施例中,能量波导38700可进一步包含电磁能波导38770和机械能波导38780,其以堆叠配置组装且耦接到同时集成的类似于上文所描述的无缝能量表面38730。在操作中,能量波导38700能够传播能量路径,使得所有能量能够会聚在相同位置38790周围。

[0482] 在一些实施例中,此波导38700可以是具有双向能量表面的单个中继器元件,一个交错段用于传播能量,且第二交错段用于在能量表面处接收能量。以此方式,这可以针对系统中的每个能量中继器模块重复以产生双向能量表面。

[0483] 图38C说明根据本公开的一个实施例的作为图37的另一实施例的实施方案38140的正交视图,且包括图38A的能量中继器,其中观察者处于位置L1和时间T1,其中会聚射线沿着路径通过波导且到能量坐标P1,并且其中观察者在时间T2移动到位置L2,其中射线沿着路径会聚通过波导且到能量坐标P2,并且其中多个能量坐标P1和P2中的每一个形成于能量中继器表面的第一侧上且包含两个交织的第二中继器表面,且提供第一能量感测装置和第二能量发射装置以感测观察体积内通过能量波导的移动和交互以及通过相同的能量中继器和能量波导发射能量,从而产生从时间和位置T1、L1到T2、L2发射的能量的可见变化。

[0484] 在一个实施例中,系统38140可包含能量装置38820,其中一组能量装置被配置成用于能量发射38810且另一组能量装置被配置成用于能量感测38830。此实施例可进一步包含多个中继器组合元件38840,其被配置成提供单个无缝能量表面38850。任选地,多个波导38860可安置在能量表面38850前方。在操作中,如上文所论述,响应于所感测的T1、L1与T2、L2之间的移动,系统38840可通过交互式控制提供同时双向能量感测或发射,其中所传播能量38870在T1下,且经修改所传播能量38880在T2下。

[0485] 图38C的其它实施例包含组合式系统,其中能量中继器系统具有多于两个第二表面,并且其中能量装置可全部具有不同能量域,并且其中每个能量装置可各自通过能量中继器系统的第一表面接收或发射能量。

[0486] 图39通过实施例的正交视图说明根据本公开的一个实施例的图38A的另一组合式系统38140(在图39中表示为39140),其中观察者在时间T1处于位置L1,且会聚射线沿着路径通过波导且到能量坐标P1,并且其中观察者在时间T2移动到位置L2,且射线沿着路径会聚通过波导且到能量坐标P2,并且其中多个能量坐标P1和P2中的每一个形成于能量中继器

表面的第一侧上,且包括具有第一机械能发射装置、第二能量发射装置和第三能量感测装置的三个第二中继器表面,其中能量波导通过能量中继器的第一表面发射机械能和能量,从而允许第三能量感测装置检测从已知发射能量到所感测的接收到的数据的干扰,并且其中机械能的发射产生与发射的能量直接交互的能力,机械能会聚以产生触感,能量会聚以产生可见照明,且在T1、L1处发射到T2、L2的能量经修改以对观察者与发射能量之间的触觉交互作出响应。

[0487] 在一个实施例中,系统38140可包含超声波能量发射装置39910、电磁能发射装置39920和电磁感测装置39930。此实施例可进一步包含多个中继器组合元件39940,其被配置成提供单个无缝能量表面39950。任选地,多个波导39970可安置在能量表面39950前方。

[0488] 一个或多个能量装置可独立地与两个或更多个路径中继器组合器、分束器、棱镜、偏振器配对,或其它能量组合方法以将至少两个能量装置配对到能量表面的相同部分。一个或多个能量装置可固定在能量表面后方,接近于固定到基座结构的额外组件,或接近于用于离轴直射或反射投射或感测的波导的FOV前方和外部的的位置。所得能量表面提供能量的双向传输,且波导会聚能量波到能量装置上以感测相对深度、接近度、图像、颜色、声音和其它能量,并且其中感测到的能量被处理以执行机器视觉相关任务,包括但不限于通过波导阵列、能量表面且到能量感测装置的4D眼睛和视网膜跟踪。

[0489] 在操作中,如上文所论述,响应于所感测的来自T1、L1与T2、L2之间的所感测移动和超声波触觉响应的所传播能量发射的干扰,系统39140可通过交互式控制提供同时双向能量感测或发射,其中所传播能量39960在T1下,所传播触觉39980在T1下,且经修改所传播能量39990在T2下。

[0490] 图40说明将一个或多个能量装置40010配对到额外组件(例如中继器元件40000,其被配置成形成单个无缝能量表面40020)的实施例,其中观察者在位置L1处,且会聚射线沿着路径通过波导40030且到能量坐标P1,并且其中多个能量坐标P1中的每一个形成于对应于一个或多个装置E1的能量中继器表面40020的第一侧上,并且其中波导或中继器表面提供额外反射或衍射特性和所传播触觉40060,其中反射或衍射特性大体上不影响坐标P1处的射线传播。

[0491] 在一个实施例中,反射或衍射特性与额外离轴能量装置E2 40035A、40035B的能量相称,每个装置E2 40035A、40035B含有额外波导和能量中继器,每个额外能量中继器含有两个或更多个第二表面,其各自分别具有感测或发射装置,其中对应的能量坐标P2传播通过与P1类似的体积。在一个实施例中,反射或衍射能量可传播通过E2 40050的装置。

[0492] 在另一实施例中,相对于第一E1和第二E2波导元件在视场外的额外系统包括额外系统E3 40040A、40040B,其具有额外波导和中继器元件,所述中继器元件具有两个第二表面和一个第一表面,所述第二表面从聚焦的发射和感测能量装置接收能量。

[0493] 在一个实施例中,E3波导元件40040A、40040B被配置成将能量40070直接传播通过所需体积,所需体积对应于能量坐标P1和P2的路径,且形成穿过E3系统40040A、40040B的额外能量坐标P3,每个E1、E2和E3感测和发射装置被配置成检测从已知发射能量到所感测的接收到的数据的干扰。

[0494] 在一些实施例中,根据本公开的一个实施例,机械能发射产生与发射能量直接交互的能力,机械能会聚以产生触感,能量会聚以产生可见照明,且发射的能量被修改以对观

察者与发射能量之间的触觉交互作出响应。

[0495] 架构内的各种组件可按多种配置安装以包含但不限于壁装式、桌装式、头戴式、弯曲表面、非平面表面或所述技术的其它适当的实施方案。

[0496] 图38A、B、C、39和40说明实施例,其中能量表面和波导可用于发射、反射、绕射或会聚频率以引发触感或立体触觉反馈。

[0497] 图38A、B、C、39和40说明双向能量表面,其包括(a)基座结构;(b)共同形成能量表面的一个或多个组件;(c)一个或多个能量装置;以及(d)一个或多个能量波导。能量表面、装置和波导可安装到基座结构,且规定能够通过能量表面双向发射和感测能量的能量波导系统。

[0498] 在实施例中,所得能量显示系统提供从相同的发射表面同时进行显示和捕获的能力,其中波导经设计以使得光场数据可由照明源投射通过波导且同时无额外外部装置的情况下通过相同的能量装置表面接收。

[0499] 此外,所跟踪位置可主动地计算和引导光到指定坐标,以使可变图像和其它投射频率能够根据双向表面图像与投射信息之间的直接着色被引导到规定的应用要求。

[0500] 在图38A、B、C、39和40的实施例的一个实施例中,一个或多个组件经形成以适应任何表面形状,包含平面、球面、圆柱形、圆锥形、有刻面、平铺、规则、不规则或用于指定应用的任何其它几何形状。

[0501] 在图38A、B、C、39和40的一个实施例中,一个或多个组件包括引发横向安德森局域化的材料。

[0502] 在一个实施例中,一种被配置成根据四维(4D)全光函数引导能量的能量系统包含:多个能量装置;能量中继器系统,其具有一个或多个能量中继器元件,其中一个或多个能量中继器元件中的每一个包含第一表面和第二表面,一个或多个能量中继器元件的第二表面被布置成形成能量中继器系统的单一无缝能量表面,并且其中第一多个能量传播路径从多个能量装置中的能量位置延伸通过能量中继器系统的单一无缝能量表面。能量系统进一步包含具有能量波导阵列的能量波导系统,其中第二多个能量传播路径在由4D全光函数确定的方向上从单一无缝能量表面延伸通过能量波导阵列。在一个实施例中,单一无缝能量表面可用于提供以及接收自其穿过的能量。

[0503] 在一个实施例中,能量系统被配置成沿着第二多个能量传播路径将能量引导通过能量波导系统到单一无缝能量表面,且沿着第一多个能量传播路径将能量从单一无缝能量表面引导通过能量中继器系统到多个能量装置。

[0504] 在另一实施例中,能量系统被配置成沿着第一多个能量传播路径将能量从多个能量装置引导通过能量中继器系统到单一无缝能量表面,且沿着第二多个能量传播路径将能量从单一无缝能量表面引导通过能量波导系统。

[0505] 在一些实施例中,能量系统被配置成感测相对深度、接近度、图像、颜色、声音和其它电磁频率,并且其中处理感测到的能量以执行与4D眼睛和视网膜跟踪相关的机器视觉。在其它实施例中,单一无缝能量表面进一步可用于从单一无缝能量表面同时进行显示和捕获,其中能量波导系统经设计以使得光场数据可由多个能量装置投射通过能量波导系统且同时通过相同单一无缝能量表面接收。

[0506] 视力矫正

[0507] 许多人的视力不尽如人意,且可能难以看清或将视线聚焦在远处的对象上或阅读近距离的文字。多种条件可对人的视力产生负面影响,包括但不限于远视(farsightedness或hyperopia)、近视(nearsightedness或myopia)、散光 and 老花眼。研发了眼镜以作为“矫正”个人视力的方式,其通过再聚焦进入个人眼睛的光以锐化其先前模糊或离焦的对象的视图。隐形眼镜采用相同概念。视力矫正手术还依据用改变光如何聚焦于我们眼睛的背部中的光感受器的相同原理操作。

[0508] 在眼镜中使用的透镜通过以受控且可预测方式弯曲光来操作。透镜方程通常用于描述可用于三个对象之间的视力矫正的关系。其为 $1/(f) = 1/(d0) + (1/dI)$,其中f为透镜的焦距,d0为从透镜到对象的距离,且dI为从透镜到光位点的距离。使用此方程,可确定用于隐形眼镜或眼镜的矫正性规定性函数,其允许光再聚焦到我们的眼睛中。在本公开中,我们提出可根据本文中所公开的原理将相同概念应用于利用全息显示技术的系统。

[0509] 可以使用全息光场显示系统实现视力矫正。在本公开中,描述可如何将校准和射线追踪以及本文中所使用的4D函数应用于视力矫正。

[0510] 理解光场和4D计算处理如何工作,光场显示器的新颖实施方案不仅产生全息投射和内容,而且还提供校准指定观察者的视力的投射和内容的能力。在一些实施例中,视力校准参数还可存储为显示简档,以允许每一单个观察者经历对焦,利用适当校准工序(如本文所公开)和适当处理算法利用高保真度光场显示器光学矫正图像。

[0511] 除全息成像之外,在一些实施例中,还可将这些概念用于2D媒体,使得在启用4D的显示器上观察到的任何图像还可实现用户的视力所需的屈光矫正-所有都不访问验光师,且不使用处方眼镜。

[0512] 所提出的系统至少提供本公开内的以下各项:

[0513] • 4D光场显示系统

[0514] • 交互式控制系统,其能够从用于一个或多个用户的4D显示器提供眼睛检查且将结果存储于数据存储系统中以供稍后使用

[0515] • 校准系统,其利用来自视力测试的结果

[0516] • 处理器,其能够读取在存储装置上的视力结果和校准文件且实时或离线处理结果以提供个性化光学矫正

[0517] • 用于眼睛/视网膜跟踪以提供对每次两个或更多个单独眼睛简档或多于单个用户的视力矫正的方法

[0518] • 用户界面,其用以在各种检测到的或手动输入的用户之间动态地切换

[0519] • 用以在4D和2D模式之间切换的方法

[0520] 本公开的4D显示系统的一些实施例可针对个别用户,或甚至针对个别用户的每只眼睛执行校准过程。

[0521] 在一些实施例中,所述过程经历一系列:

[0522] • 在x屈光度+或-显示表面(且在显示表面)的对象位置;

[0523] • 针对每个步骤位置处的先前对象位置中的每一个对象焦点,增加或减少了用于对象的投射的计算内使用的屈光光度数(例如,对于正常视力,将在焦点的前方和后方离焦);

[0524] • 可包含其它视力相关校准以用于颜色变化、眼睛到眼睛变化等。

[0525] 对于视力校准工序内的每个位置,在一些实施例中,观察者将指示结果是否更好

或更糟,很类似于传统眼睛检查。来自校准过程的结果将被个别地准备和显现给观察者以矫正任何视力异常而不需要观察者获取处方眼镜。这为观察者提供在观察者感觉到需要的任何时候更新显示器的校准的能力。此外,这可适用于所有内容,而不仅仅是全息内容。这还可用作显示器上的安全性设置,如在起始时,图像将对观察显示器的其它个体显得模糊或离焦。

[0526] 图41说明用于矫正近视观察者的视力的系统41000。在41006处表示观察者的眼睛。在眼睛的背部附近,原始图像射线41003在不正确的位置41001处会聚,这使得观察者看到不正确的图像。通过使用具有4D虚拟像素平面41005和虚拟显示器的装置,在一些实施例中所述装置可包含投射波导的平面41006,有可能产生利用41004处校准结果的经矫正射线群组。可看到经矫正射线41004在眼睛41006的背表面上的正确位置41002处会聚,从而使得观察者看到“焦点对准”的图像。

[0527] 图42说明用于矫正远视观察者的视力的系统42000。在42006处表示观察者的眼睛。归因于不正确焦点42001,图像射线42003在眼睛42006的后表面后方的不正确位置处会聚。这产生观察者看到的畸变图像。通过使用具有4D虚拟像素平面42005和投射波导的虚拟平面42006的装置,有可能产生利用42004处校准结果的经矫正射线群组。可以看到经矫正射线42004在眼睛42006的背表面上的正确位置42002处会聚,从而使得观察者看到“焦点对准”的图像。

[0528] 图43说明由具有未矫正的近视43001、未矫正的远视43002和应用4D矫正的观察者或43003处具有正常视力的人看到的所感知图像之间的比较。

[0529] 图44描绘本公开的视力矫正性装置44100的一个实施例。然而,本文中所公开的视力矫正性装置44100不限于图44中所描绘者,且存在其它可能实施例。如图44中所展示,视力矫正装置44100包含光引导系统44102。光引导系统44102可包含本公开的任何光引导系统或所属领域中已知的其它光引导系统。视力矫正性装置的一些实施例包含光源系统44113。在实施例中,光源系统44113可包含多个光源。在实施例中,光源可将光能提供到一个或多个光位置44108。在实施例中,光位置44108位于与光源相同的位置处。在实施例中,一个或多个光位置44108可位于光源的表面处。在一些实施例中,光源系统44113可进一步包含类似于图3中所描绘的中继器系统(其用于通过中继器将能量从能量源310引导到中继器的表面350上的多个光位置)的中继器系统。如将了解,在其它实施例中,光源系统可包含其它中继器,包含但不限于图3-5、7A、7B、14-16、20-21和38A-C中所描绘的中继器。在某些实施例中,也可以使用所属领域中已知的其它中继器。

[0530] 不同实施例可采用不同光源,或不同光源组合。本公开中其它地方所描述的任何能量源以及所属领域中已知的其它能量源可以用于不同实施例。一些示例包含但不限于LCD、LED、激光、CRT、OLED、AMOLED、TOLED、微型投影仪、单芯片、3芯片、LCoS、DLP、量子点、单色、彩色、投射、背光、直接发射、反射、透明、不透明、相干的、非相干的、漫射、直射或足以产生如本公开中其它地方所论述的所需像素密度的任何其它照明源。

[0531] 在实施例中,光引导系统44102可包含波导44104阵列。不同实施例可具有包含本公开的波导的不同波导结构;然而,其它实施例可不利用波导44104作为光引导系统44102的组件。所属领域的普通技术人员将了解,还存在可利用替代性光引导系统的与本文中所制造的公开内容一致的替代性实施例。

[0532] 图44描绘由多个光源发射的光沿着多个光传播路径44106由波导44104的阵列引导的实施例。图44仅出于说明性目的,且不限本文所公开的实施例。并且,额外光传播路径可存在于如本公开中其它地方所描绘和论述的额外实施例中。

[0533] 在图44中所描绘的实施例中,传播路径44106中的每一个的一侧延伸通过多个光位置44108中的一个。波导44104的阵列的第一波导44110可被配置成沿着多个传播路径44106的第一传播路径44114从多个光位置44108的第一光位置44112引导光。第一传播路径44114在独特方向上从第一波导44110延伸。换句话说,第一传播路径为在所述方向上从第一波导44110延伸的唯一传播路径。至少通过第一光位置44112确定第一传播路径44114的独特方向。但是,应了解,在一些实施例中,可存在确定独特方向的额外或其它因素。不同类型的波导44104可在不同实施例中利用。一些实施例还可组合不同类型的波导。并且,除非另外明确陈述,否则视力矫正装置的此实施例可以与本公开的其它实施例组合,所述其它实施例包含但不限于图23-26和图28-32中所描绘的波导结构。

[0534] 一些实施例还将包含波导44104的阵列的第二波导44116,所述第二波导被配置成沿着多个传播路径44108的第二传播路径44120从多个光位置44108的第二光位置44118引导光。第二传播路径44120在第二独特方向上从第二波导44116延伸。类似于第一传播路径44114与第一波导44110之间的关系,第二传播路径44120为在所述方向上从第二波导44116延伸的唯一传播路径。第二传播路径44120的第二独特方向至少由第二光位置44118确定。并且,如上文所提及,在一些实施例中,可存在可确定独特方向的额外或其它因素。所属领域的普通技术人员还将认识到,一些实施例还将具有额外波导和从波导在至少由光位置确定的独特方向上延伸的传播路径。这些独特方向提供鉴别且独立地控制从波导延伸的传播路径的方式,其有助于允许视力矫正装置进行针对个别用户,或在一些实施例中多个用户定制装置所需种类的特定调整。

[0535] 在实施例中,图44中所描绘的视力矫正性装置44100包含控制系统44122。控制系统44122被配置成操作多个光源以引导光通过光引导系统44102,从而根据四维(“4D”)光场函数沿着多个传播路径44106投射第一全息对象44124。确定4D光场函数以考虑第一用户的未矫正视觉敏锐度。一些实施例还可包含在本公开中其它地方论述的处理器。其它实施例还可包含在本公开中其它地方论述的存储器。

[0536] 在一些实施例中,可至少通过第一光位置44112确定独特方向。一些实施例允许第一波导44110限定二维(2D)空间坐标,其中至少由第一光位置44112确定的独特方向包含二维(2D)角坐标,且借此2D空间坐标和2D角坐标形成4D光场坐标集。使用至少图22-26和28-32作为非限制性说明性说明,在本公开中先前已经论述了允许这些类型的实施例的能量波导系统。图44的光引导系统44100的一些实施例包含允许如图23中所说明,2D空间坐标和2D角坐标形成4D光场坐标集的能量波导系统44102。

[0537] 在实施例中,沿着第一传播路径44114通过第一波导44110引导的光大体上填充第一波导44110的第一孔径44128。在实施例中,视力矫正装置44100的波导可包含不同波导,包含但不限于参考图22-32所论述的那些波导。一些实施例还可采用多于一个波导。其它实施例可与本公开的波导组合,或代替本公开的波导使用所属领域中已知的其它波导结构。

[0538] 在实施例中,光引导系统44102包含第一光抑制元件44130,其被定位成限制光沿着未延伸通过第一孔径44128的多个传播路径的部分的传播。在实施例中,第一光抑制元件

44130包含用于减弱或修改未延伸通过第一孔径的传播路径的部分的挡板结构。在实施例中,第一光抑制元件44130可包含本公开中参考或所属领域中已知的任何种类的光抑制元件。

[0539] 在实施例中,沿着第二传播路径44120通过第二波导44116引导的光大体上填充第二波导44116的第二孔径44132。此外,如上文所提及,在不同实施例中,包含第一、第二和任何额外波导的视力矫正装置的波导可包含本公开的不同波导,包含但不限于参考图24-26和28-32论述的波导。一些实施例还可采用本公开的多于一个波导。其它实施例可与本公开的波导组合,或代替本公开的波导使用所属领域中已知的其它波导结构。

[0540] 在实施例中,光引导系统44102包含第二光抑制元件44134,其被定位成限制光沿着未延伸通过第二孔径44132的多个传播路径的部分的传播。在实施例中,第二光抑制元件44134包含用于减弱或修改未延伸通过第二孔径44132的传播路径的部分的挡板结构。在一些实施例中,第二光抑制元件44134可包含本公开中参考或所属领域中已知的任何种类的光抑制元件。

[0541] 在一些实施例中,从波导在独特方向上延伸的额外传播路径还可大体上填充额外波导的额外孔径。额外波导还可包含被定位成限制光沿着未延伸通过任何孔径的传播路径的部分的传播的额外光抑制元件,且在一些情况下可包含挡板。然而,光抑制元件还可包含本公开中参考的其它光抑制元件中的任一个。除非另外明确陈述,否则包含波导、孔径、光抑制元件和挡板的视力矫正装置的实施例可与本公开的其它实施例组合。在实施例中,沿着第一传播路径44114引导的光可与沿着第二传播路径44120引导的光会聚。如本公开中其它地方所描述,在独特方向上从额外波导延伸的额外传播路径还可在空间中会聚能量或光的射线。

[0542] 图45A描绘未矫正视觉敏锐度45100A,其表示具有未矫正视觉敏锐度的用户在没有任何矫正镜或视觉调整的情况下如何感知现实世界。应了解,未矫正视觉敏锐度将随个体变化,因此存在众多可能的未矫正视觉敏锐度。图45A出于说明性目的包含,且可针对视力矫正装置44100确定4D光场函数以考虑许多不同的未矫正视觉敏锐度,如本公开中其它地方所描述。

[0543] 图45B说明观察根据被确定以考虑未矫正视觉敏锐度的4D光场函数所投射的全息对象的用户的经矫正视觉敏锐度。4D光场函数定制第一用户45126B的第一全息对象45124B的投射,因此所述用户可以第一经矫正视觉敏锐度45100B观察第一全息对象45124B。这允许第一用户45126B清楚地看到第一全息对象45124B,而不使用处方镜或其它视觉辅助物。除非另外明确陈述,否则允许用户用经矫正视觉敏锐度感知对象的实施例可与本文中所描述的其它实施例组合。

[0544] 视力矫正装置46100A的一些实施例允许除全息对象以外的额外类型的对象被投射。参考图46A,在一些实施例中,控制系统46122A可操作光源系统46113A的多个光源以引导光通过光引导系统46102A以根据被确定以考虑第一用户46126A的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射二维对象46124A。这允许第一用户46126A在不借助于矫正镜的情况下用经矫正视觉敏锐度来感知2D对象。2D对象46124A可包含如图46A中所描绘的书页。此实施例允许用户在没有矫正镜的情况下清楚地看到书页,同时相同用户将需要矫正镜或其它视觉辅助物在无本公开的视力矫正性装置的情况下读书。在一些实施例中,连续书页可作为允许用

户在无矫正镜的情况下阅读连续2D对象而投射。

[0545] 所属领域中已知的多种技术可单独地或组合地用于不同实施例中,以允许用户在书页之间翻动。一些说明性示例包含但不限于触摸屏、遥控器、音频控制和运动感测等等。还可投射任何其它2D对象,包含(但不限于)斯内伦测视力图46124B,如图46B中展示的视力矫正装置46100B的实施例中所描绘。视力矫正装置46100B的实施例允许2D对象和全息对象的同时投射。除非另外明确地陈述,否则允许2D对象的投射的视力矫正装置46100B的实施例可与本公开的其它实施例组合,所述其它实施例包含但不限于能量波导系统44100。

[0546] 参考图47,在本公开的视力矫正系统47100的一些实施例中,控制系统47122可操作光源系统47113的多个光源以引导光通过光引导系统47102以根据被确定以考虑第一用户47126的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射立体对象47124。这允许第一用户47126在不借助于矫正镜的情况下用经矫正视觉敏锐度来感知立体对象。在所述实施例中,用户可使用偏光眼镜47144或所属领域中已知的其它方式来观察立体对象47124。视力矫正装置的一些实施例可允许全息、2D或立体对象的任何组合的同时投射。除非另外明确地陈述,否则允许立体对象47124的投射的视力矫正装置47100的实施例还可与本公开的其它实施例组合,所述其它实施例包含但不限于图23-26和28-32的能量波导。

[0547] 所属领域的技术人员还应了解,除静态、固定对象之外,视力矫正装置还可允许2D、立体或全息图像或剪辑的连续投射。在这样做时,这可允许观察者在无矫正镜或其它视觉辅助物的情况下观察2D、立体或全息电影、电视节目或其它视频内容。

[0548] 本文中所描述的视力矫正装置的实施例可允许独立地或同时矫正许多不同类型的缺陷。这提供了优于传统矫正镜的视力矫正装置优点。本文中所公开的教导内容允许根据被确定以考虑未矫正视觉敏锐度的4D光场函数投射其它类型的对象的全息、2D、立体像。4D光场函数可考虑罹患近视、远视、散光、老花眼或其它视力问题的用户,且投射允许所述用户用经矫正视觉敏锐度感知全息、2D或立体对象的全息、2D或立体对象。

[0549] 然而,许多人可能具有多于一种类型的视力问题。举例来说,用户可具有近视和散光。另一用户可具有近视和老花眼。再一用户的视力可能需要不同深度处的屈光调整的不同力度以矫正其视力。举例来说,单个用户的视力可能需要一个光焦度调整来矫正正在40英尺的距离处的对象,但需要第二光焦度调整来矫正正在60英尺的距离处的对象。单光镜每次无法考虑多于一种视力问题。双焦和多焦透镜可帮助矫正多于一种类型的视力问题。但多焦透镜仅可解决有限数目的视力问题,且可在用户通过多焦透镜的不同区域聚焦时引起图像跳跃。

[0550] 本文中所公开的视力矫正装置的实施例并不面临相同缺点,因为视力矫正装置可允许在光场源处控制由视力矫正性装置投射的光场的内容,而非尝试将外部元件(例如,透镜)引入现有光场中以操控用户如何将现有光场接收到其眼中。

[0551] 图48A帮助展现此原理。用户48126A具有未矫正视觉敏锐度48100A。所投射的对象48106A包含前景对象48102A及背景对象48104A。如所描绘,这两者对用户48126A显得模糊。单光镜仅可矫正这两个深度中的一个处的视力问题,因此前景或背景可仍对用户显得模糊。图48B展现部分矫正的视觉敏锐度48100B,其中对用户48126B的所投射的对象48106B中背景对象48104B为清晰的且前景对象48102B保持不清晰。另一光学调整可产生前景对象为清晰的且背景对象不清晰的视觉敏锐度。

[0552] 为了帮助在多个深度处具有多种视力问题的用户,可能需要多于一个光焦度调整,这对于单焦透镜来说是不可能的。因为图像跳跃、用于不同光焦度的有限透镜空间和制造考虑因素,这对于多焦透镜也是成问题的。然而,本公开的视力矫正装置的实施例允许控制形成对于用户48126C的所投射的对象48106C的前景对象48102C和背景对象48104C的所投射光。此控制允许视力矫正装置根据被确定以考虑用户视力问题的4D光场函数同时在两个深度处进行独立调整。这产生经矫正视觉敏锐度48100C,如图48C中所描绘,其中用户48126C能够清楚地感知前景48102C和背景48104C。在一些实施例中,本公开的视力矫正装置因此可允许同时、独立调整以矫正多种视力问题,如近视、远视、散光 and 老花眼。在一个实施例中,4D光场函数可考虑用户的未矫正视觉敏锐度,其中未矫正视觉敏锐度包含通过光焦度矫正进行矫正。在一些实施例中,视力矫正装置还可允许多个深度处的同时光焦度矫正。除非相反地明确陈述,否则这些实施例可与本文中所描述的其它实施例组合。

[0553] 在实施例中,视力矫正装置还可同时矫正不同眼睛中的不同问题。个体对其左眼和右眼可能需要不同视力矫正。并且,在许多情况下,矫正个人视力所需的眼部处方可对左眼和右眼具有不同的光焦度调整。可确定4D光场函数以考虑眼睛到眼睛之间变化的矫正性需要,且使用眼睛跟踪技术,如本公开中其它地方所描述,以确保每只眼睛接收光信息,所述光信息允许用户用每只眼睛中的经矫正视觉敏锐度看见所投射的对象,如图49中所描绘。视力矫正装置49100可投射针对用户49126左眼的特定视力问题矫正的左边对象49124L。并且,视力矫正装置49100可投射针对用户49126右眼的特定视力问题矫正的右边对象49124R。这些实施例可与允许多种视力问题的同时矫正和在多个深度处的同时矫正的实施例组合,因此视力矫正性装置可在每只眼睛中多个深度处同时矫正多种视力问题。并且,除非另外明确陈述,否则这些实施例可与本公开的其它实施例组合。

[0554] 视力矫正性装置50100A的实施例还允许第二2D、全息或立体对象的投射。如图50A中所描绘,控制系统50122A可被配置成操作多个光源以引导光通过光引导系统50102A以将第一2D、立体或全息对象50124A投射到第一用户50126A,如已经描述,和根据已被确定以考虑第二用户50126A'的未矫正视觉敏锐度的第二4D光场函数的第二2D、立体或全息50124A'对象。这允许第二用户50126A'用经矫正视觉敏锐度感知第二全息对象50124A'。允许投射第二全息对象50124A'的实施例还可与本文中所公开的视力矫正装置的其它实施例组合,以允许第二4D光场函数同时考虑多种视力问题,同时矫正按深度变化的视力问题,且同时矫正从第二用户的左眼从第二用户的右眼变化的视力问题。

[0555] 第二4D光场函数可考虑近视、远视、老花眼、散光和其它眼睛病状。这些实施例还可与上文所论述的允许2D对象或立体对象的投射的实施例组合。如上文提到的2D对象,第二2D对象还可包括书页,或斯内伦测视力图。在一些实施例中,视力矫正装置50100A允许投射由第一用户以针对第一用户定制的第一经矫正视觉敏锐度感知的第二全息、2D或立体对象,且同时投射可由第二用户以针对第二用户定制的第二经矫正视觉敏锐度感知的第二全息、2D或立体对象。这些实施例还允许视力矫正装置50100A投射由多个额外4D光场函数确定的多个额外全息、2D或立体对象以考虑多个额外用户的额外未矫正视觉敏锐度,借此多个额外全息、2D或立体图像可由多个额外观察者以经矫正视觉敏锐度感知。允许投射第二全息对象的实施例还可与本公开中其它地方论述的实施例组合,其中存在从大体上填充波导的孔径的额外波导延伸的第二和额外传播路径。本公开还允许与进一步包括光抑制元件

(例如挡板)的波导的组合,且与前述实施例相关的论述和图式并入本文中。最后,除非相反地明确陈述,否则这些实施例可与本公开的实施例组合。

[0556] 如图50A中所描绘,在实施例中,控制系统50122A可操作光源系统50113A的多个光源以引导光通过光引导系统50102A以根据第一4D光场函数将第一全息、2D或立体对象50124A投射到第一观察区域50128A,且根据第二4D光场函数将第二全息、2D或立体对象50124A'投射到第二观察区域50128A'。这可允许第一用户50126A在第一用户50126位于第一观察区域50128A中时以经矫正视觉敏锐度感知第一全息对象、2D或立体对象50124A。此外,这还可允许第二用户50126A'在第二用户50126A'位于第二观察区域50128A'中时以经矫正视觉敏锐度感知第二全息、2D或立体对象50124A'。

[0557] 在实施例中,第一4D光场函数能够考虑第一用户50126A的位置,使得当第一用户50126A处于用于视力矫正的一系列距离中的一个时,第一全息、2D或立体对象50124A可由第一用户50126A以第一经矫正视觉敏锐度感知。换句话说,第一4D光场函数能够连续地进行此操作,而不管第一观察区域50128A与光引导系统50102A的距离如何。同样地,在实施例中,第二4D光场函数能够考虑第二用户50126A'的位置,使得当第二用户50126A'处于用于视力矫正的一系列距离中的一个时,第二全息、2D或立体对象50124A'可由第二用户50126A'以第二经矫正视觉敏锐度感知。换句话说,第二4D光场函数能够连续地进行此操作,而不管第二观察区域50128A'与光引导系统50102A的距离如何。

[0558] 在一些情况下,假设第一用户和第二用户需要不同的视觉敏锐度矫正,如果第一用户50126A从第二观察区域50128A'观察第二全息、2D或立体对象50124A',那么第二全息、2D或立体对象50124A'可对第一用户50126A看起来模糊。这是因为第二4D光场函数被确定以考虑第二用户50126A'的未矫正视觉敏锐度,且将不考虑第一用户50126A的未矫正视觉敏锐度。

[0559] 同样地,如果第二用户50126A'从第一观察区域50128A观察第一全息、2D或立体对象50124A,那么第一全息、2D或立体对象50124A可对第二用户50126A'看起来模糊。这是因为第一4D光场函数被确定以考虑第一用户50126A的未矫正视觉敏锐度,且可不考虑第二用户50126A'的未矫正视觉敏锐度。这还可提供安全性的量度,因为可针对特定用户的视力特异性校准全息、2D或立体对象投射,因此其可用经矫正视觉敏锐度感知全息、2D或立体对象。

[0560] 在操作中,第一用户50126A和第二用户50126A'中的每一个可坐在其相应观察区域50128A和50128A'中,同时各自观察按其自身视力定制的对象。第一对象50124A和第二对象50124A'可分别包含可个别地针对第一用户50126A和第二用户50126A'的视力校准的相同内容的替代版本。在替代方案中,第一对象50124A和第二对象50124A'可包含第一用户50126A和第二用户50126A'可在并排坐下时感知的不同内容。在一些实施例中,视力矫正装置可包含用于投射如通过多个额外4D光场函数确定以考虑多个额外用户的各种未矫正视觉敏锐度的多个额外对象的多个额外观察区域。

[0561] 在实施例中,能量感测系统可包含具有能量传感器50130A以及在处理器50132A上运行的眼睛跟踪软件的眼睛跟踪系统。眼睛跟踪系统或能量感测系统的能量传感器50130A可为单个相机、多个相机、深度传感器、另一类型的成像装置,或这些装置的任何组合,或所属领域中已知的其它装置。能量传感器50130A可在显示器外部,如图50A中所展示,作为可

放置在显示器的顶部上、到显示器的侧面,或作为双向能量表面而集成到显示器中的装置,所述双向能量表面同时投射光场且感测来自显示表面前方的环境的光,如图50B中展示为50130B。在此实施例中,跟踪处理器50132B可被配置成基于从眼睛跟踪系统能量传感器50130B接收的数据确定第一用户50126B和第二用户50126B'的位置。跟踪处理器50132B可利用所属领域中已知的算法来分析和处理由眼睛跟踪系统或能量感测系统生成的信息以跟踪用户50126B、50126B'的位置。在一些实施例中,跟踪处理器50132B可允许任何用户的眼睛和视网膜跟踪以允许光能的针对性投射。

[0562] 在一些实施例中,第一观察区域50128A的位置和第二观察区域50128A'的位置可分别由第一用户50126A和第二用户50126A'的位置确定,如上文所论述,所述位置可由能量感测系统确定,所述能量感测系统可任选地包含眼睛跟踪系统。在其它实施例中,第一观察区域50128A和第二观察区域50128A'的位置可随着第一用户50126A和第二用户50126A'移动而移动。观察区域可在用户移动时跟随用户,且允许将第一全息、2D或立体对象50124A和第二全息、2D或立体对象50124A'投射到适当用户。换句话说,跟踪处理器能够基于从能量感测系统接收的能量数据动态地跟踪第一用户和第二用户的位置,并且其中第一观察区域50128A的位置可跟随第一用户50126A的移动,并且第二观察区域50128A'的位置可跟随第二用户50126A'的移动。换句话说,无论用户50126A、50126A'是移动得更接近或是更远离视力矫正装置,跟踪处理器都能够进行跟踪。

[0563] 在一些实施例中,视力矫正装置可包含多个额外对象和多个额外用户,以及在相应的多个额外用户四处移动时跟随其的多个额外对应观察区域。这些实施例还可与本公开的其它实施例组合。举例来说,可各自确定4D光场函数以同时考虑多种视力问题、随深度或按眼睛变化的视力问题,如本公开中其它地方所论述。这些实施例还可与本公开的能量波导和所有光抑制元件组合。除非明确陈述,否则所有这些实施例可与本公开的其它实施例组合。图50A仅出于描述性目的而提供,且不限本公开的实施例。

[0564] 如上文所论述,眼睛跟踪系统能量传感器或能量感测系统50130A可包含用于捕获图像数据的多个相机。在实施例中,能量感测系统50130A可为单个相机。在另一实施例中,能量感测系统50130A可包含用于以多个角度捕获图像的多个相机。在所述实施例中,跟踪处理器可分析由一个或多个相机50130A捕获的数据以确定第一、第二或任何额外用户的位置,因此视力矫正装置可根据被确定以考虑用户中的每一个的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数而投射全息、2D或立体对象到所述用户的观察区域,使得每个用户可用经矫正视觉敏锐度来感知对象。另外,当用户四处移动时,观察区域可动态地跟随用户,如本公开中其它地方所描述。

[0565] 在实施例中,眼睛跟踪能量传感器或能量感测系统50130A可包含至少一个深度传感器。在操作中,跟踪处理器可分析由深度传感器生成的数据以确定第一、第二或任何额外多个用户的位置,因此视力矫正装置可根据被确定以考虑用户中的每一个的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数而投射全息、2D或立体对象到所述用户的观察区域,使得每个用户可用经矫正视觉敏锐度来感知对象。在一些实施例中,眼睛跟踪能量传感器或能量感测系统50130A可包含一个或多个相机与一个或多个深度传感器的组合。

[0566] 在操作中,眼睛跟踪系统能量传感器或能量感测系统50130B可被配置成通过感测在如图50B中所展示的波导50134B的阵列处接收的光来生成描述4D光场函数的数据。在实

施例中,显示表面可以是配置成同时感测成像数据并且投射全息、2D和立体对象的双向能量表面。如上文所述,光源系统和光传感器位置可在光引导系统50102B内的波导50134B后方。跟踪处理器50133A可分析描述4D光场的函数以确定第一用户50126B、第二用户50126B'或任何额外用户的位置,因此视力矫正装置可根据被确定以考虑每个用户的个别未矫正视觉敏锐度的一个或多个4D光场函数而投射全息、2D或立体对象50124B、50124B'。

[0567] 类似于上,图50B的视力矫正装置可包含具有跟踪处理器的处理器50132B,处理器50132B和跟踪处理器为不同单元。且如上文所述,可随着用户移动通过具有一个或多个相机或深度传感器的眼睛跟踪能量传感器50130B动态地跟踪观察区域,且被配置成感测在波导50134B的阵列的界面处接收的能量。这些实施例可与如本文所公开的其它能量感测系统、能量波导系统和光抑制元件组合,从而允许单个用户或单个观察区域或多个用户和多个观察区域。

[0568] 如图50A-50B中所描绘,视力矫正装置50100还可包含与控制系统50122通信的存储器50136。在一些实施例中,控制系统50122将4D光场函数存储于存储器50136中。存储器50136允许视力矫正装置50100存储4D光场函数,其考虑个别用户50126的未矫正视觉敏锐度。这允许视力矫正装置50100存取针对特定用户50126所校准的4D函数光场函数,使得用户可用经矫正视觉敏锐度观察全息、2D或立体对象50124。在一些实施例中,对应于多个用户的多个4D光场函数可存储在存储器50136上。并且,描述4D光场函数的数据可由视力矫正装置50100根据所属领域中已知的任何数据传送方法接收。举例来说,描述4D光场函数的数据可从因特网、USB上传,或手动地输入到用户界面中。另外,如本公开中其它地方更详细地描述,可通过视力矫正装置50100计算4D光场函数。除非另外明确指出,否则包含存储器的视力矫正装置的实施例可与本文中所描述的其它实施例(例如,用于实行用于存储数据和信息的指令的存储器处理器等等)组合。

[0569] 在一个实施例中,具有存储器50136的处理器可被配置成指示存储器50136存储至少一个额外4D光场函数,其中至少一个额外4D光场函数被确定以考虑至少一个额外用户的第一未矫正视觉敏锐度,并且其中处理器被配置成指示存储器50136使至少一个额外用户的用户名、至少一个额外用户的用户简档和至少一个额外用户的用户标识中的至少一个与存储于存储器50136中的至少一个额外4D光场函数相关联。

[0570] 在一些实施例中,视力矫正装置50100可包含如贯穿本公开的其它地方所描述的中继器系统,且本文中不再进一步详细描述。在实施例中,中继器系统可包含一个或多个中继器元件,其中每个中继器元件具有第一和第二表面且被配置成沿着多个传播路径通过第一和第二表面将由多个光源发射的光引导到多个光位置。在一些情况下,如上文所述,中继器元件的第二表面可被布置成形成单一无缝能量表面。

[0571] 如上文所论述,视力矫正性装置可计算一个或多个4D光场函数。图51A中描绘了一个所述装置的示例。在实施例中,视力矫正装置51100A包含具有类似于本公开的其它实施例的多个光源的光源系统51113A。如所属领域的普通技术人员可了解,可使用如本公开中其它地方所论述的多种不同类型的来源。

[0572] 在实施例中,视力矫正装置51100A包含具有波导51104A的阵列的光引导系统51102A。在一些实施例中,视力矫正装置51100A可或可不利用波导作为光引导系统51102A的组件。并且,如所属领域的普通技术人员将了解,可存在符合本文中所制造的公开内容的

可用作光定向系统的替代性实施例。

[0573] 在操作中,可沿着多个光传播路径51106A从波导51104A的阵列引导光源系统51113A的光源。每个传播路径51106A延伸通过光源系统51113A的多个光位置51108A中的一个。在实施例中,波导51104A的阵列的第一波导51110A被配置成沿着多个传播路径51106A的第一传播路径51114A从多个光位置51108A的第一光位置51112A引导光。第一传播路径51114A在独特方向上从第一波导51110A延伸,意味着这是在所述方向上从第一波导51110A延伸的唯一传播路径。至少通过第一光位置51112A确定独特方向。但是,应了解,在其它实施例中,可存在确定独特方向的额外或其它因素。还应注意,图51A表示说明性示例,且并不限制本公开的实施例。可使用具有额外传播路径、波导和从额外独特方向延伸的传播路径的额外实施例。

[0574] 在一个实施例中,图51A的视力矫正装置还包含控制系统51122A,其被配置成操作光源系统51113A的多个光源以引导光通过光引导系统51102A以沿着多个传播路径51106A投射测试对象51124A。且如上文所述,装置可包含被配置成从用户输入的进展生成被确定以考虑用户51126A的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数的处理器51138A。

[0575] 在实施例中,装置包含交互式用户界面51136A。在一些实施例中,交互式用户界面51136A可包含所属领域中已知的任何类型,包括但不限于触摸屏、键控输入、语音识别、触觉或手势跟踪等等。用户界面51136A可被配置成从用户51126A接收输入的进展,以对用户对测试对象51124A的视觉清晰度的感知进行分级。

[0576] 在操作中,控制系统51122A可被配置成随着用户将输入输入到用户界面51136中,对测试对象51124A的视觉清晰度进行分级反复地调整测试对象51124A。调整可包含由对测试对象51124A的视觉清晰度进行分级的用户输入的进展所确定的连续屈光度和散光矫正。图51A、51B和51C展现迭代过程的示例。

[0577] 图51B展示如由用户51126B所感知的测试对象的第一迭代51124B。用户51126B将数据输入到用户界面51136B中,所述数据对测试对象的第一迭代51124B的清晰度进行分级。如果用户输入指示需要调整,则控制系统51122B使用输入对测试对象51124B进行屈光度或散光矫正以产生测试对象的第二迭代51124C,如图51C中所展示。接下来,用户51126C对测试对象的第二迭代51124C的清晰度进行分级。如果需要进一步调整,那么控制系统51122C将进行如通过用户界面51136C由用户输入确定的额外屈光度或散光矫正,且此过程将继续直至用户将测试对象51124A感知为足够清晰为止,如图51A中所示。处理器51138A随后使用对测试对象51124A的迭代的视觉清晰度进行分级的用户输入的进展以生成4D光场函数,所述4D光场函数被确定以考虑用户51126A的视力,其考虑所述用户的未矫正视觉敏锐度。除非另外特定表示,否则允许视力矫正装置51100A计算被确定以考虑用户的视力的4D光场函数的视力矫正装置51100A的实施例(包含具有交互式用户界面的实施例)可与本公开的其它实施例组合。这包含但不限于波导能量系统、光抑制元件和视力矫正装置,其允许投射可由一个或多个用户以一个或多个经矫正视觉敏锐度感知的全息、2D或立体对象。

[0578] 可利用不同分级方案。在实施例中,允许用户独立地用每只眼睛对测试对象51124A进行分级。且控制系统51122A可针对每只眼睛作出调整且独立地进行上文所描述的迭代过程以产生用户输入的进展,其允许处理器51138A生成可同时考虑用户51126A的两只眼睛中的每一个的未矫正视觉敏锐度的4D光场函数。在其它实施例中,未矫正视觉敏锐度

包含第一用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和第一用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度,并且4D光场函数进一步同时考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。

[0579] 一些分级方案还可允许视力矫正装置51100A计算4D光场函数以考虑可在不同深度处出现的多种视力缺陷,或在用户的右眼和左眼之间变化的视力缺陷。如图52中所展示,测试对象52106可包含位于不同深度(例如,距离)处的多个子对象52124A-52124E。用户可接着对每个子对象52124A-52124E的视觉清晰度进行分级。并且,如上文所描述,控制系统可反复地调整每个子对象52124A-52124E直到每个子对象52124A-52124E足够清晰为止,如图53-54中所示。在迭代调整期间收集的渐进式用户输入允许处理器生成被确定以考虑多于一种视力问题,以及在不同距离处变化的视力问题的4D光场函数。在一些实施例中,可一次一个地反复地调整每个子对象。并且,在其它实施例中,用户可在测试对象的单次迭代中对所有子对象进行分级。下一迭代可包含已调整所有子对象的测试对象。在另一实施例中,第一测试对象可包含在对应的多个感知距离处可为第一用户感知的多个子对象,其中来自第一用户的用户输入的进展对多个子对象的视觉清晰度进行分级。换句话说,在实施例中,未矫正视觉敏锐度可包含用户的多种未矫正视觉子敏锐度或子对象,其中用户以相同的未矫正视觉子敏锐度或子对象感知与用户等距的所有可见对象,并且其中4D光场函数进一步同时通过多种同时光焦度矫正来考虑多种未矫正视觉子敏锐度或子对象,每种光焦度矫正对应于一种未矫正视觉子敏锐度或子对象。

[0580] 除非另外明确陈述,否则对子对象或视觉子敏锐度进行分级的实施例可与本文中公开的其它实施例组合。举例来说,允许用户对每只眼睛的测试对象的清晰度进行分级的实施例还可允许用户对每只眼睛的多个子对象的清晰度进行分级以产生用户输入的进展,其允许处理器生成4D光场函数,所述4D光场函数同时考虑可在不同深度处变化的每只眼睛的多种视力缺陷。

[0581] 在实施例中,本文公开了一种用于校准可用于根据用于具有未矫正视觉敏锐度的用户的四维(“4D”)光场函数投射2D、立体或全息对象的4D光场显示器的方法,如在图55中所描绘。在一个示例中,所述方法可包含使用4D光场显示器来投射测试对象55110。测试对象可包含2D、立体或全息对象等等。接下来,所述方法可包含步骤55120以根据评估测试对象的清晰度的用户输入的进展反复地调整测试对象的投射。用户评估55130测试对象的清晰度且将数据输入到交互式用户界面中。在步骤55140中,确定是否需要根据在所述迭代中输入的用户输入调整测试对象。如果是,则在步骤55150中调整测试对象,且用户再次评估55130经调整的测试对象。此迭代过程继续直至在步骤55140中确定不再需要调整且从用户输入的进展生成55160 4D光场函数。在操作中,4D光场显示器采用经矫正的4D光场函数来校准全息、2D或立体投射以矫正用户的任何视力问题。

[0582] 在实施例中,调整测试对象包含连续屈光度和散光矫正的进展。测试对象可包含2D或立体对象。在一些实施例中,测试对象可为斯内伦测视力图。在操作中,用户通过读取来自斯内伦测视力图的线来评估测试对象的清晰度。测试对象还可包含多个子对象,每个子对象被投射在用户的视场中的独特深度处。在其它实施例中,评估测试对象的清晰度包含评估每个子对象的清晰度。可生成4D光场函数以考虑用户的未矫正视觉敏锐度中的近视、远视、散光或老花眼。在一些实施例中,4D光场函数可考虑具有用户的未矫正视觉敏锐度中的多种视力缺陷的用户等等。在其它实施例中,可针对额外用户重复方法以投射经校

准以考虑额外用户的视力问题的额外全息对象。

[0583] 未矫正视觉敏锐度可包含用户的左眼的左眼未矫正视觉敏锐度和用户的右眼的右眼未矫正视觉敏锐度。在所述情况下,4D光场函数可同时考虑左眼未矫正视觉敏锐度和右眼未矫正视觉敏锐度。在一些实施例中,4D光场函数考虑用户的未矫正视觉敏锐度,其中未矫正视觉敏锐度可通过光焦度矫正进行矫正。在其它实施例中,4D光场函数用多个光焦度调整考虑用户的未矫正视觉敏锐度,所述多个光焦度调整考虑用户的对应于多个不同距离处的视力的多种未矫正视觉子敏锐度。

[0584] 尽管上文已描述了根据本文公开的原理的各种实施例,但是应理解,它们仅以示例的方式呈现,且不具有限制性。因此,本发明的广度和范围不应受上述示例性实施例中的任一个限制,而是应仅根据由本公开发布的权利要求书和其等同物来限定。此外,上述优点和特征在所描述实施例中提供,但不应将所述发布的权利要求的应用限制于实现上述优点中的任一个或全部的过程和结构。

[0585] 应当理解,在不脱离本公开的范围的情况下,可在各种实施例中采用本公开的主要特征。所属领域的技术人员应认识到或能够使用不超过常规的实验来确定本文中所描述的特定程序的许多等同物。所述等同物被视为处于本公开的范围并且被权利要求书涵盖。

[0586] 另外,提供本文中的章节标题以与37CFR 1.77的建议一致,或另外提供组织性提示。这些标题不应限制或表征可能由本公开发布的任何权利要求中所阐述的一种或多种发明。确切地说且作为示例,虽然标题提及“技术领域”,但所述权利要求不应受到此标题下描述所谓技术领域的语言限制。此外,“背景技术”章节中对技术的描述不应理解为承认技术是本公开中的任一种或多种发明的现有技术。“发明内容”也不应视为所发布权利要求中阐述的一种或多种发明的特征。此外,本公开中以单数形式对“发明”的任何提及不应用以论证在本公开中仅存在单个新颖点。多项发明可根据由本公开发布的多个权利要求的限制来阐述,且所述权利要求相应地限定从而保护的一种或多种发明和其等同物。在所有情况下,所述权利要求的范围应鉴于本公开而基于其自身优点加以考虑,而不应受到本文中阐述的标题约束。

[0587] 当在权利要求书和/或说明书中结合术语“包括”使用时,词语“一(a/an)”的使用可以意指“一个”,而且其还符合“一个或多个”、“至少一个”以及“一个或超过一个”的含义。尽管本公开支持仅指替代方案和“和/或”的定义,但是除非明确指示为是指仅替代方案或所述替代方案相互排斥,否则在权利要求中使用术语“或”用于意指“和/或”。在本申请通篇,术语“约”用于指示一个值包含用于测定所述值的装置、方法的误差的固有变化,或在研究个体当中存在的变化。一般来说但符合前文论述,本文中由如“约”的近似词语修饰的数值可在所陈述的值左右变化至少 ± 1 、2、3、4、5、6、7、10、12或15%。

[0588] 如本说明书和权利要求书中所用,词语“包括(comprising)”(和包括的任何形式,如“包括(comprise)”和“包括(comprises)”、“具有(having)”(和具有的任何形式,如“具有(have)”和“具有(has)”、“包含(including)”(和包含的任何形式,如“包含(includes)”和“包含(include)”或“含有(containing)”(和含有的任何形式,如“含有(contains)”和“含有(contain)”)是包含性或开放性的,且不排除额外未列出的要素或方法步骤。

[0589] 如“在...时”、“等同”、“在...期间”、“完全”等比较、测量和时序词语应理解为意指

“大体上在…时”、“大体上等同”、“大体上在…期间”、“大体上完全”等,其中“大体上”意指所述比较、测量和时序可用来实现暗含地或明确地陈述的所需结果。如“附近”、“接近”和“邻近”的与元素的相对位置相关的词语应意指足够接近以对相应系统元素交互具有实质作用。其它近似词语类似地指代某条件,所述条件在如此经修饰时应理解为未必绝对或完美,但对于所属领域的普通技术人员来说应视为足够接近以保证指示条件存在。描述可变化的程度将取决于可形成多大的变化,且仍使所属领域的普通技术人员将修改的特征辨识为仍具有未修改特征的所需特性和能力。

[0590] 如本文所用,术语“或其组合”是指在所述术语前面的所列项目的排列和组合。举例来说,“A、B、C或其组合”打算包含以下中的至少一个:A、B、C、AB、AC、BC或ABC,并且如果次序在特定情况下较重要,则还有BA、CA、CB、CBA、BCA、ACB、BAC或CAB。继续此示例,明确包含含有一个或多个项目或项的重复的组合,如BB、AAA、AB、BBC、AAABCCCC、CBAAAA、CABABB等。所属领域的技术人员应理解,除非另外从上下文显而易见,否则典型地不存在对任何组合中的项目或项的数目的限制。

[0591] 本文所公开和要求保护的所有组合物和/或方法都可根据本公开在无不当实验的情况下制造和执行。尽管已在优选实施例方面描述了本公开的组合物和方法,但对于所属领域的技术人员来说显而易见的是,可在不脱离本公开的概念、精神和范围的情况下对组合物和/或方法以及在本文所描述的方法的步骤中或步骤序列中进行变化。对于所属领域的技术人员显而易见的所有所述类似的替代和修改被认为是在由所附权利要求书限定的本公开的精神、范围和概念内。

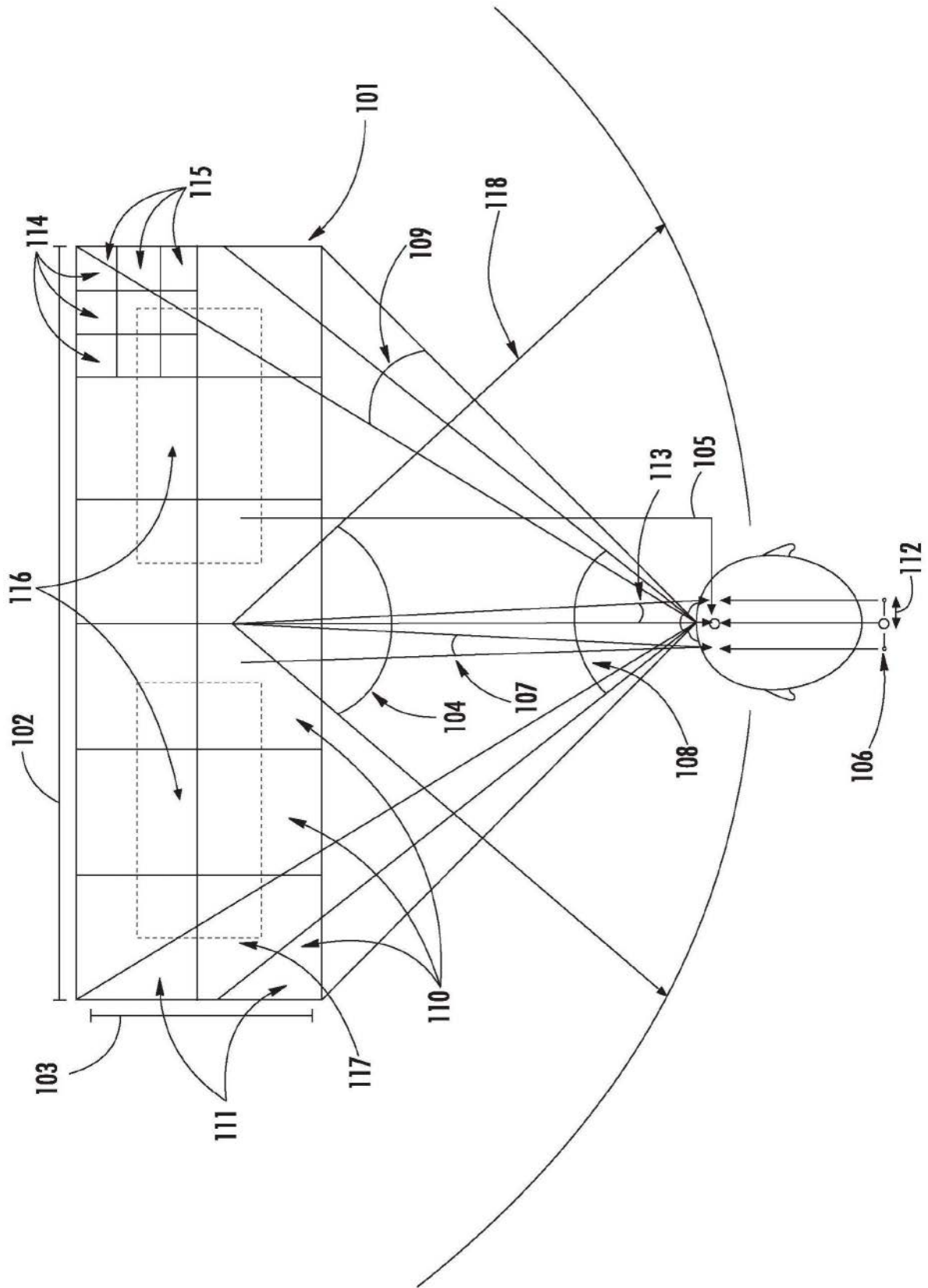


图1

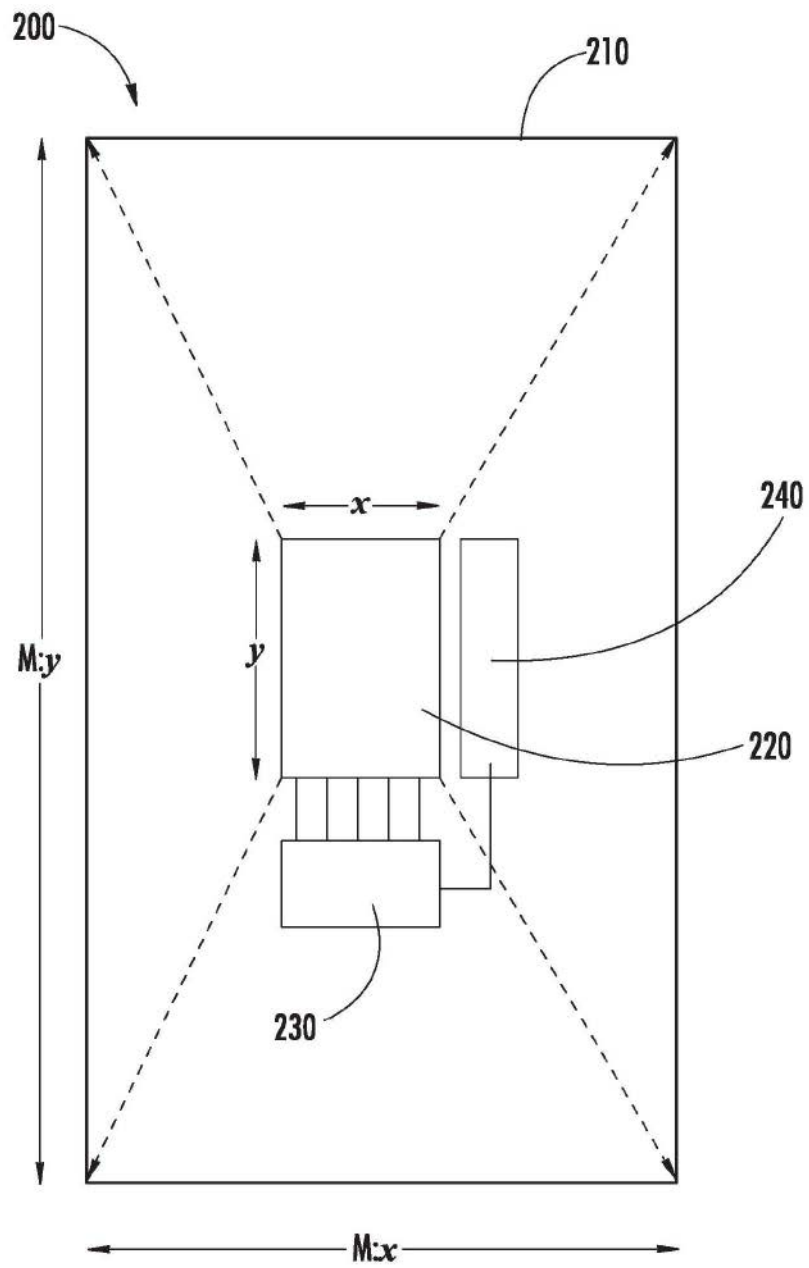


图2

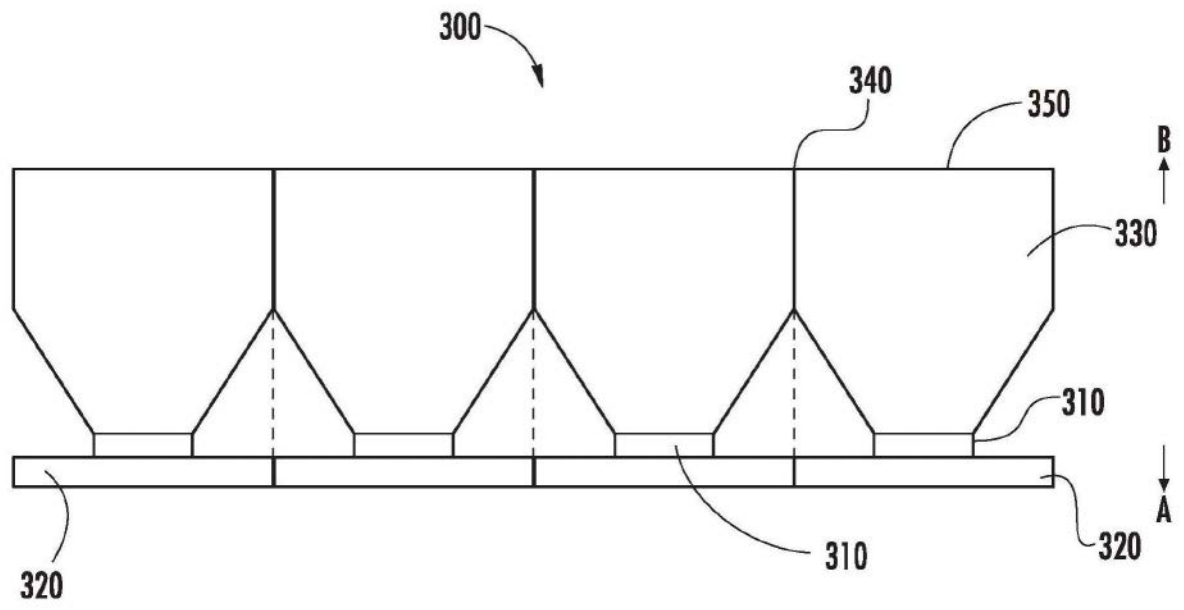


图3

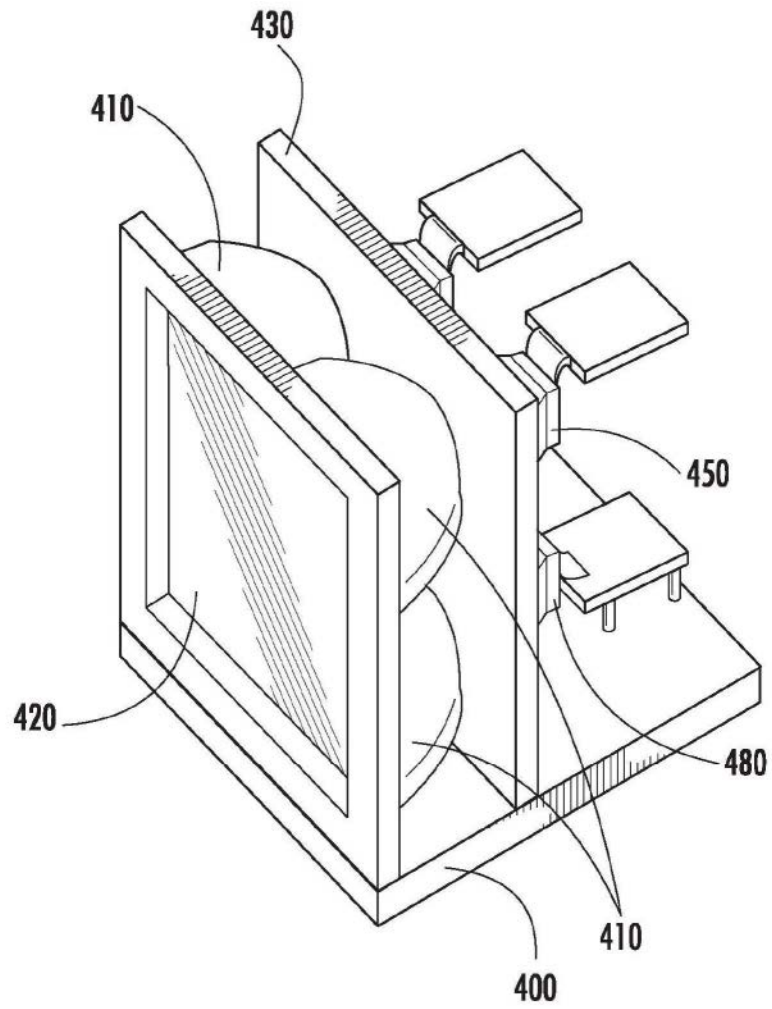


图4

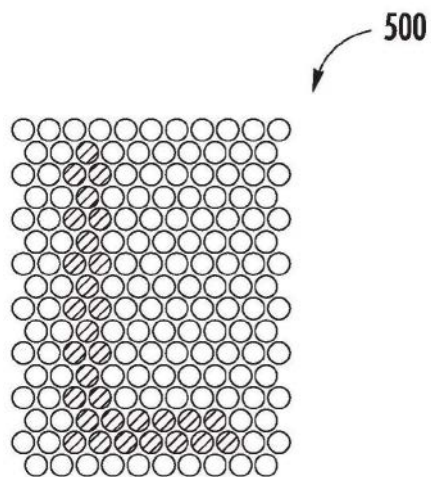


图5A

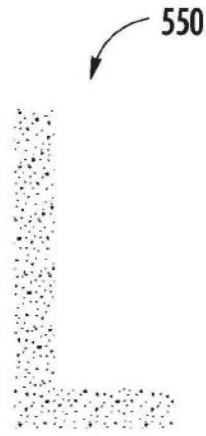


图5B

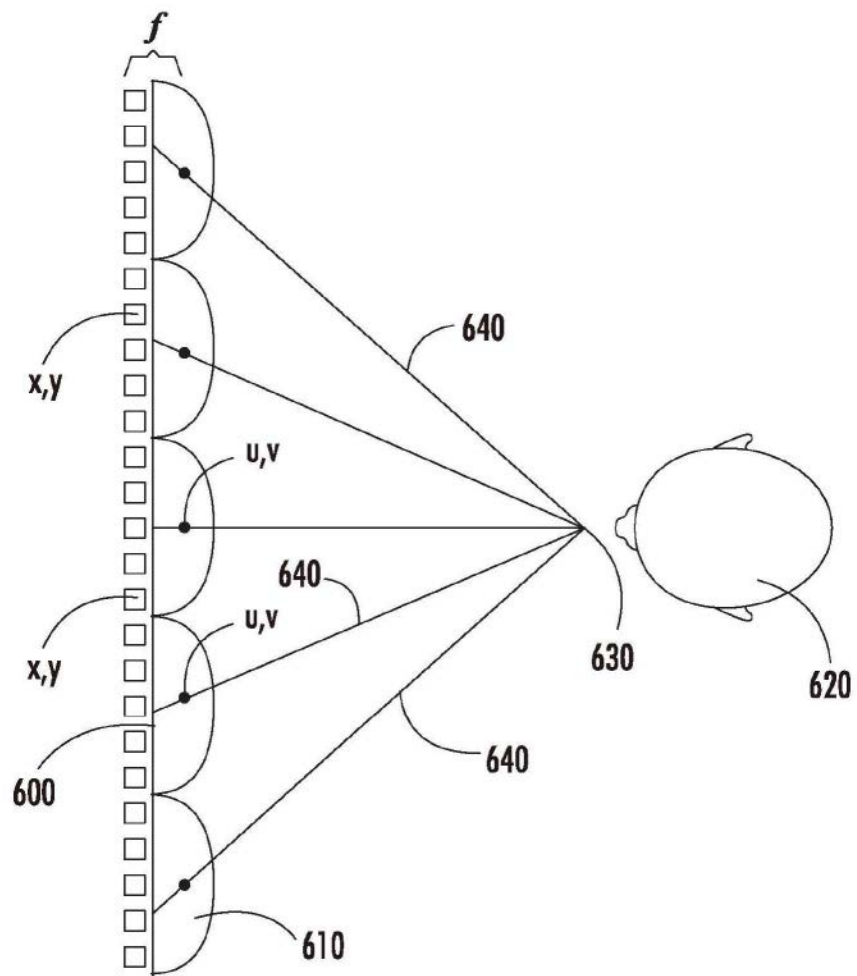


图6

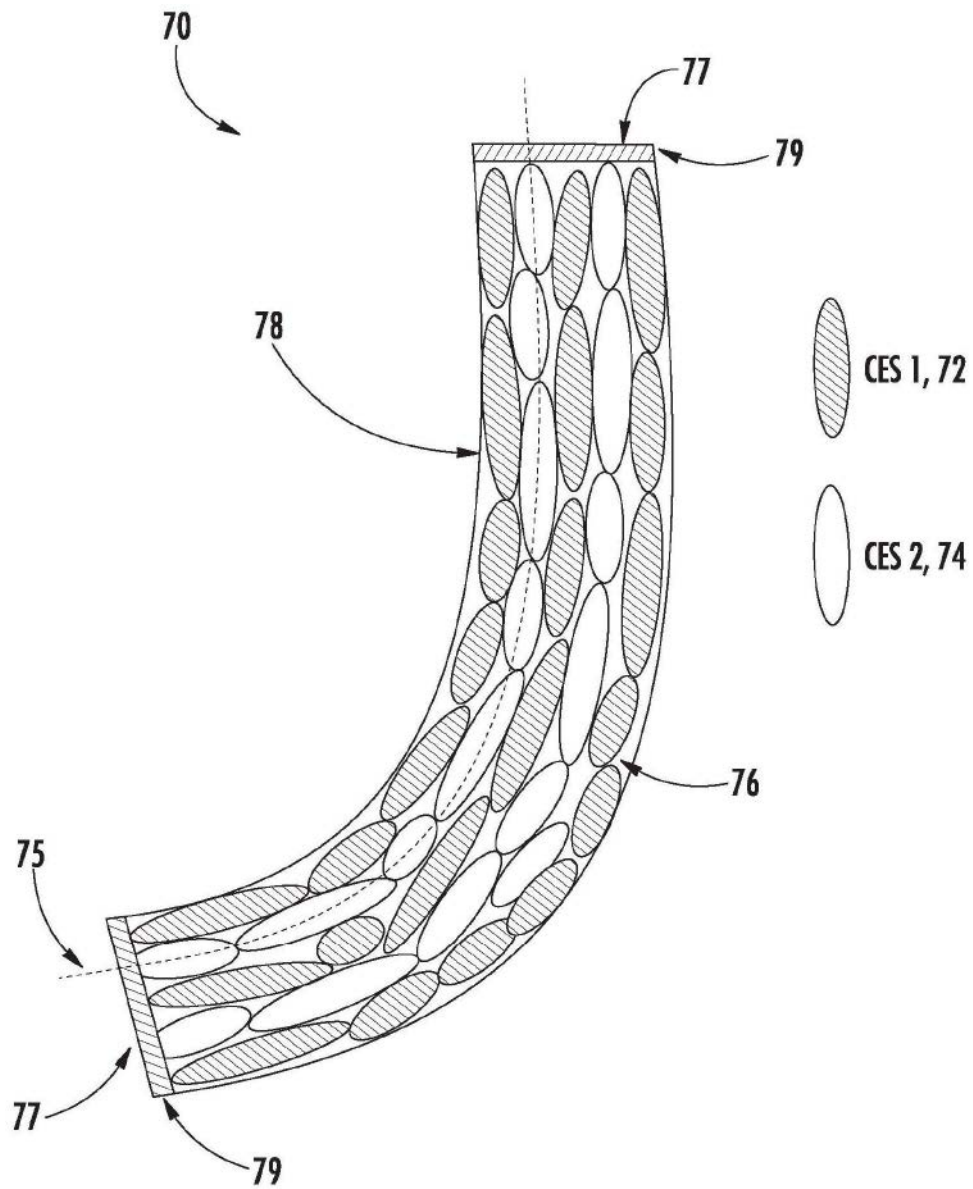


图7A

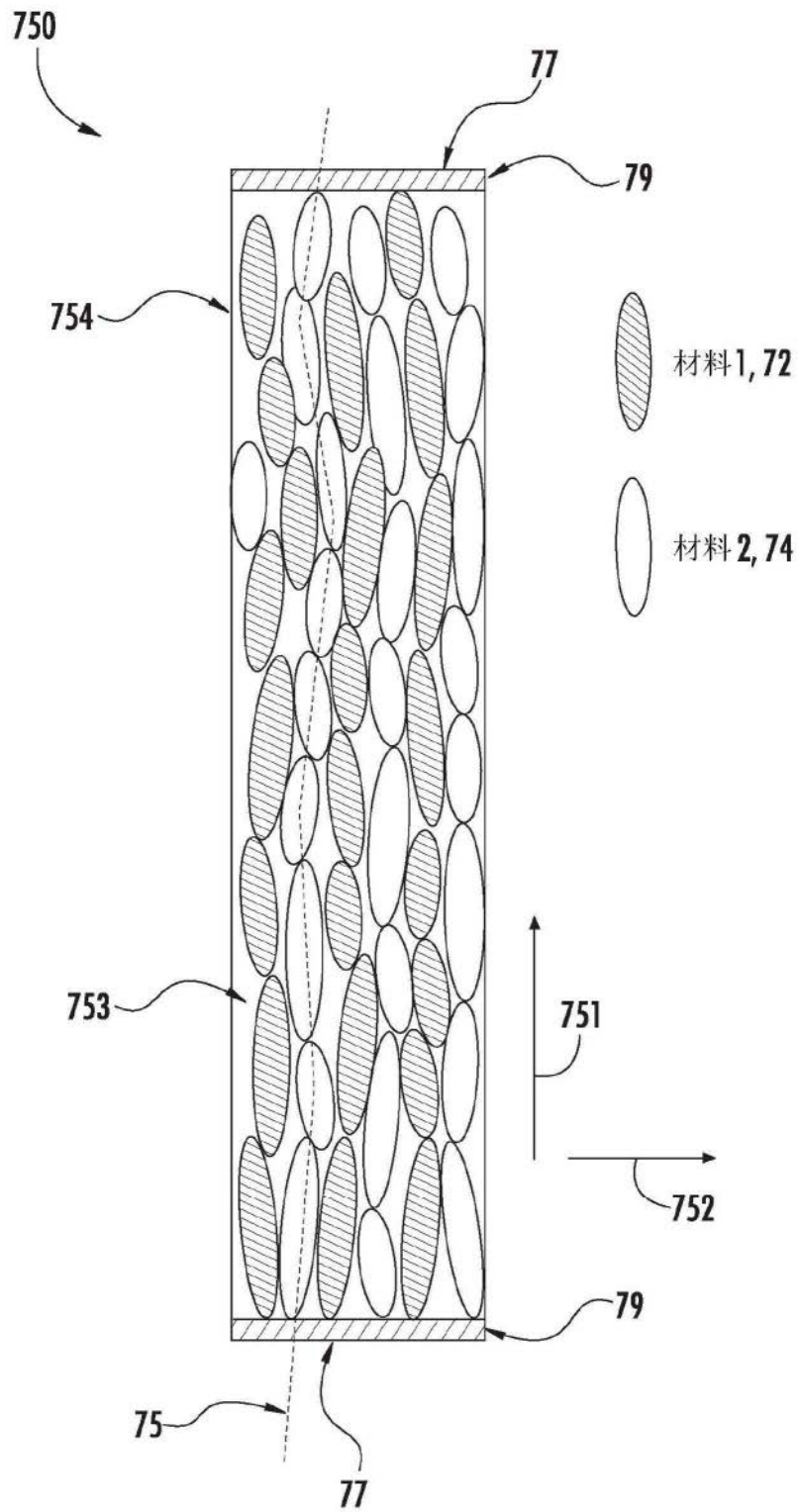


图7B

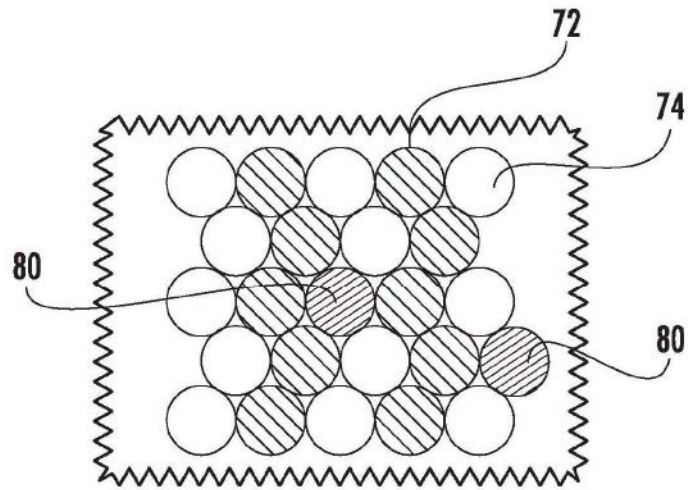
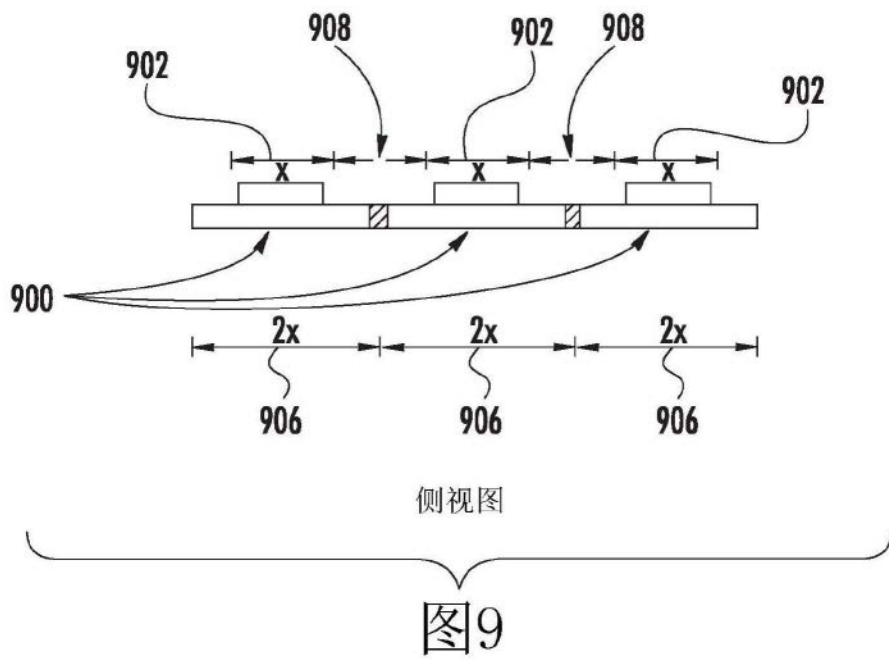
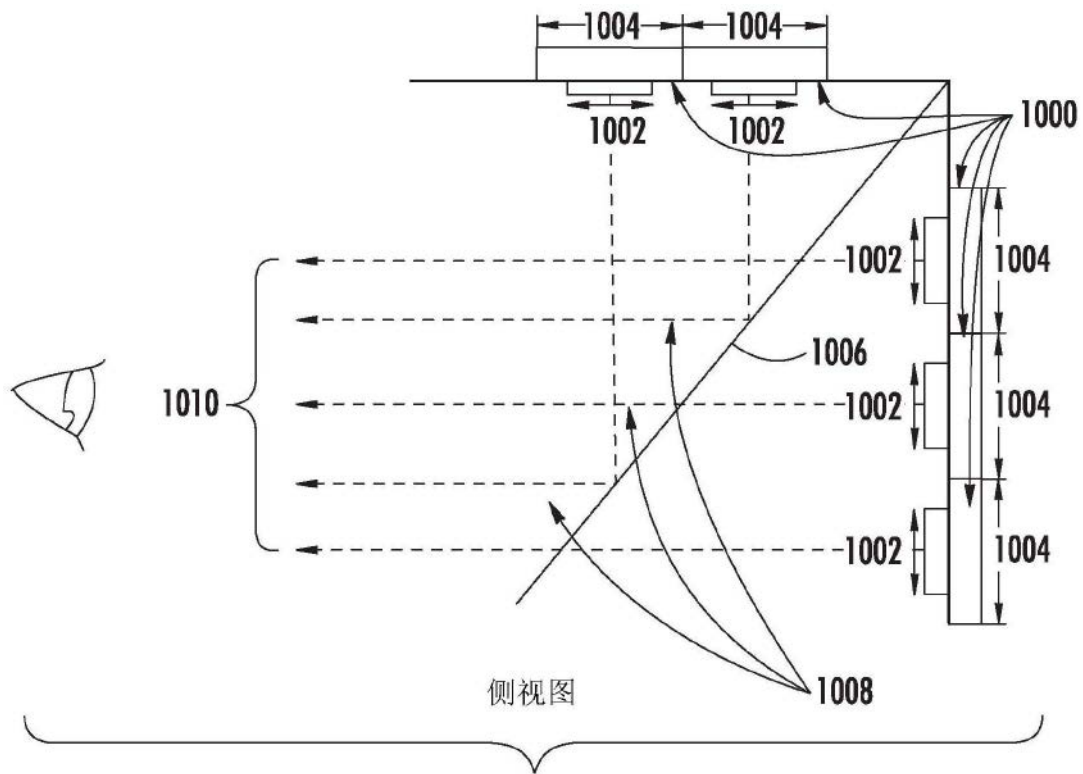
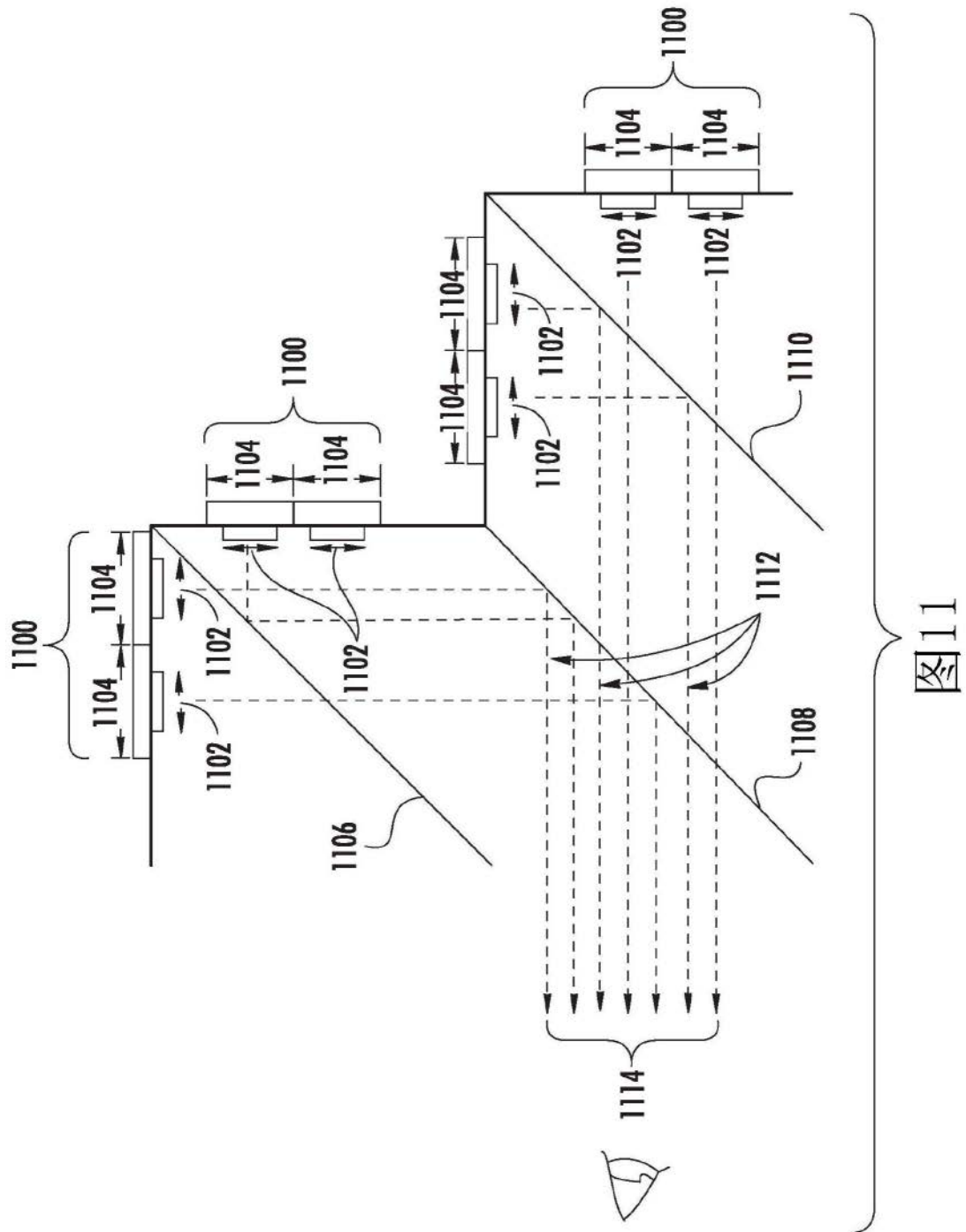


图8







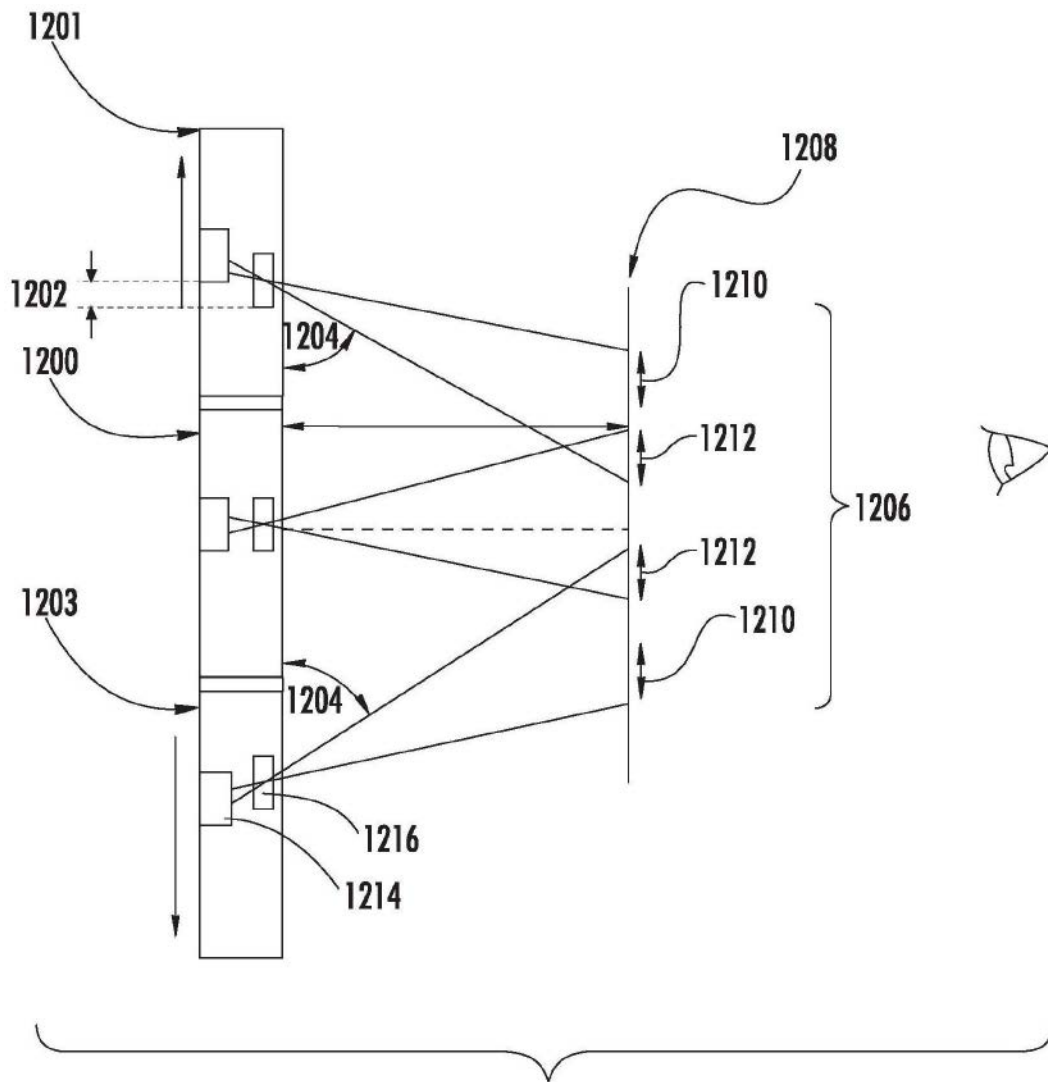


图12

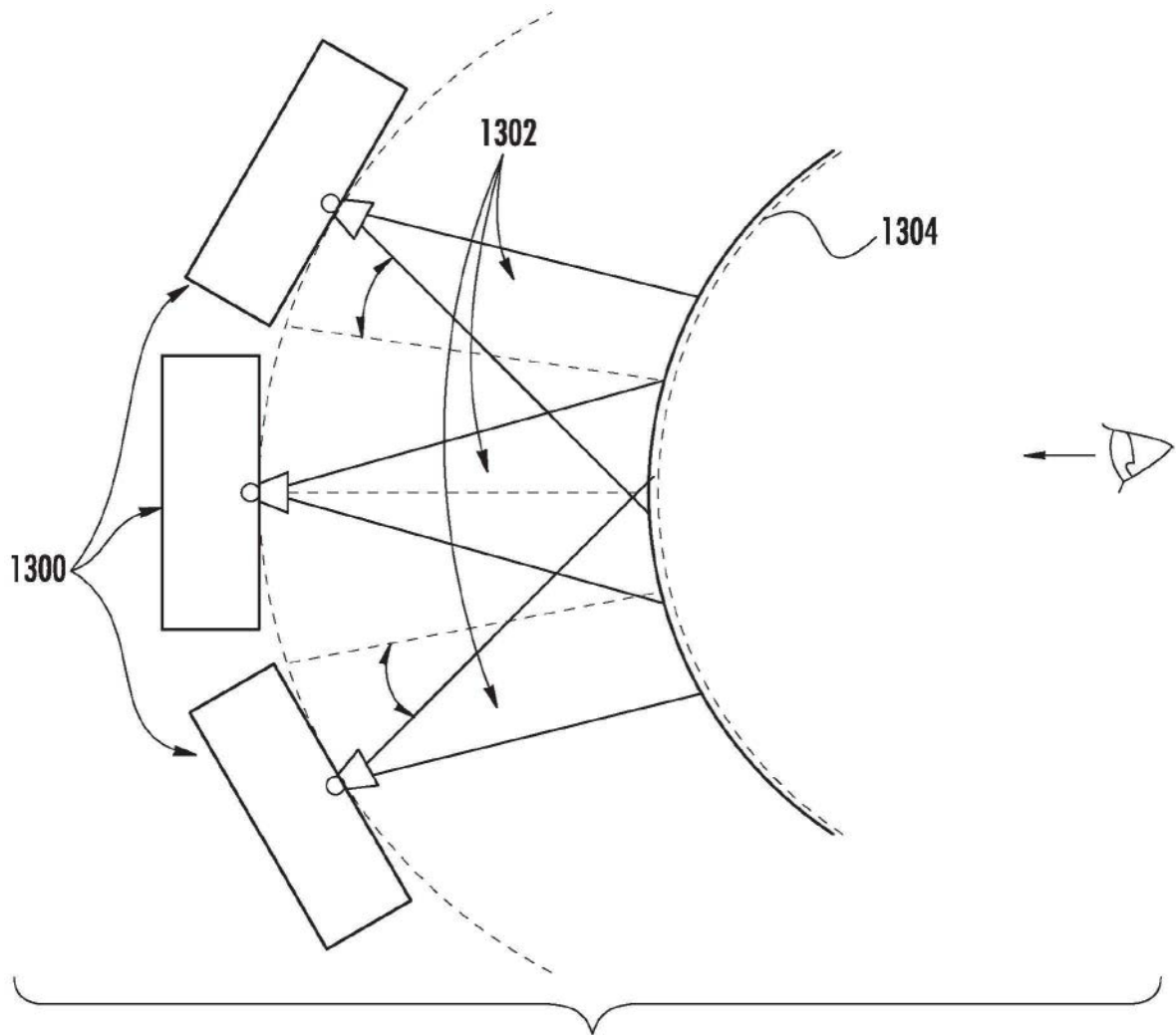


图13

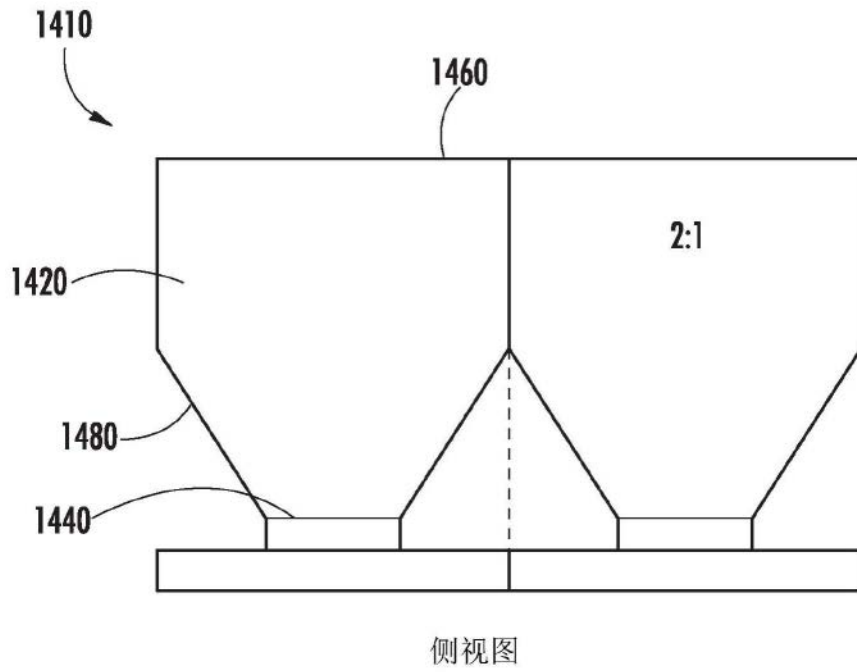


图14

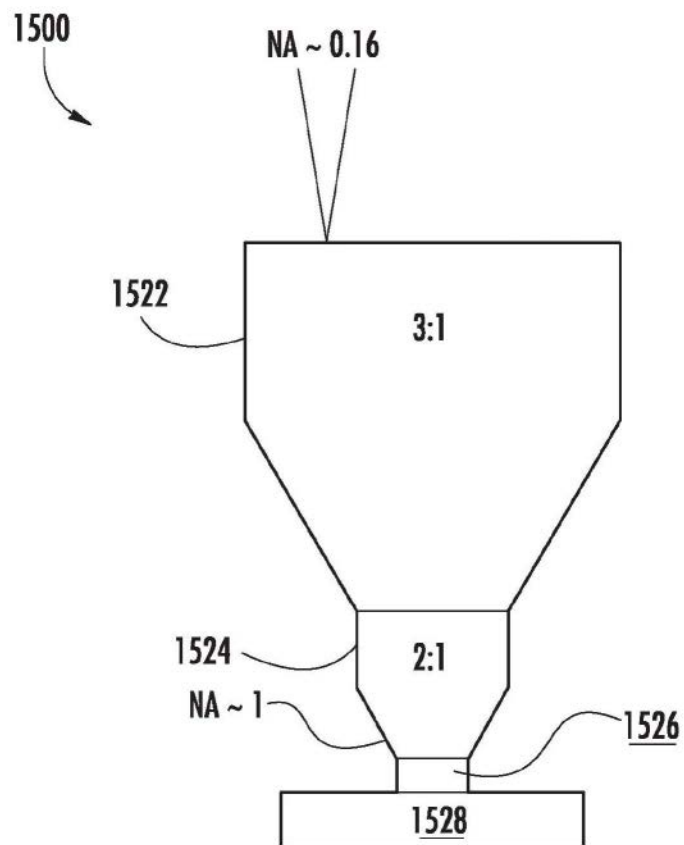


图15

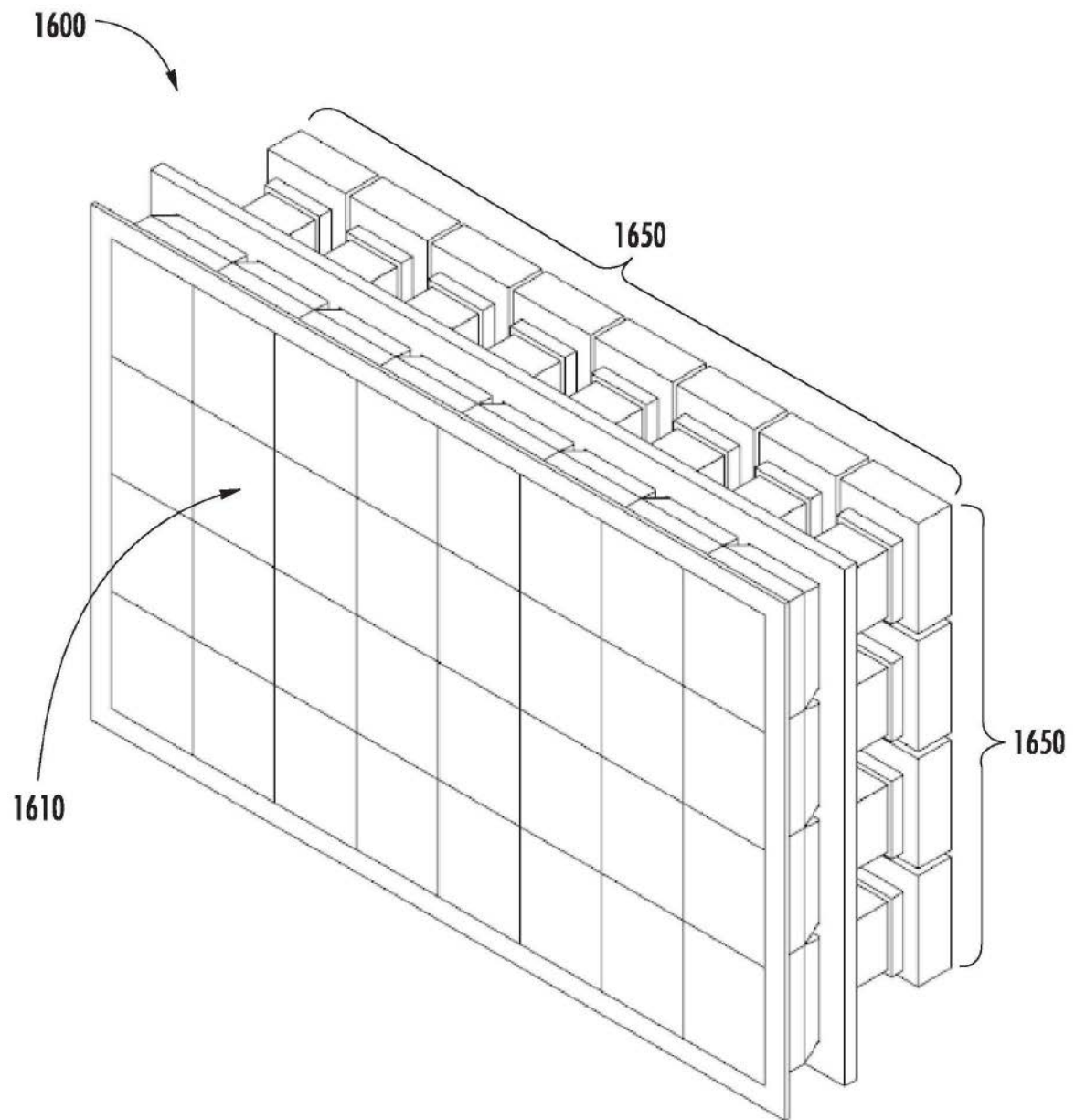
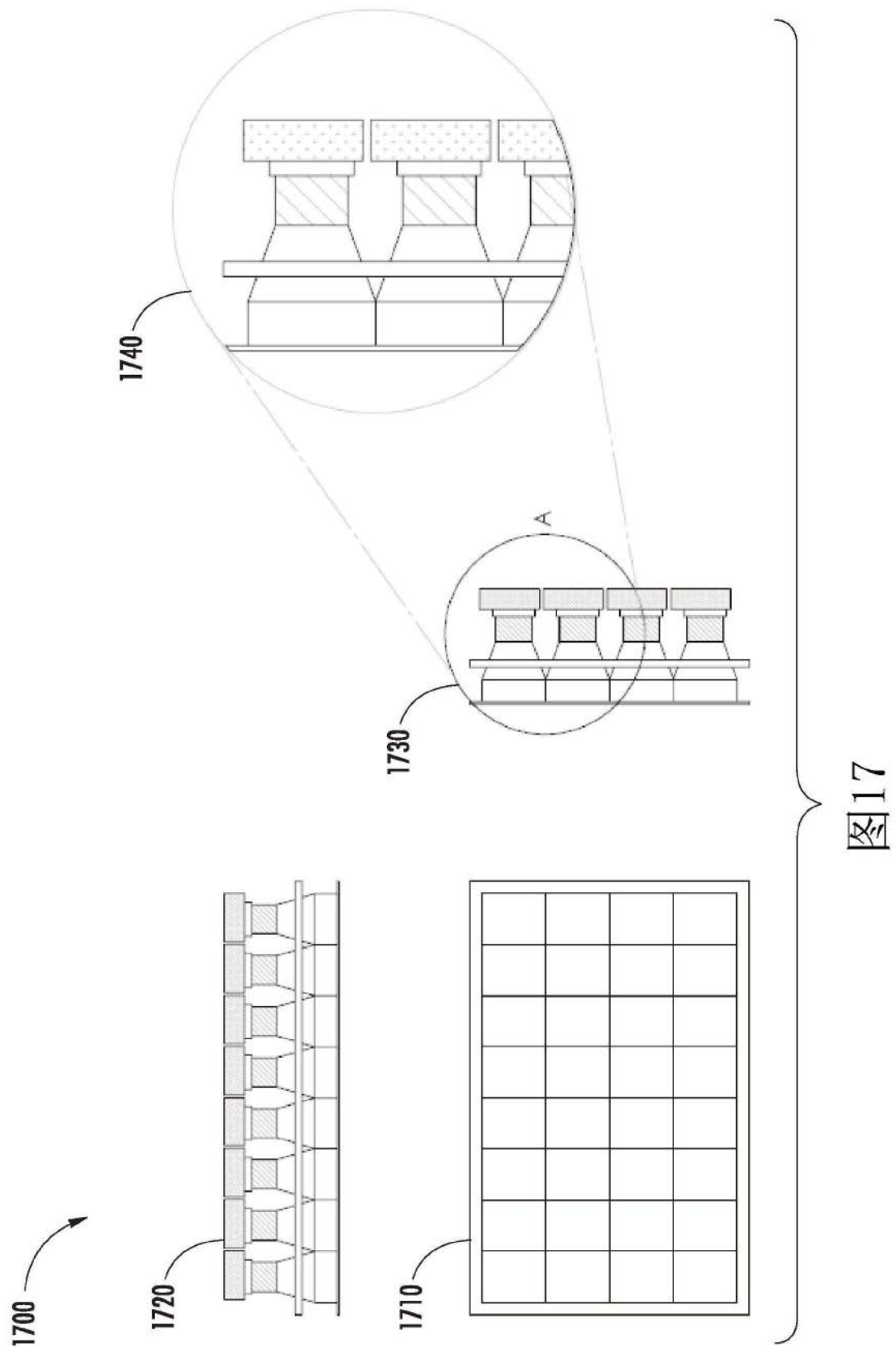


图16



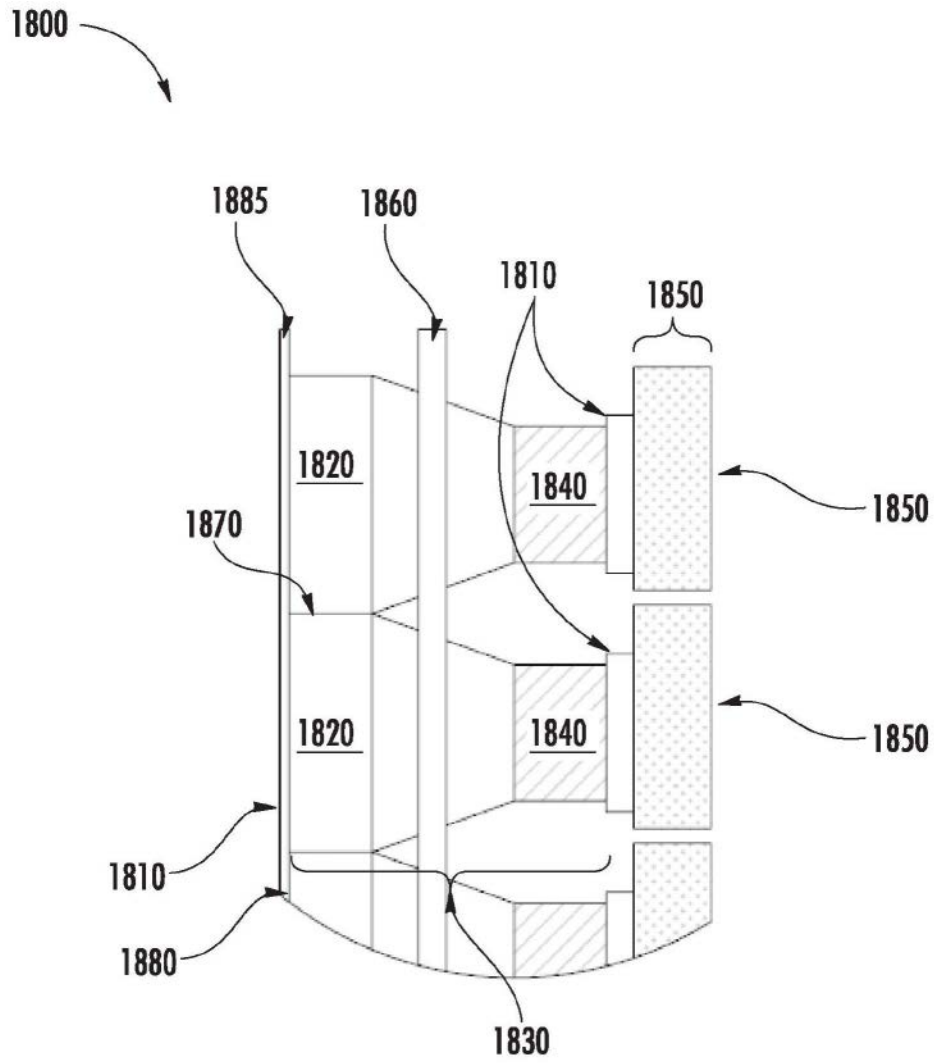


图18

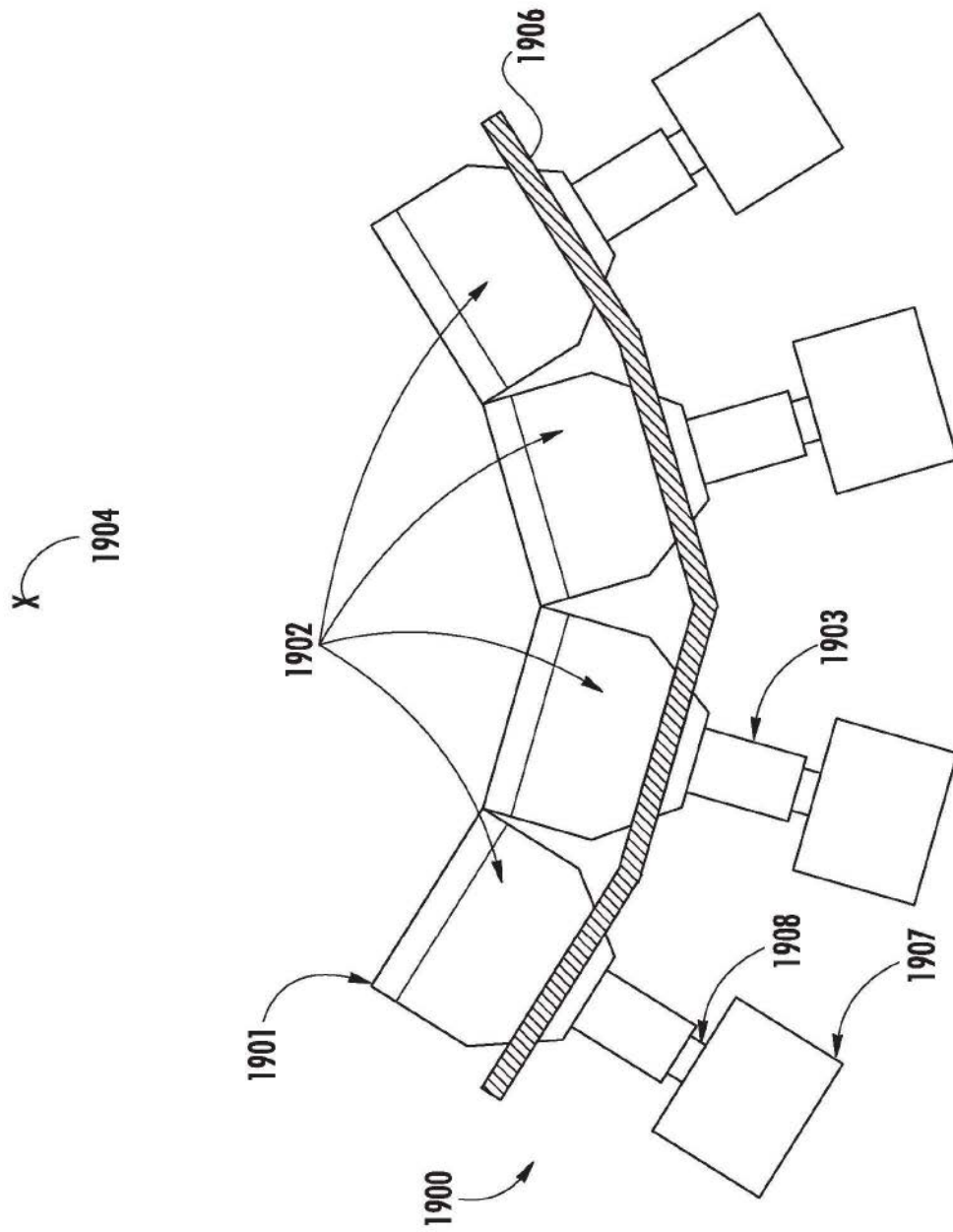


图19

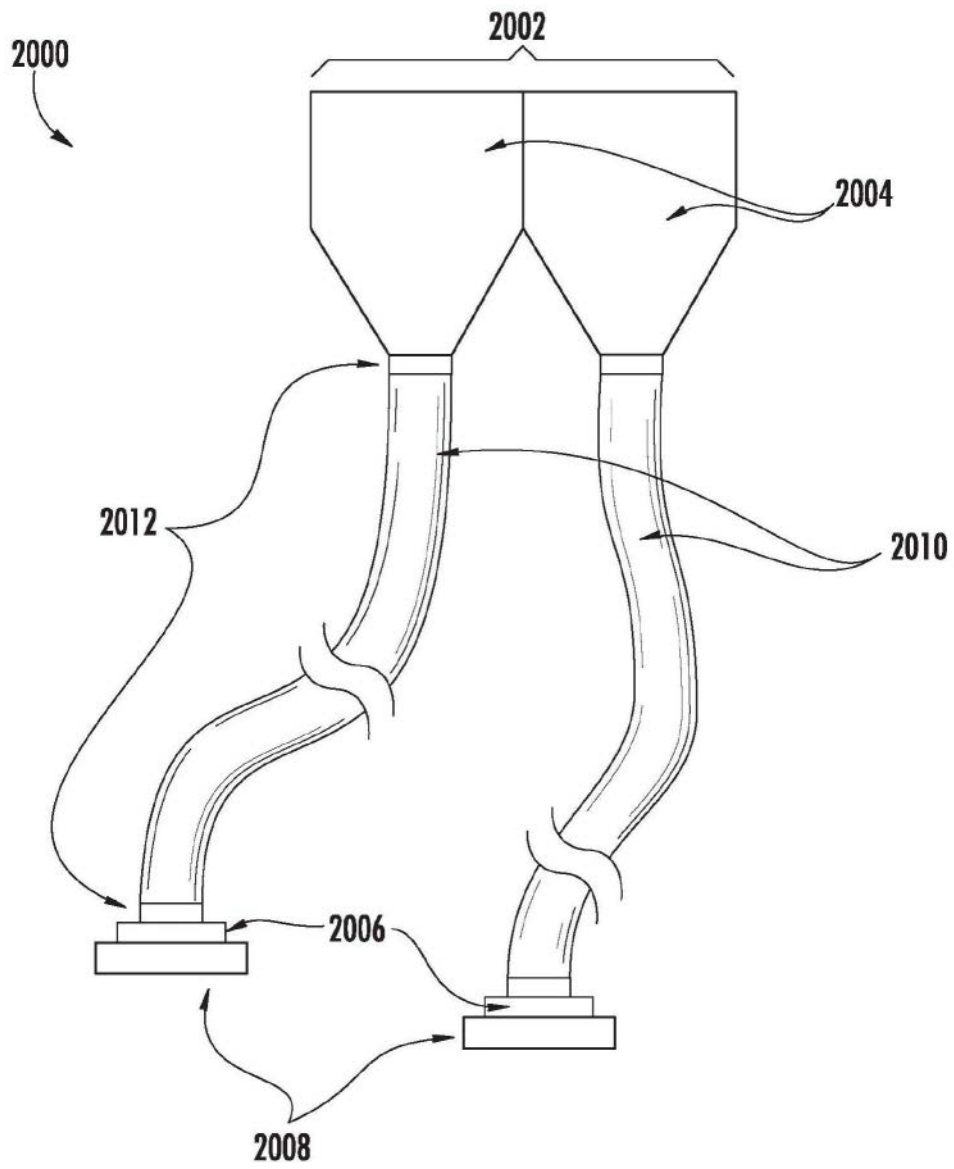


图20

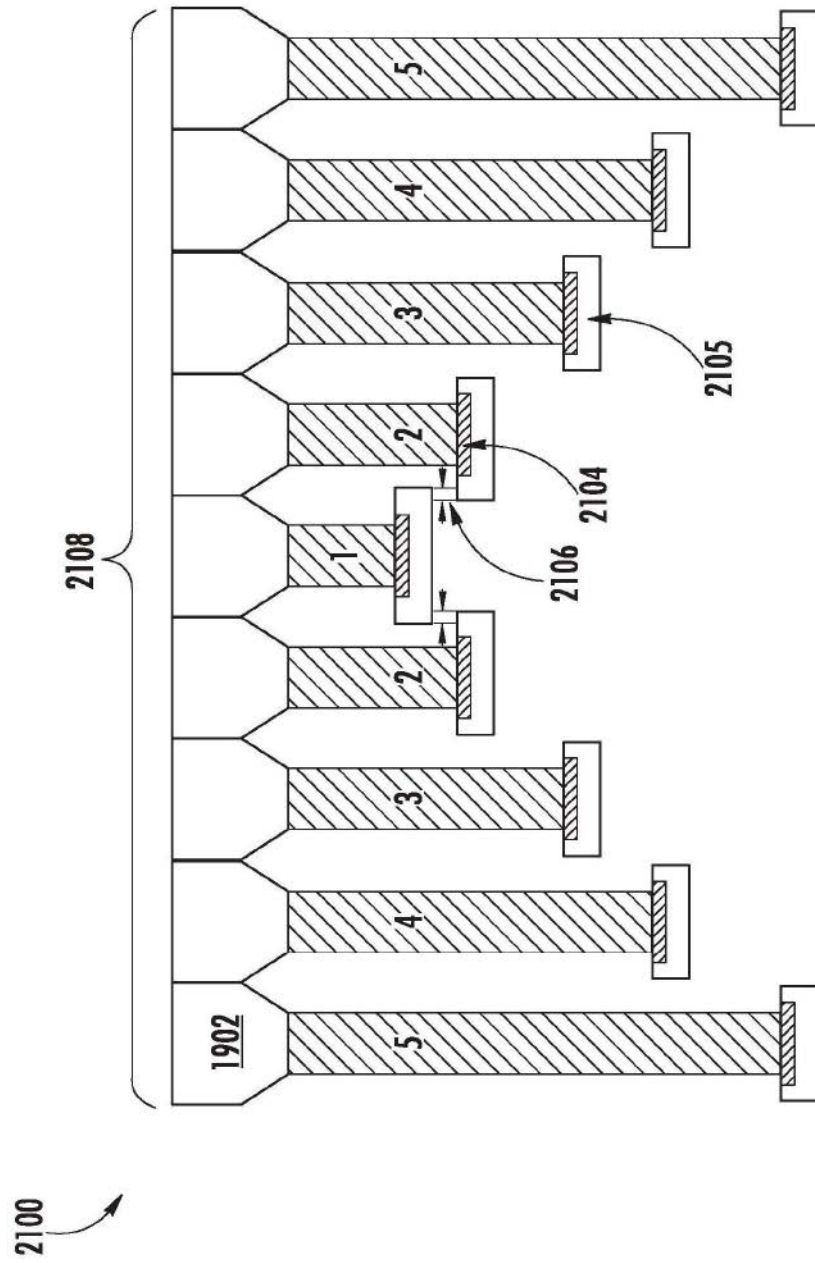


图21

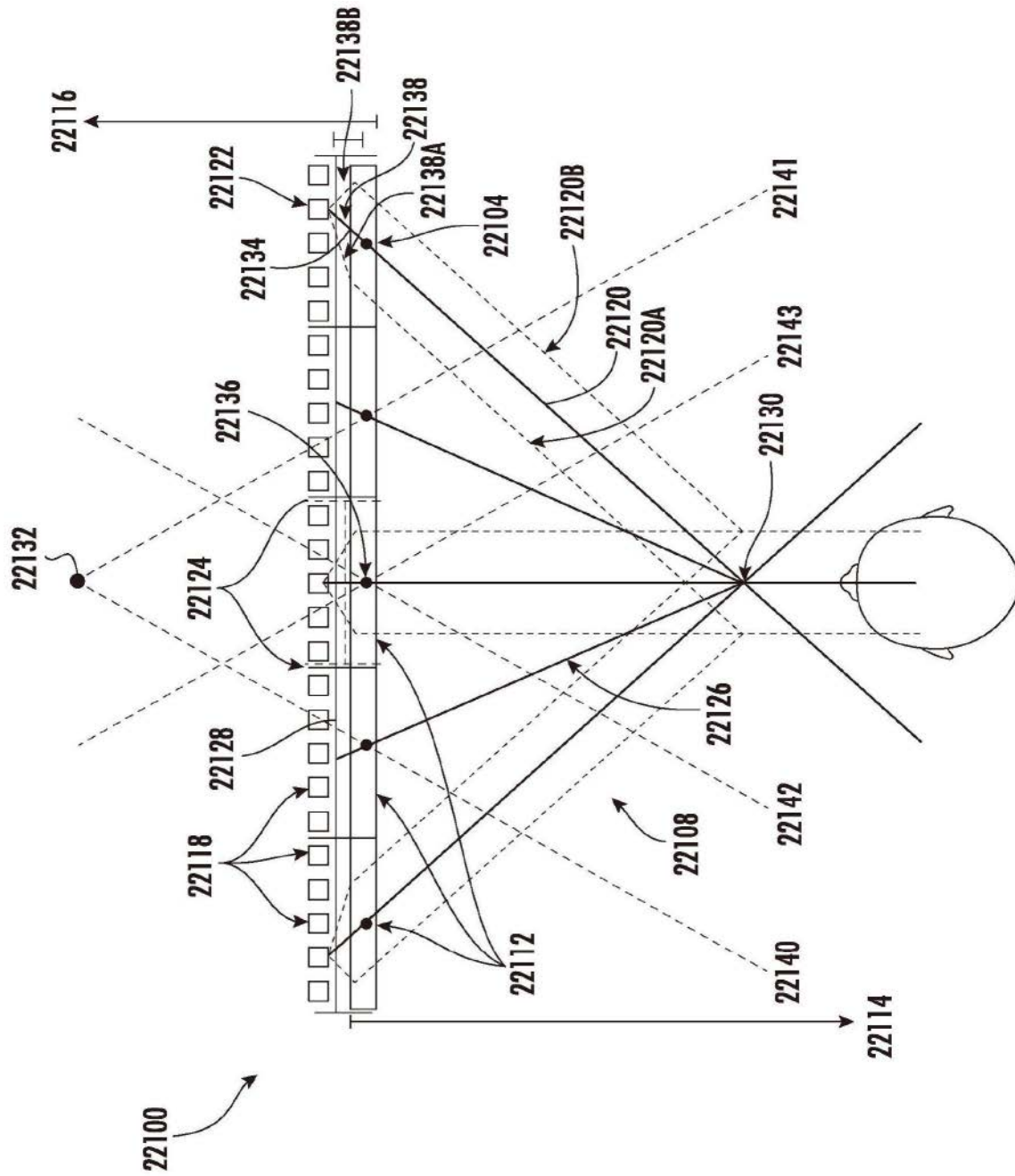


图22

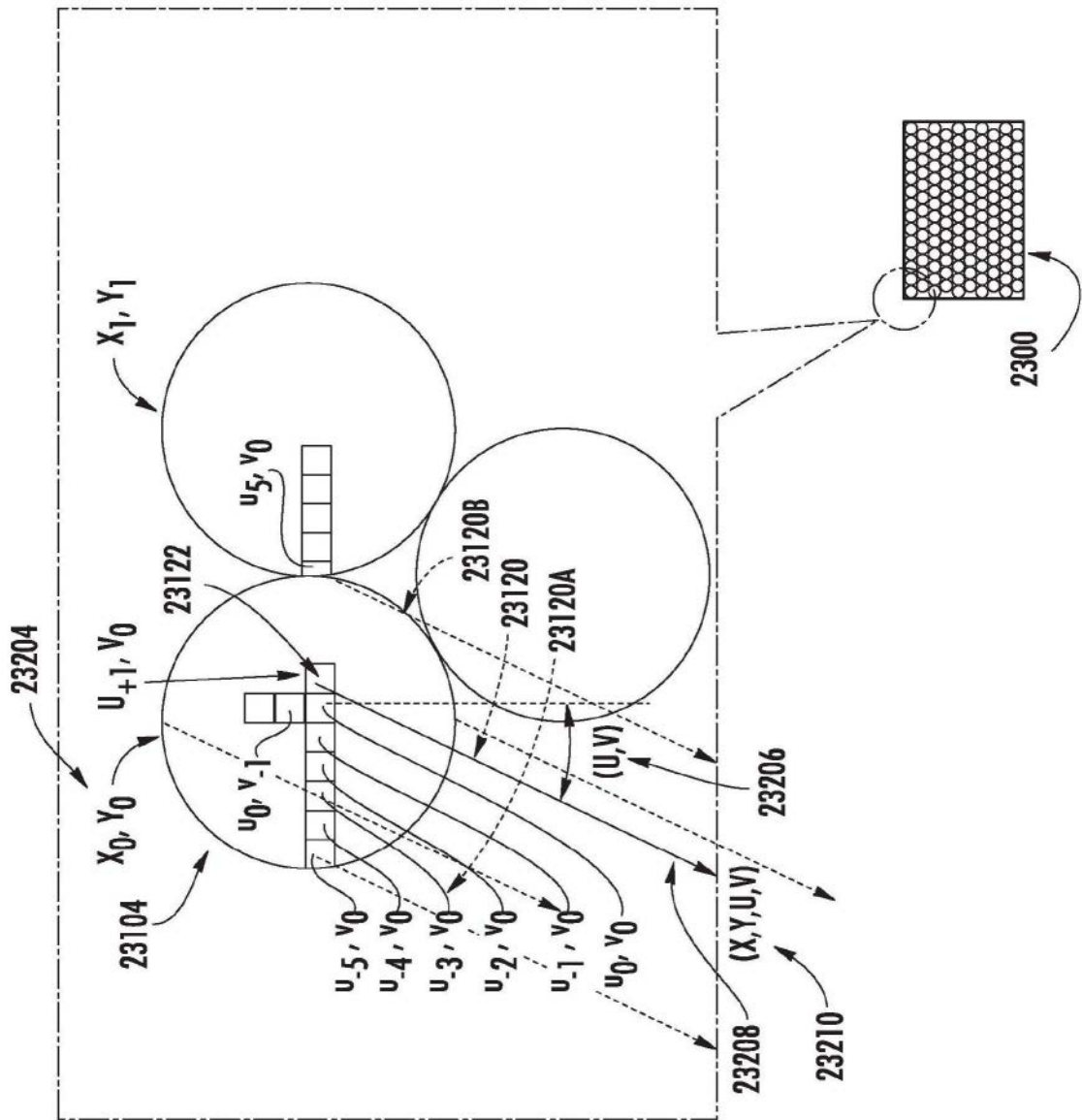


图23

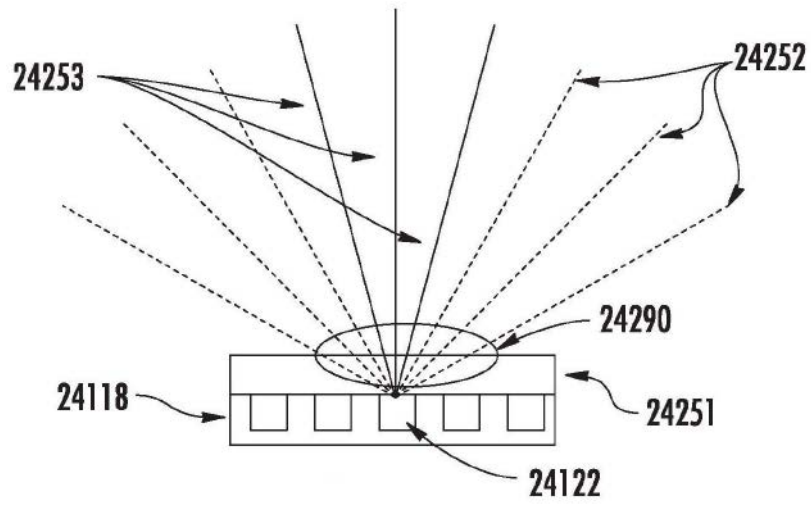


图24A

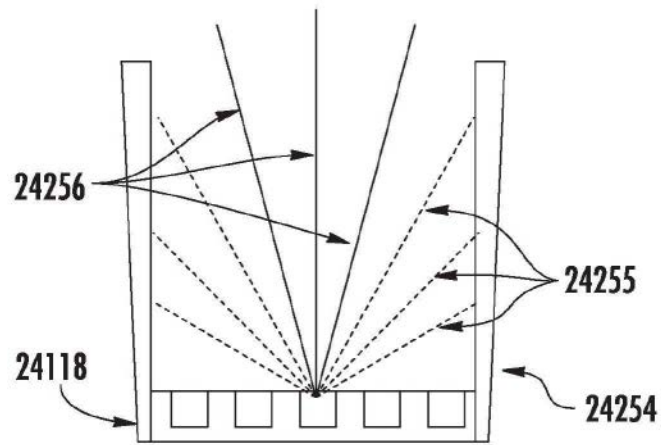


图24B

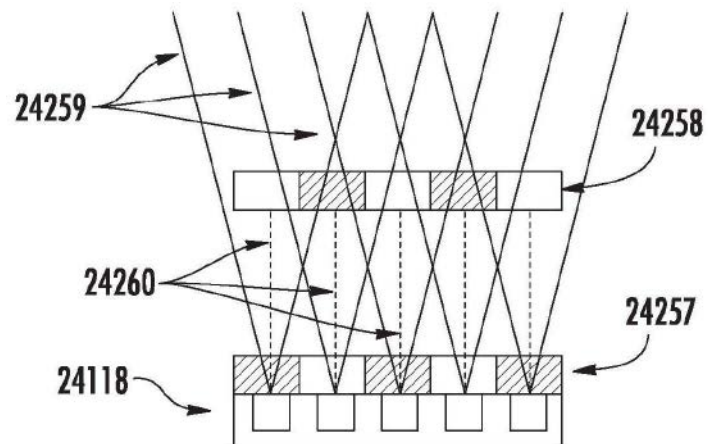


图24C

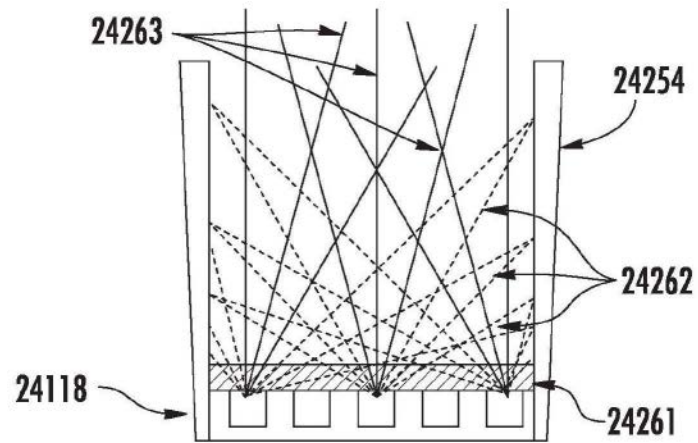


图24D

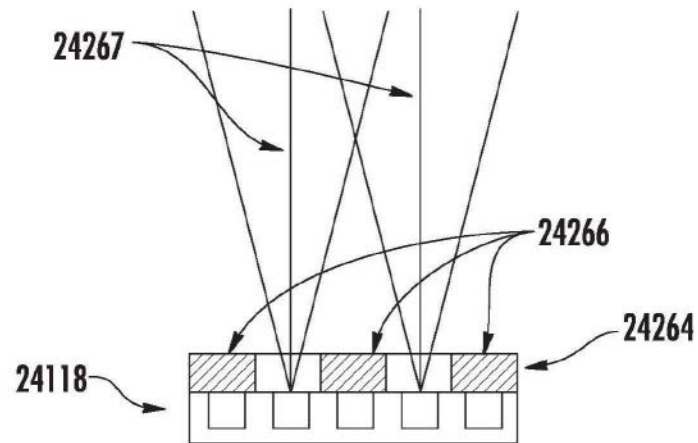


图24E

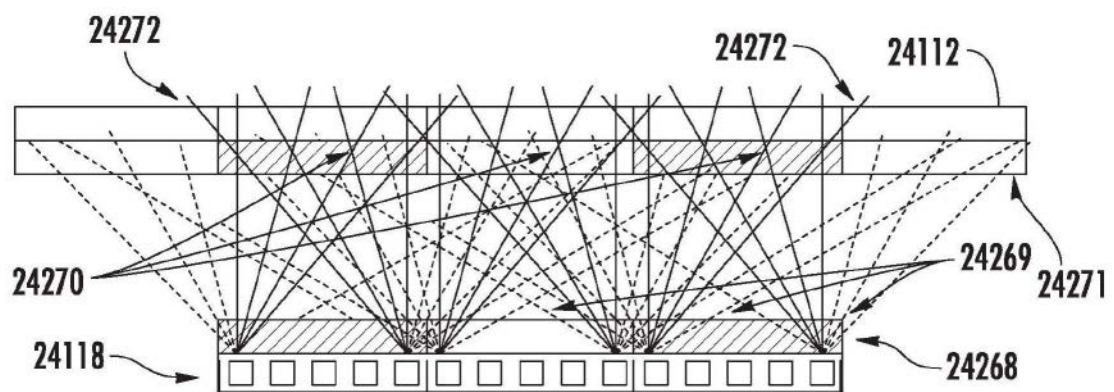


图24F

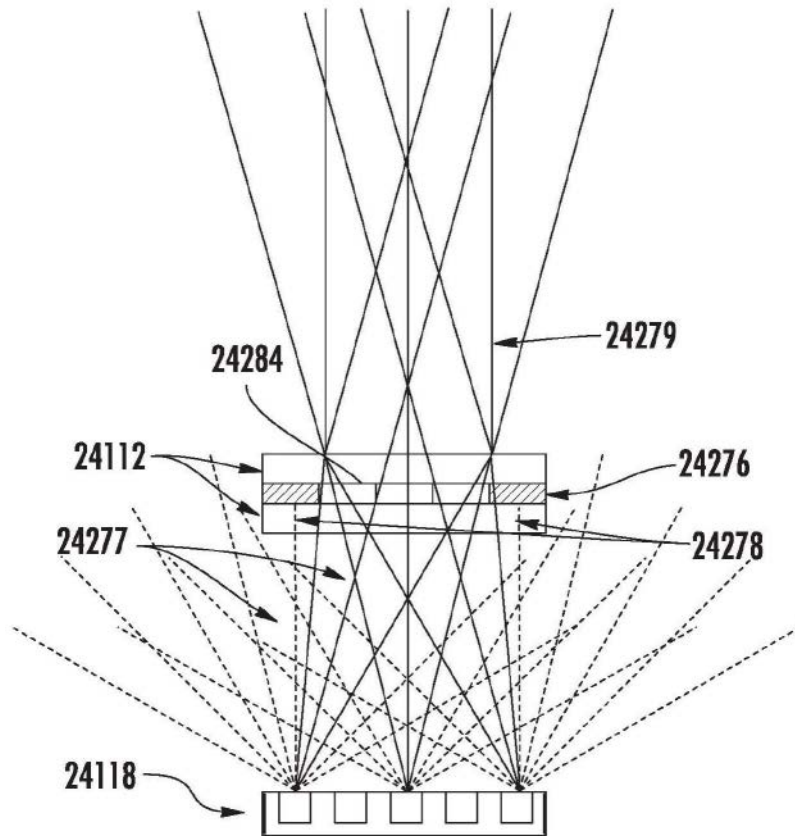


图24G

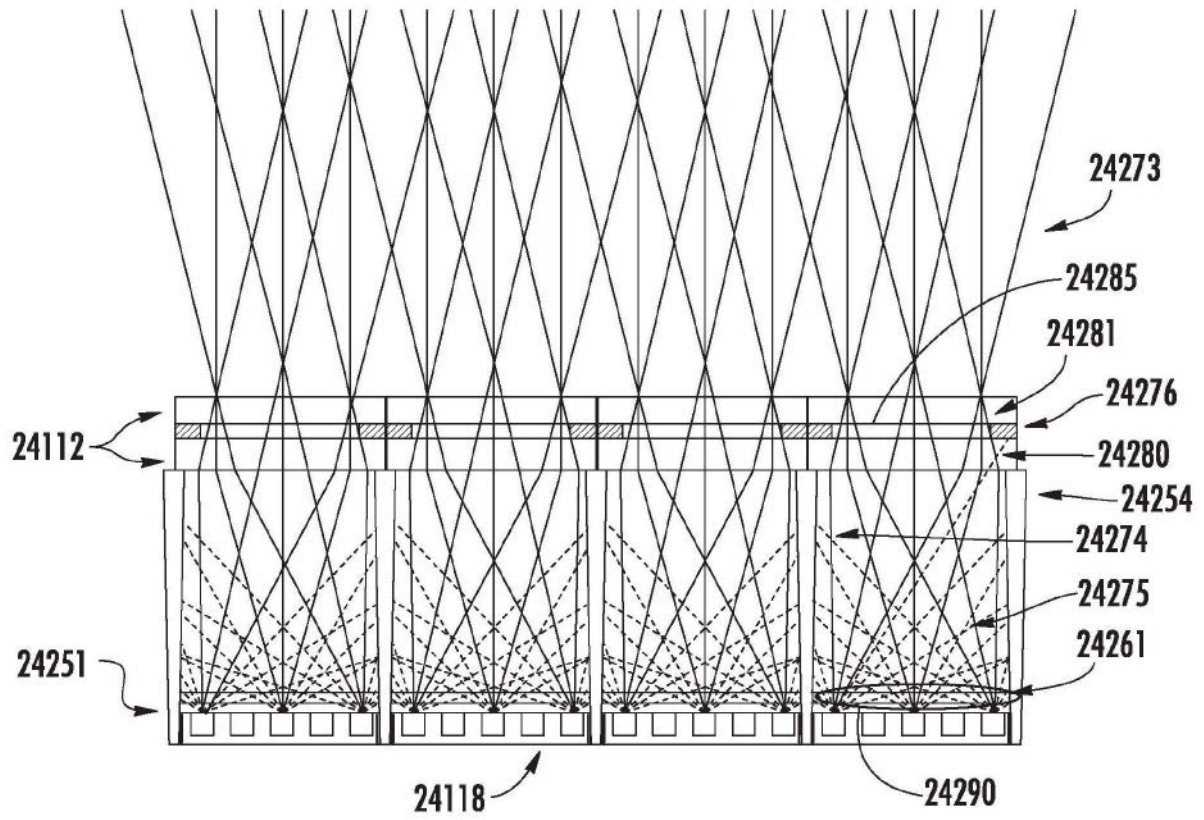


图24H

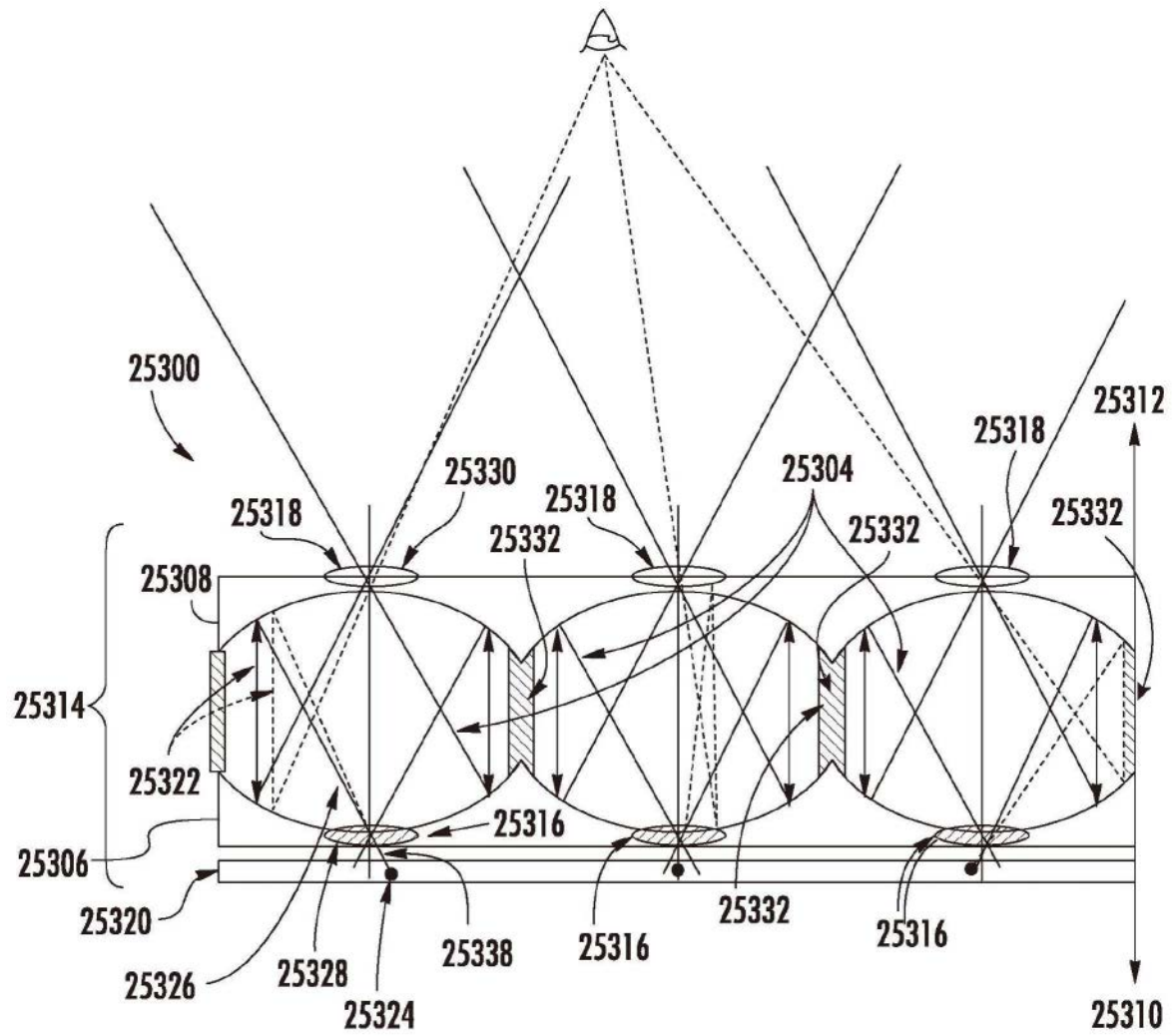


图25

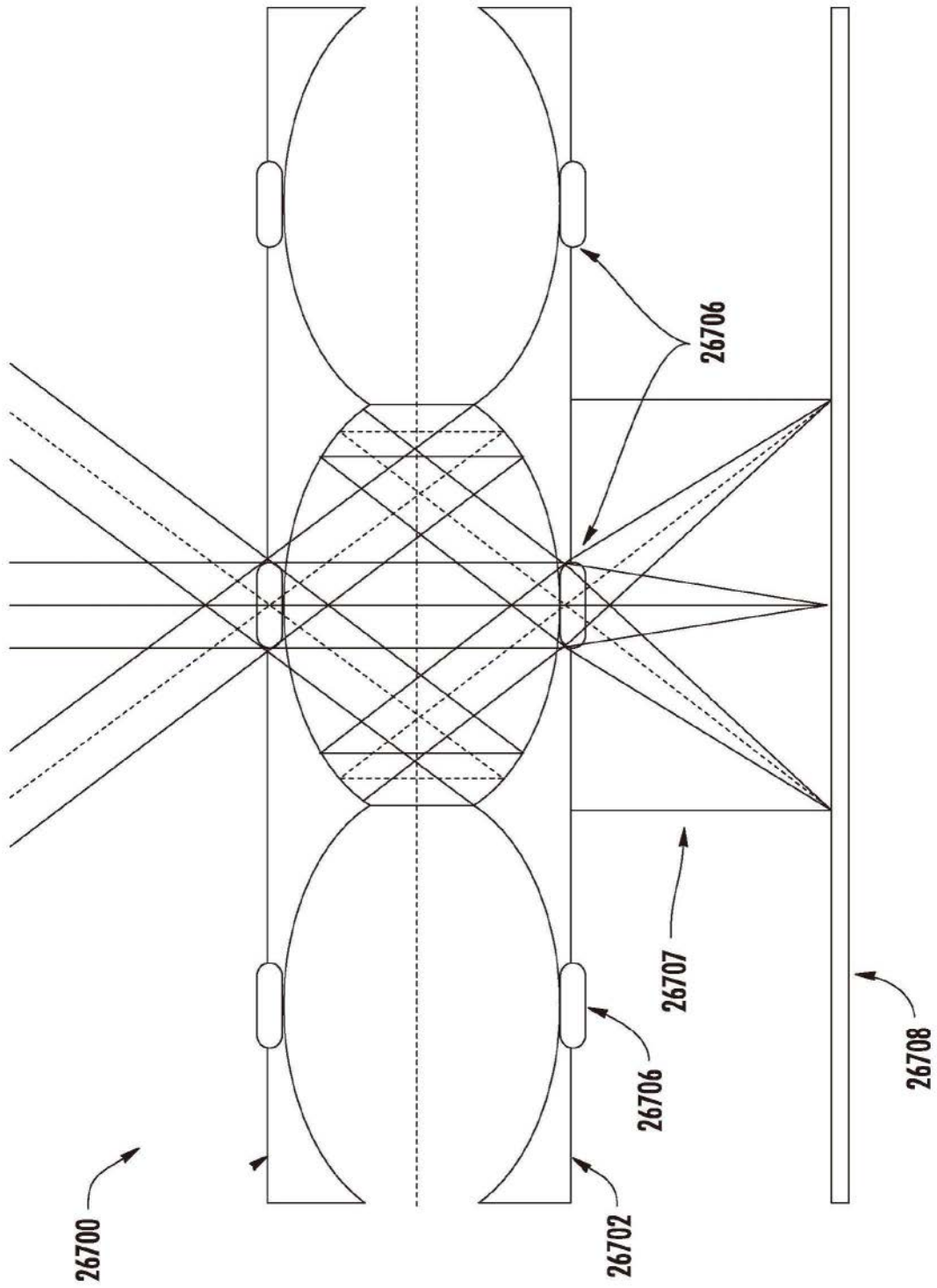
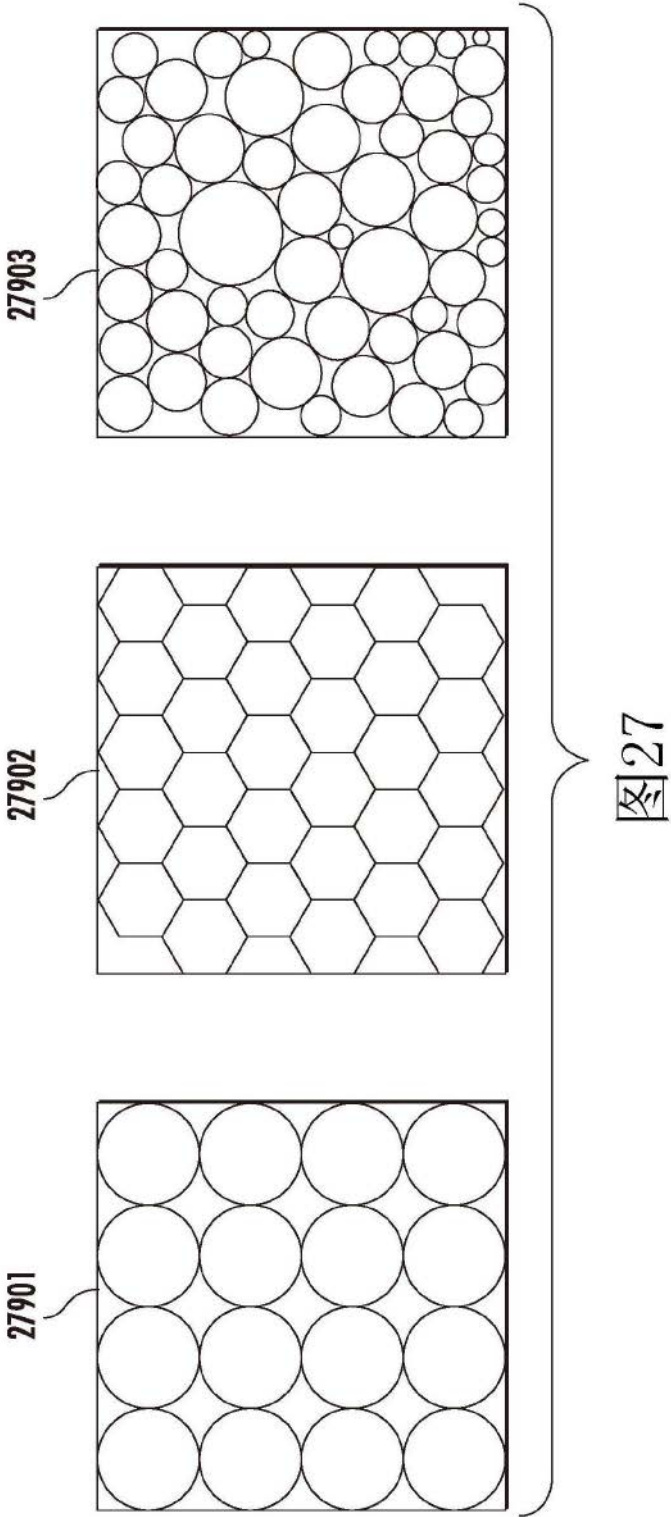


图26



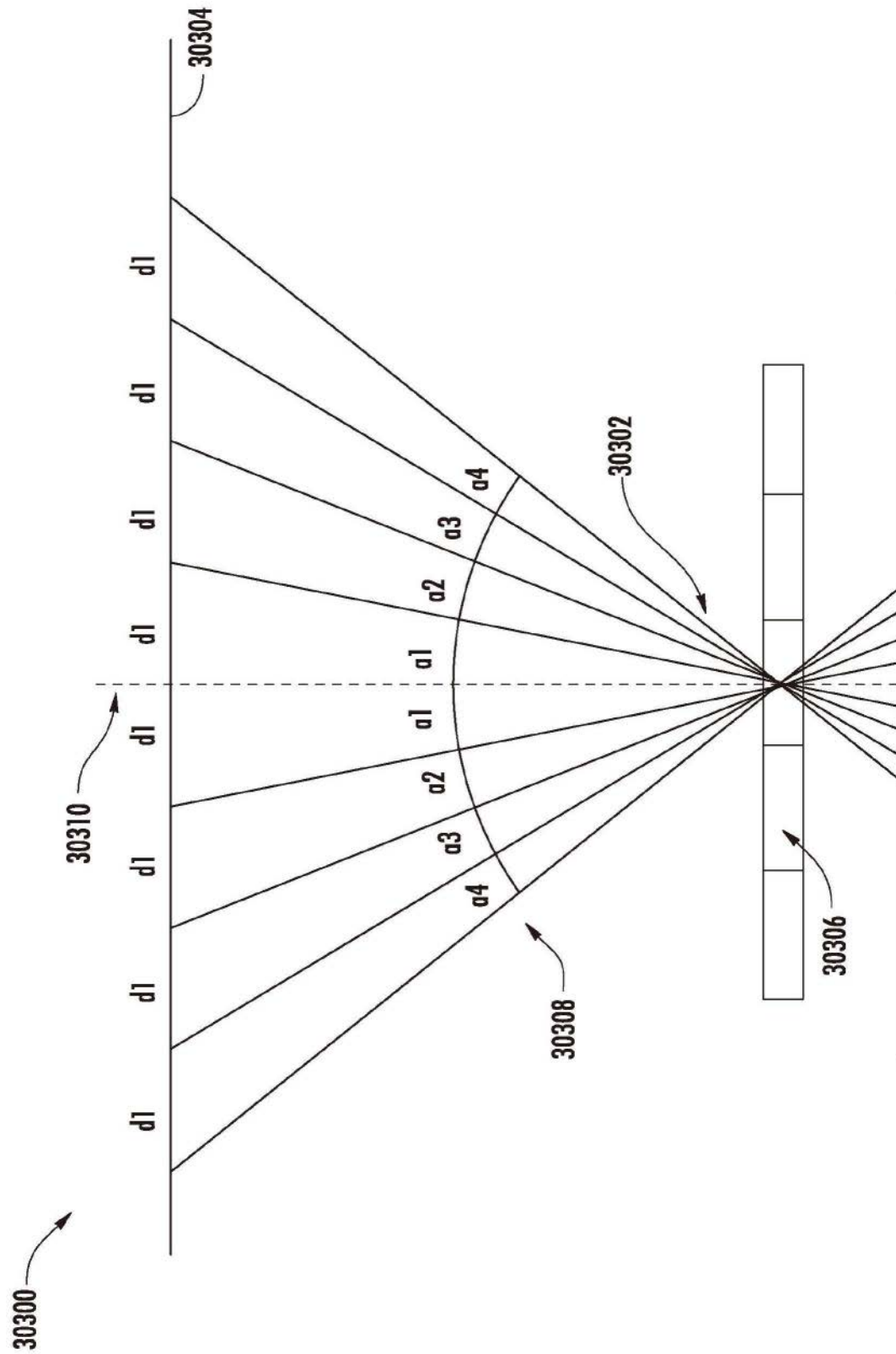


图30

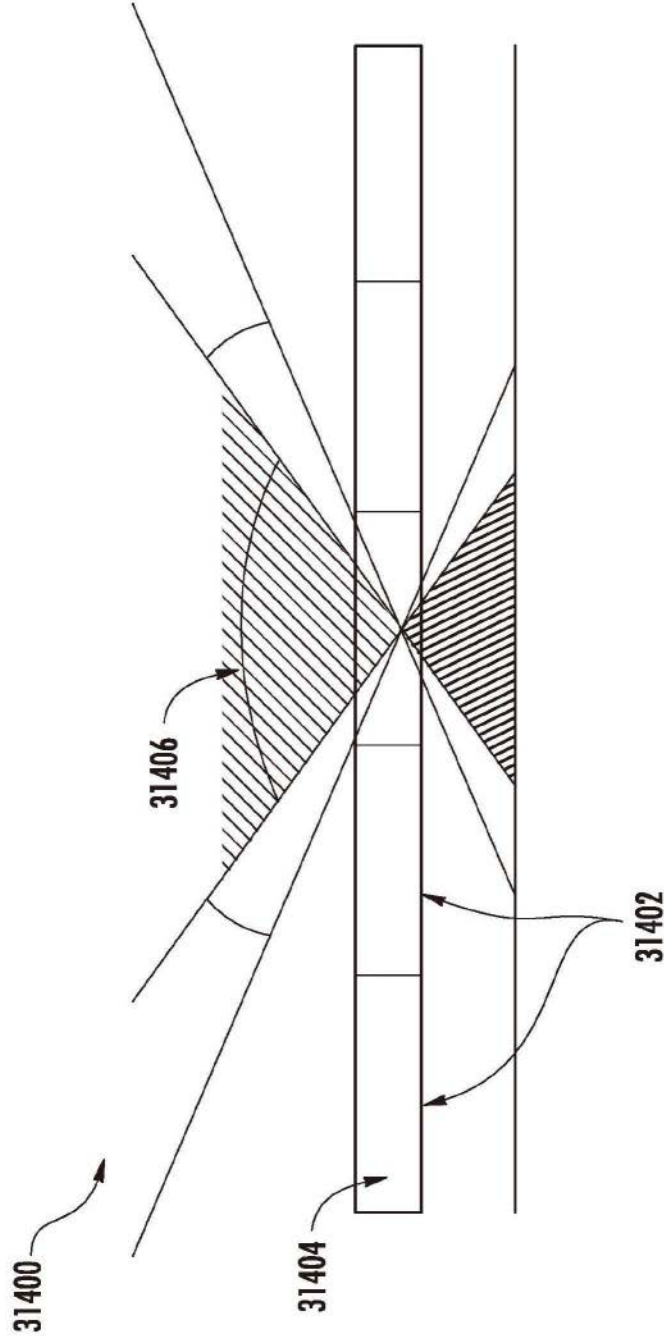


图31

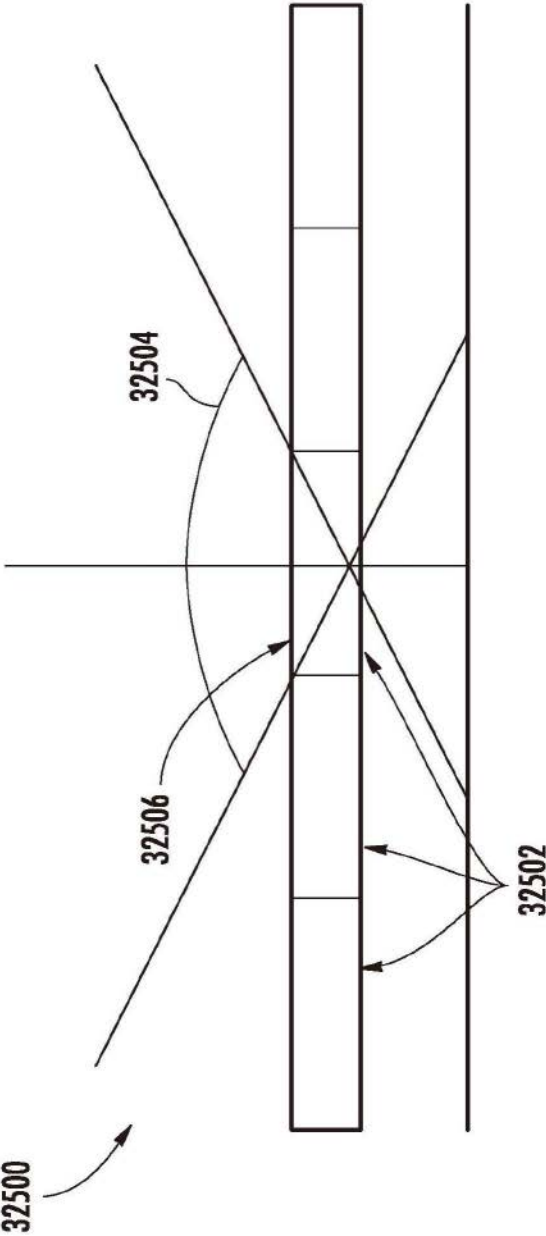


图32

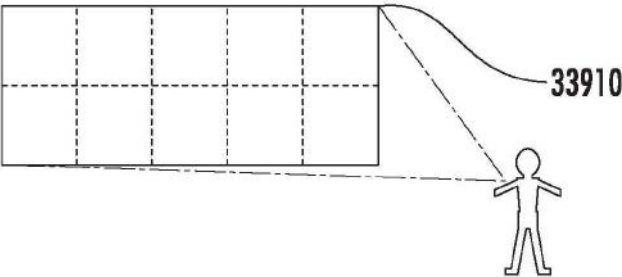


图33A

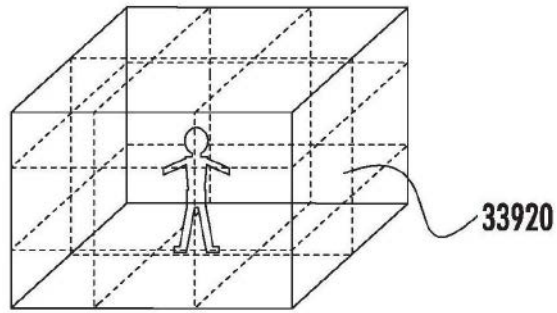


图33B

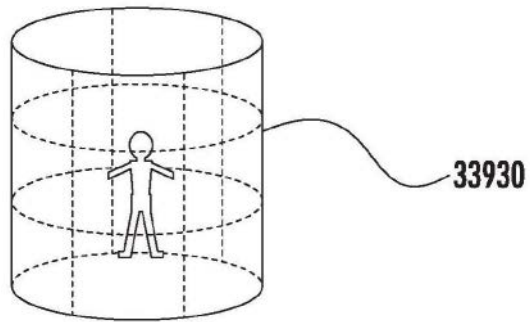


图33C

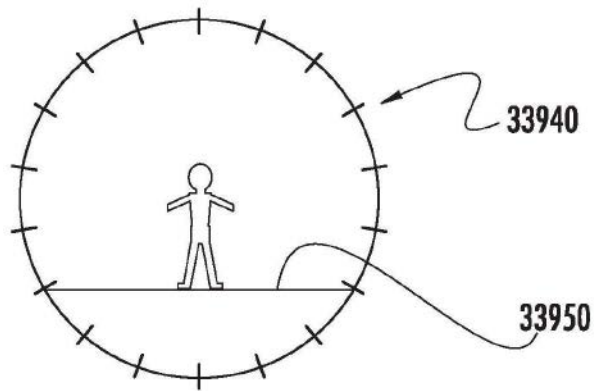


图33D

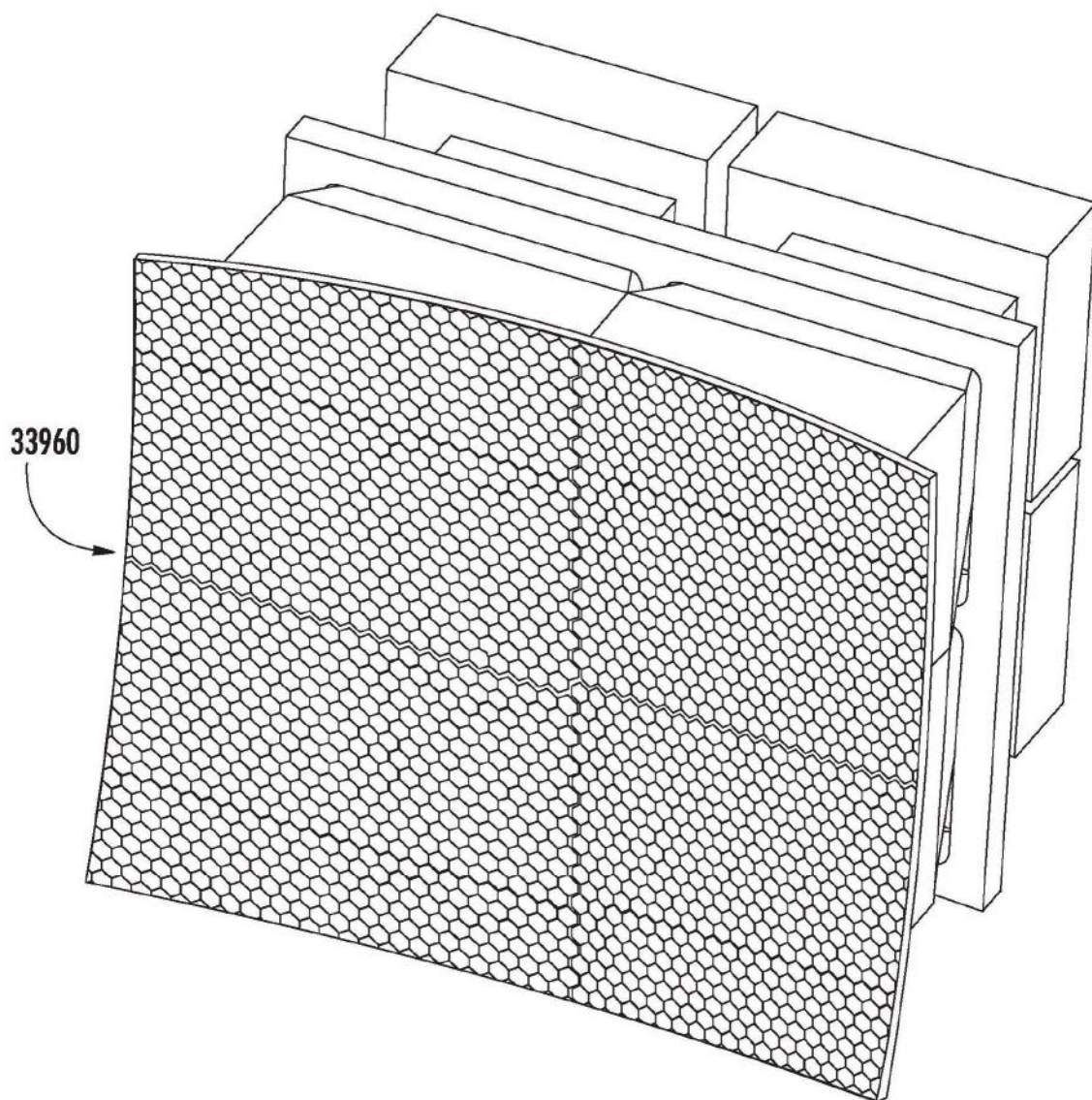


图33E

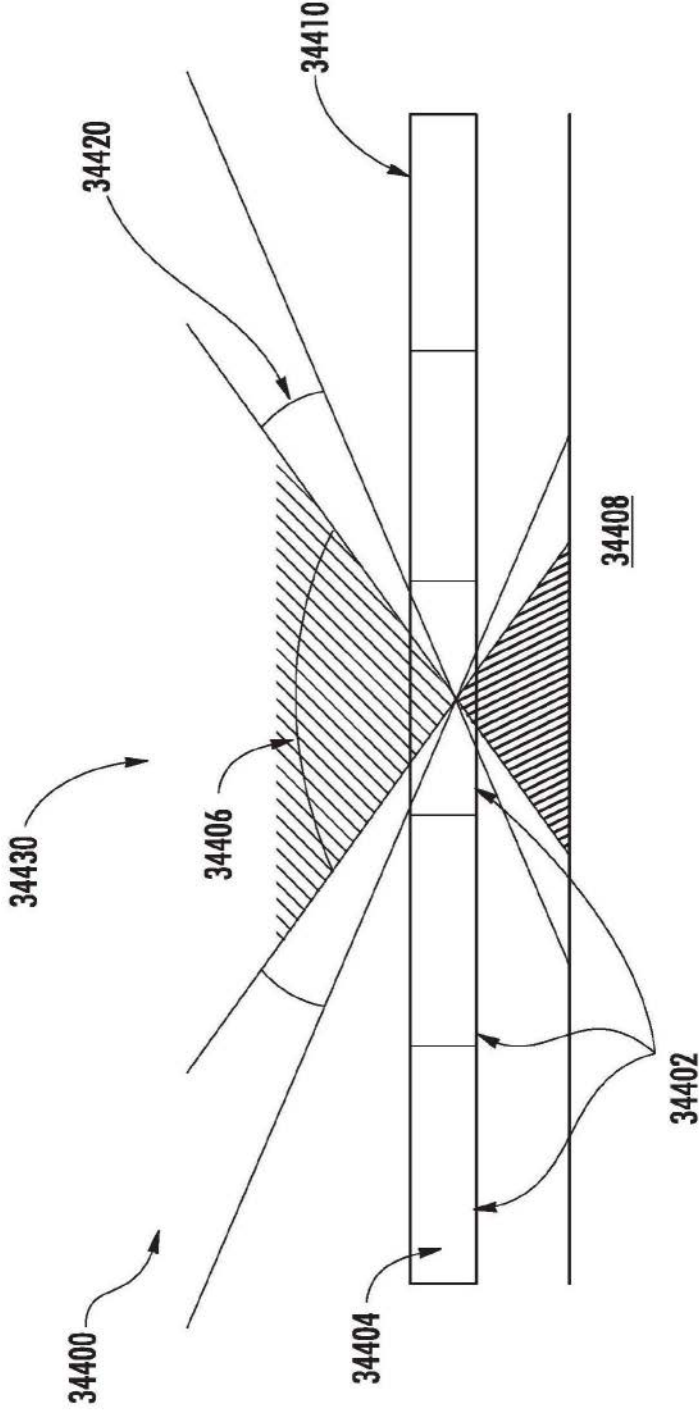


图34A

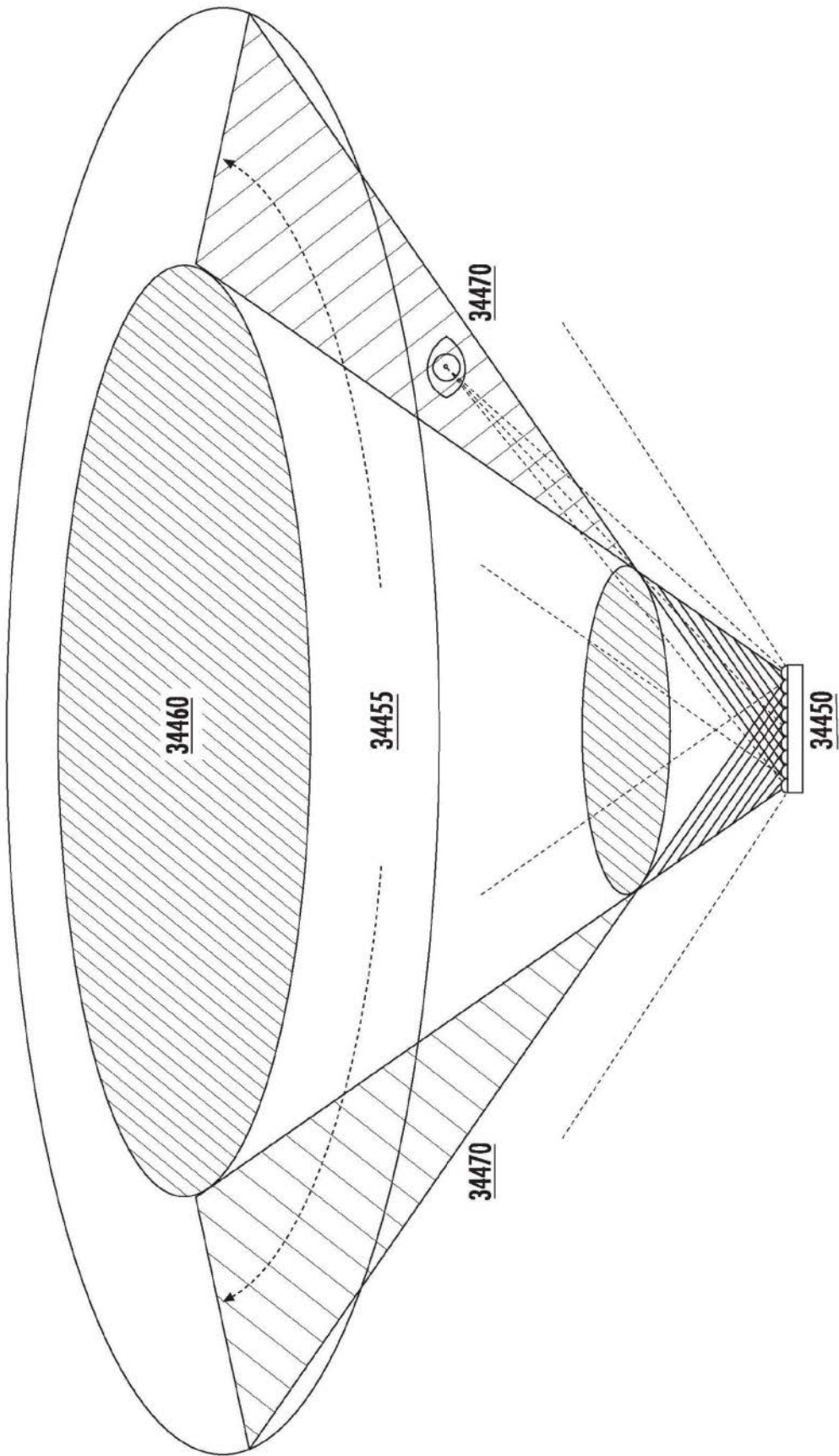


图34B

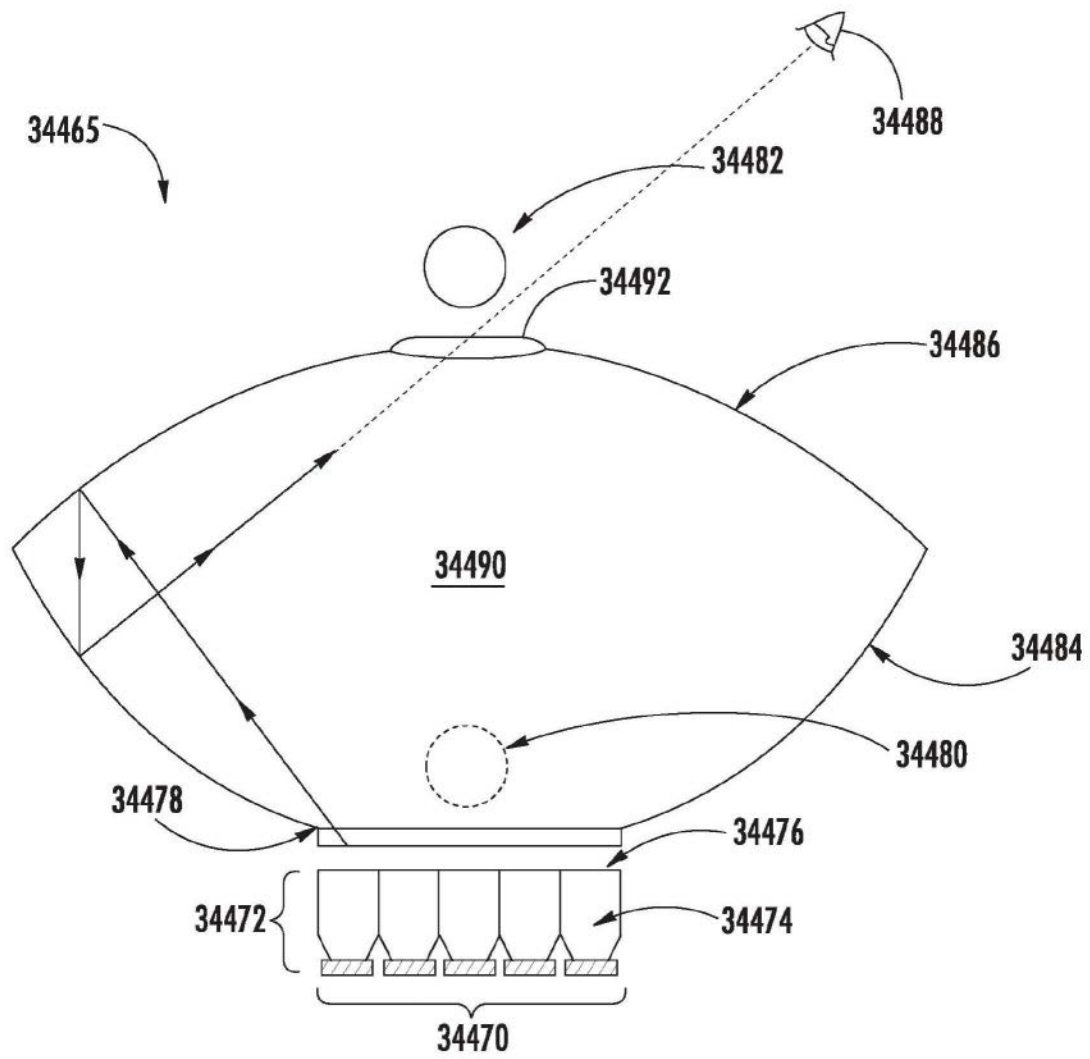


图34C

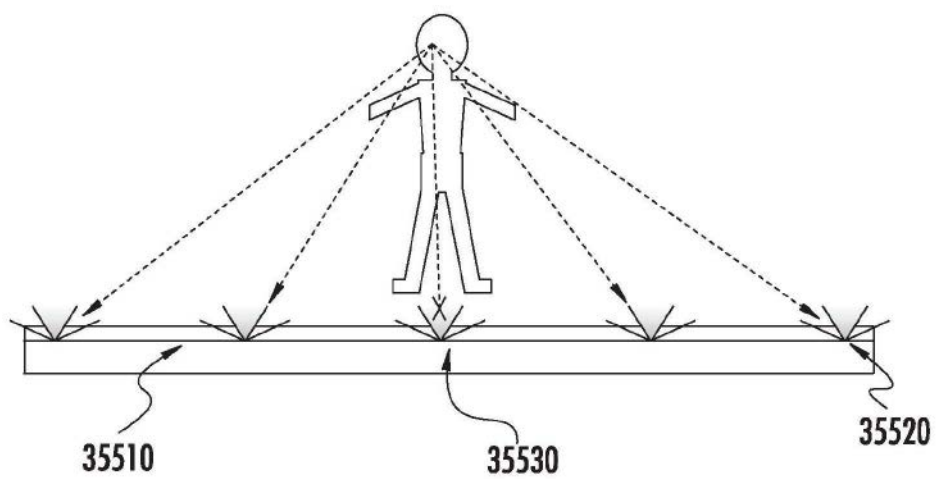


图35

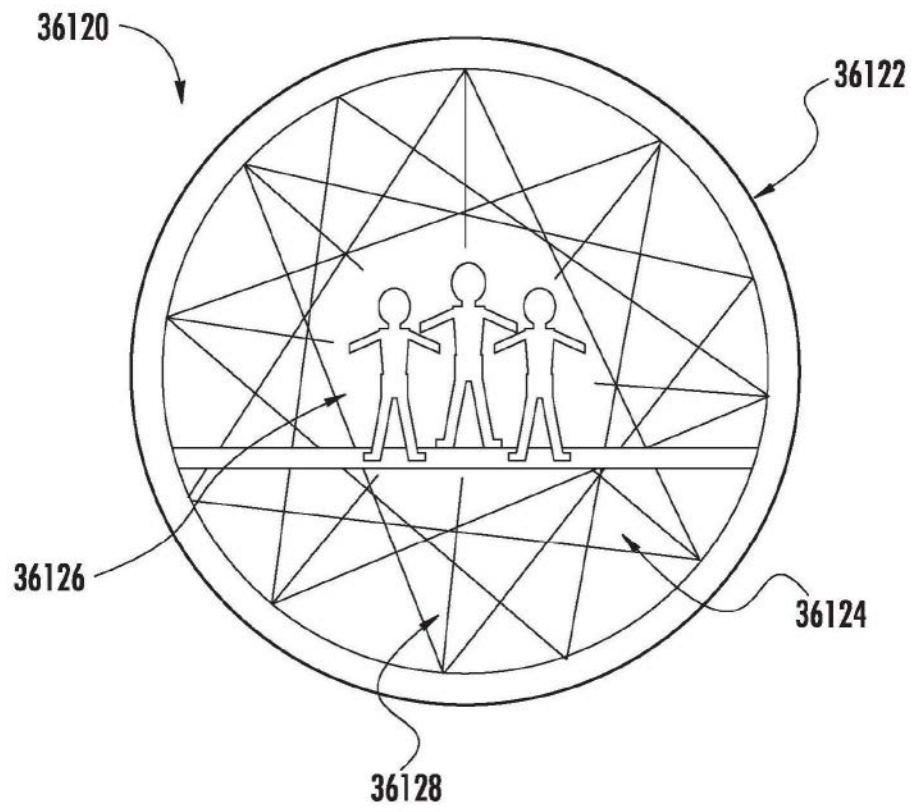


图36

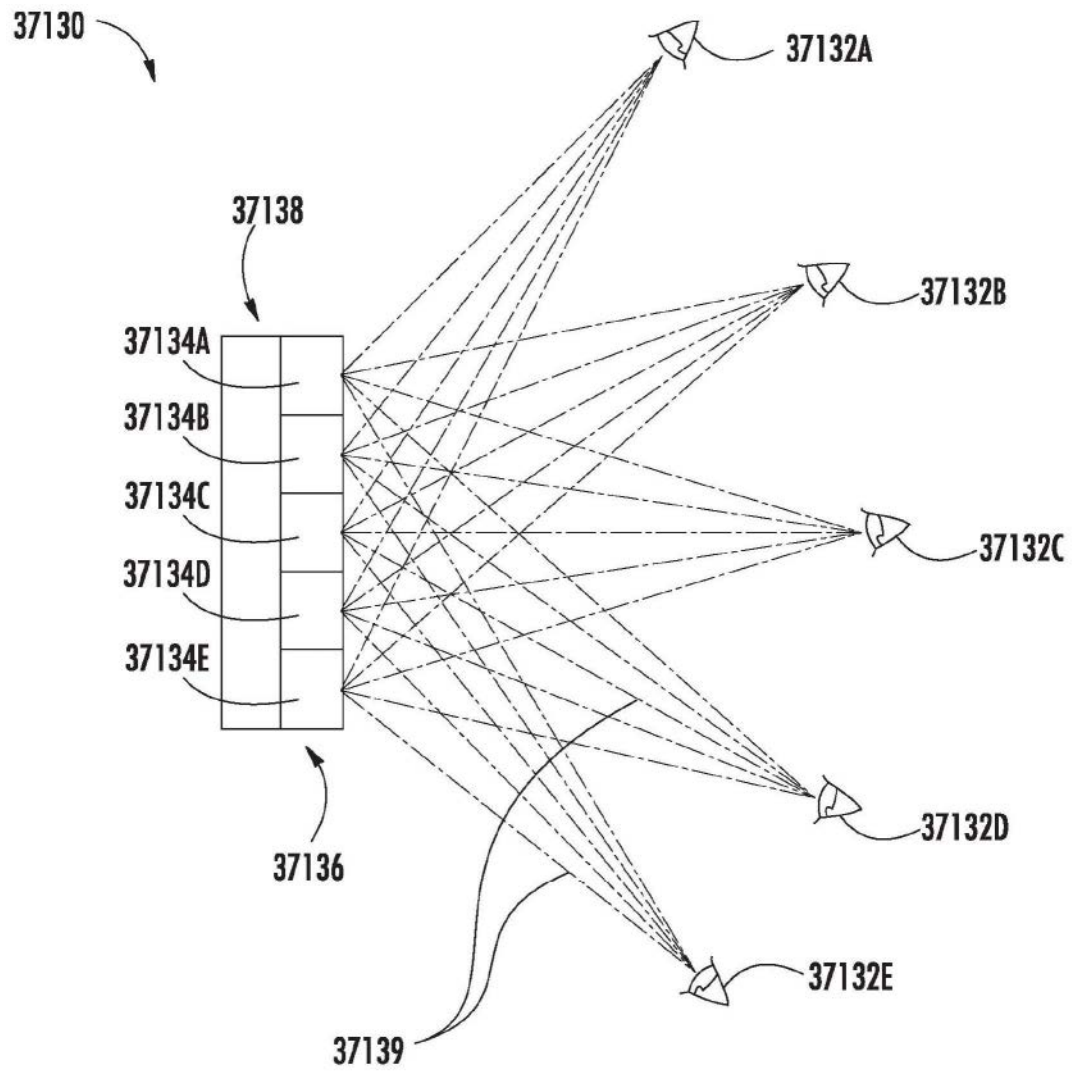


图37

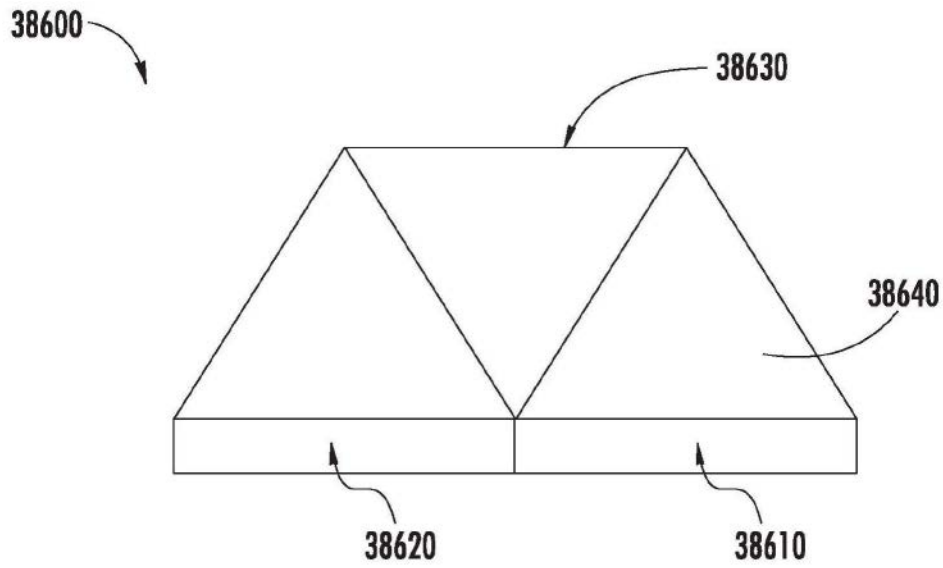


图38A

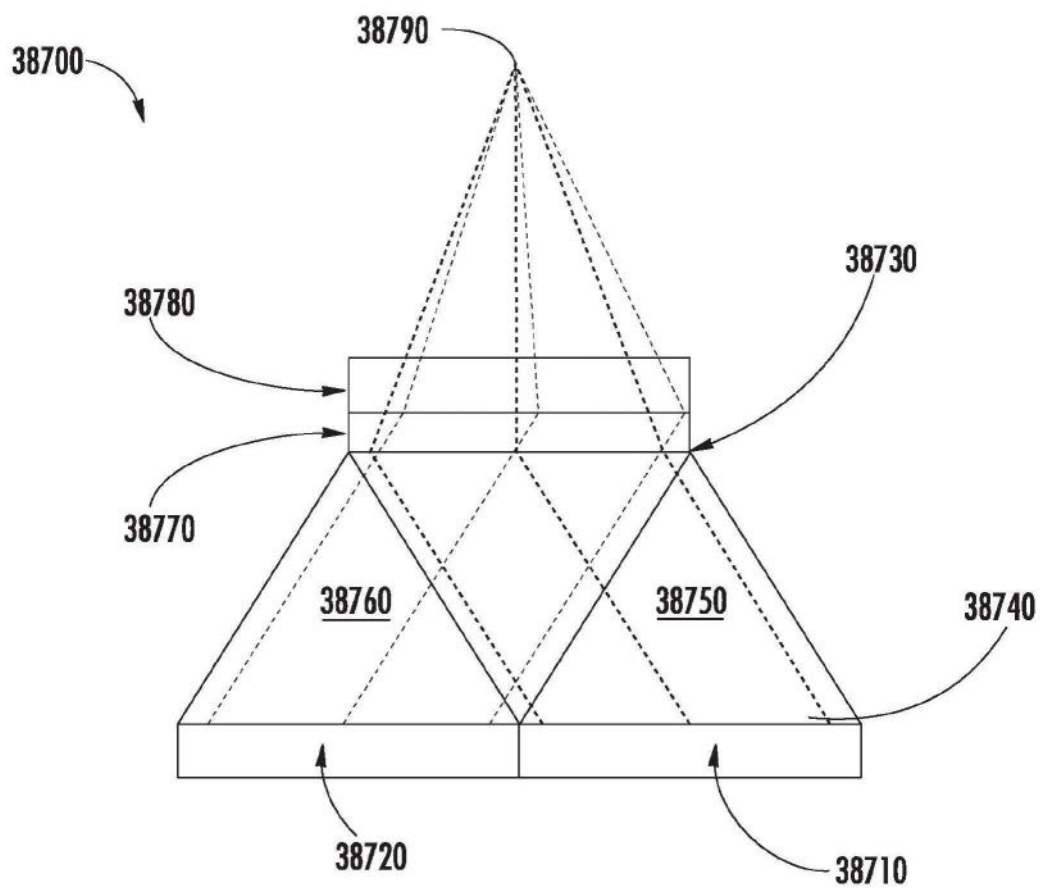


图38B

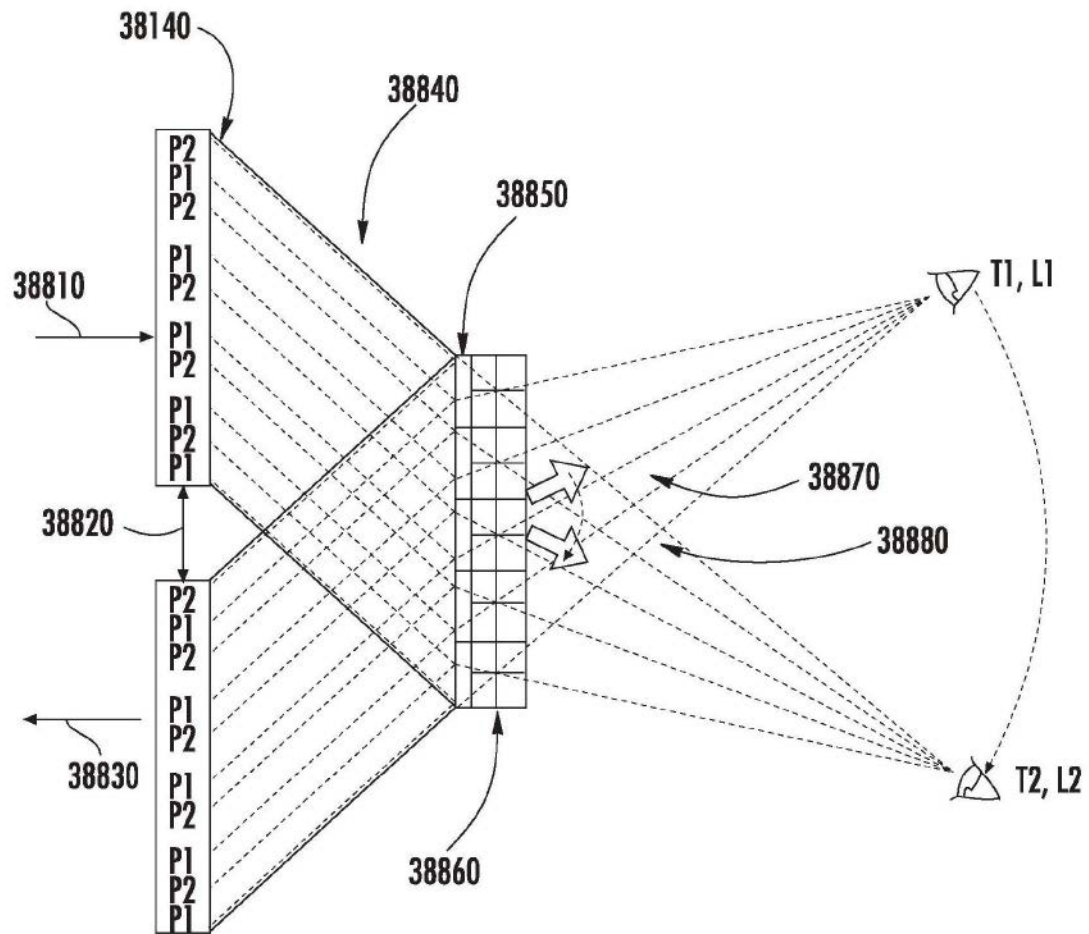


图38C

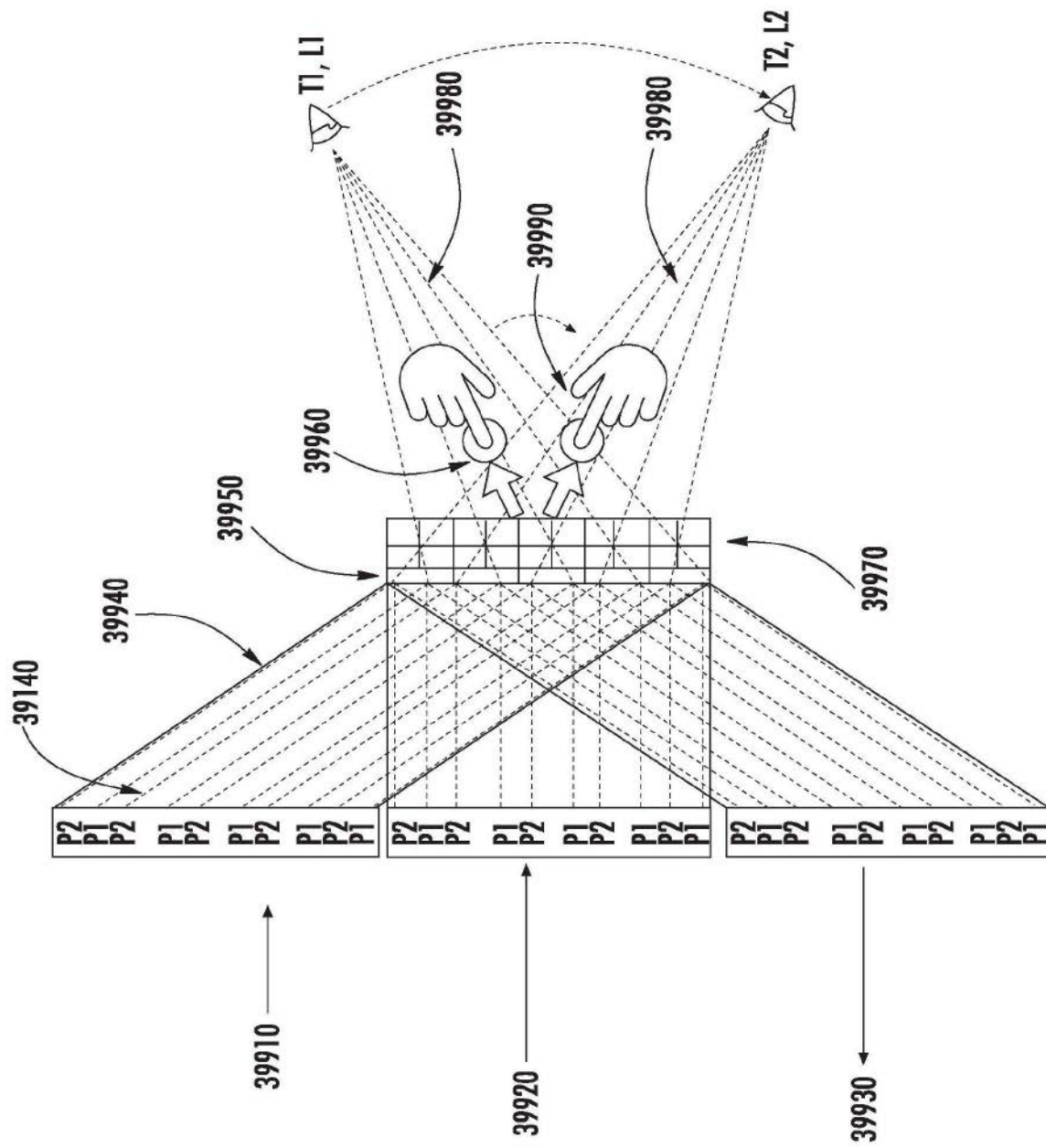


图39

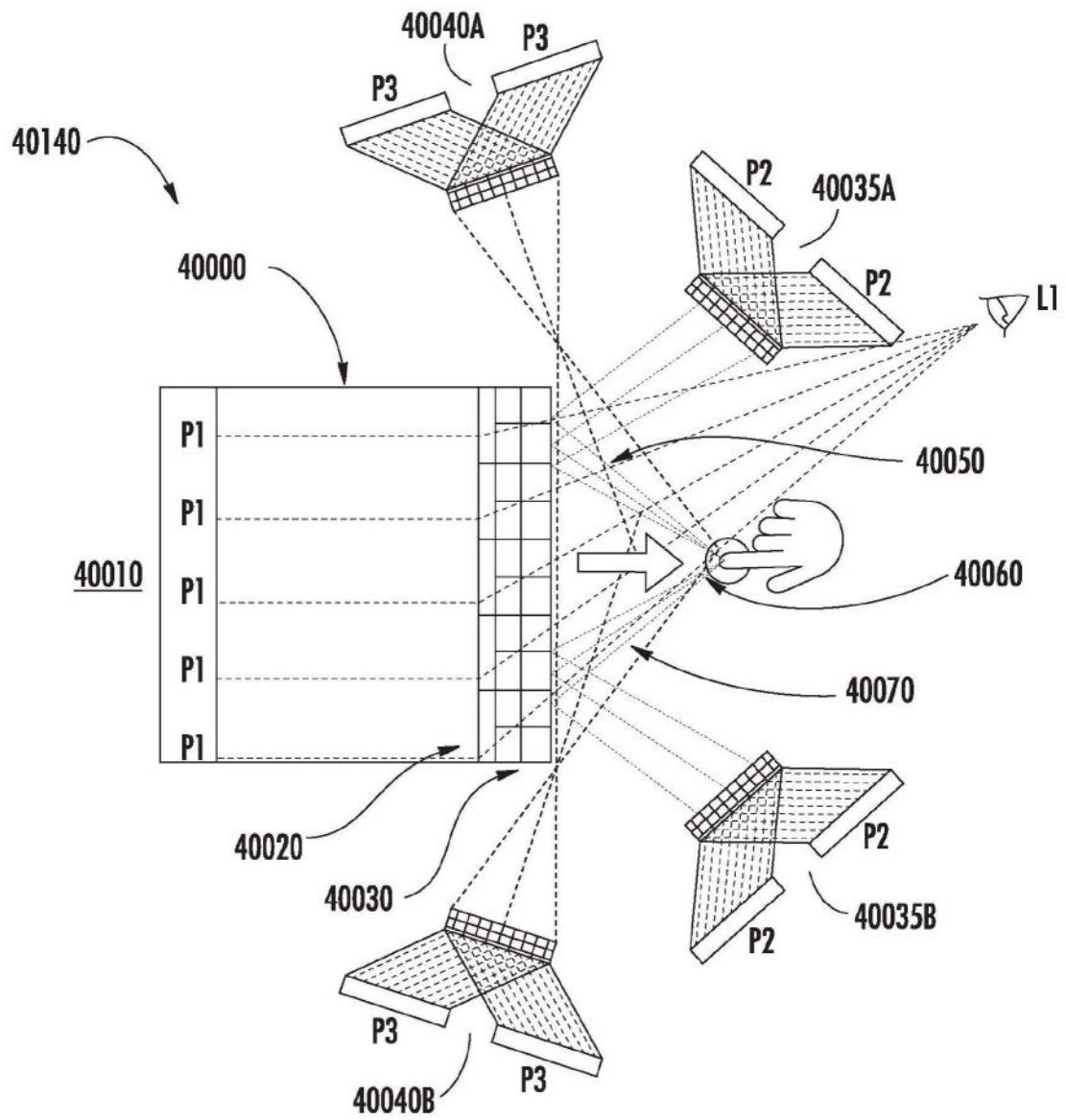


图40

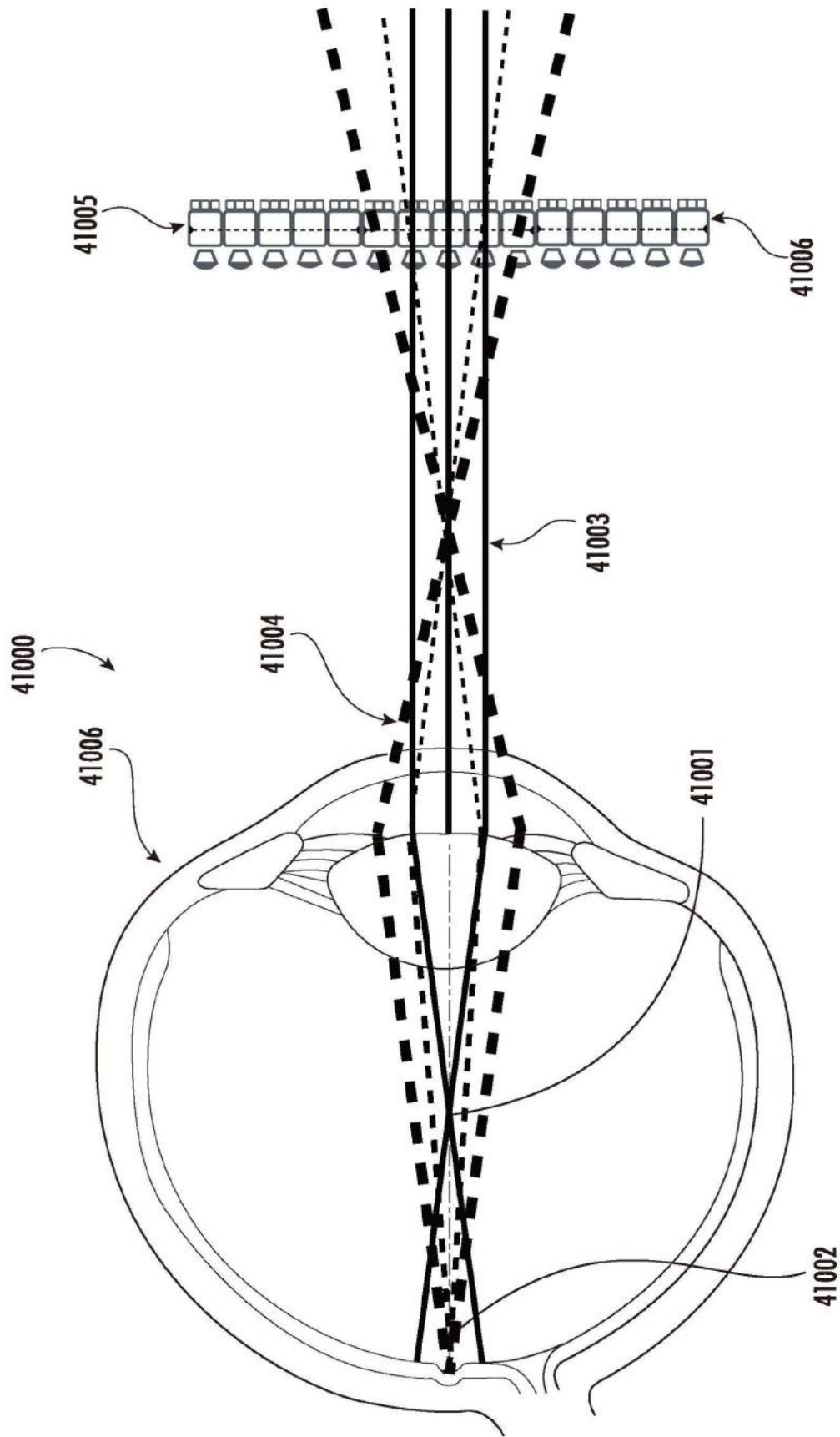


图41

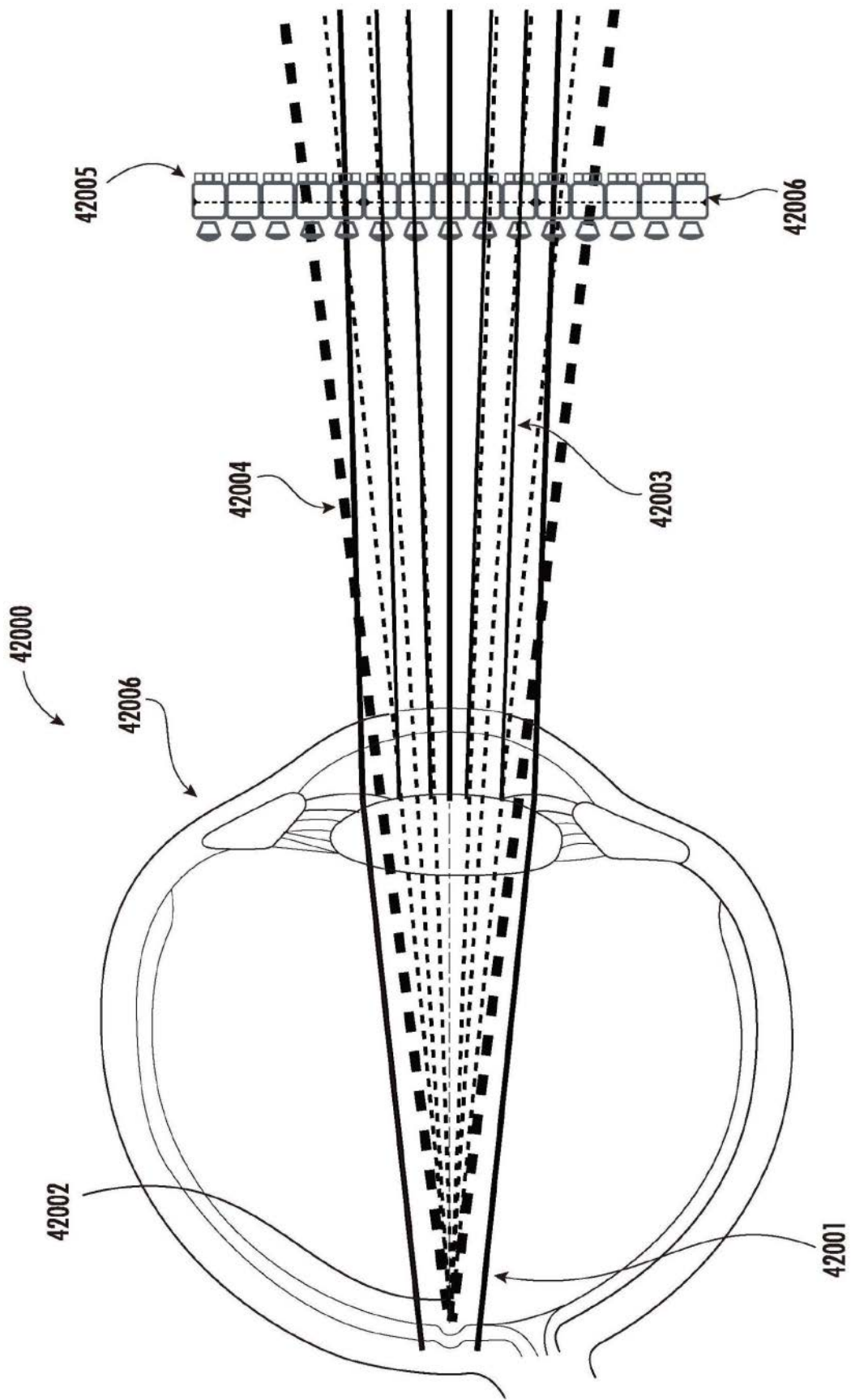


图42

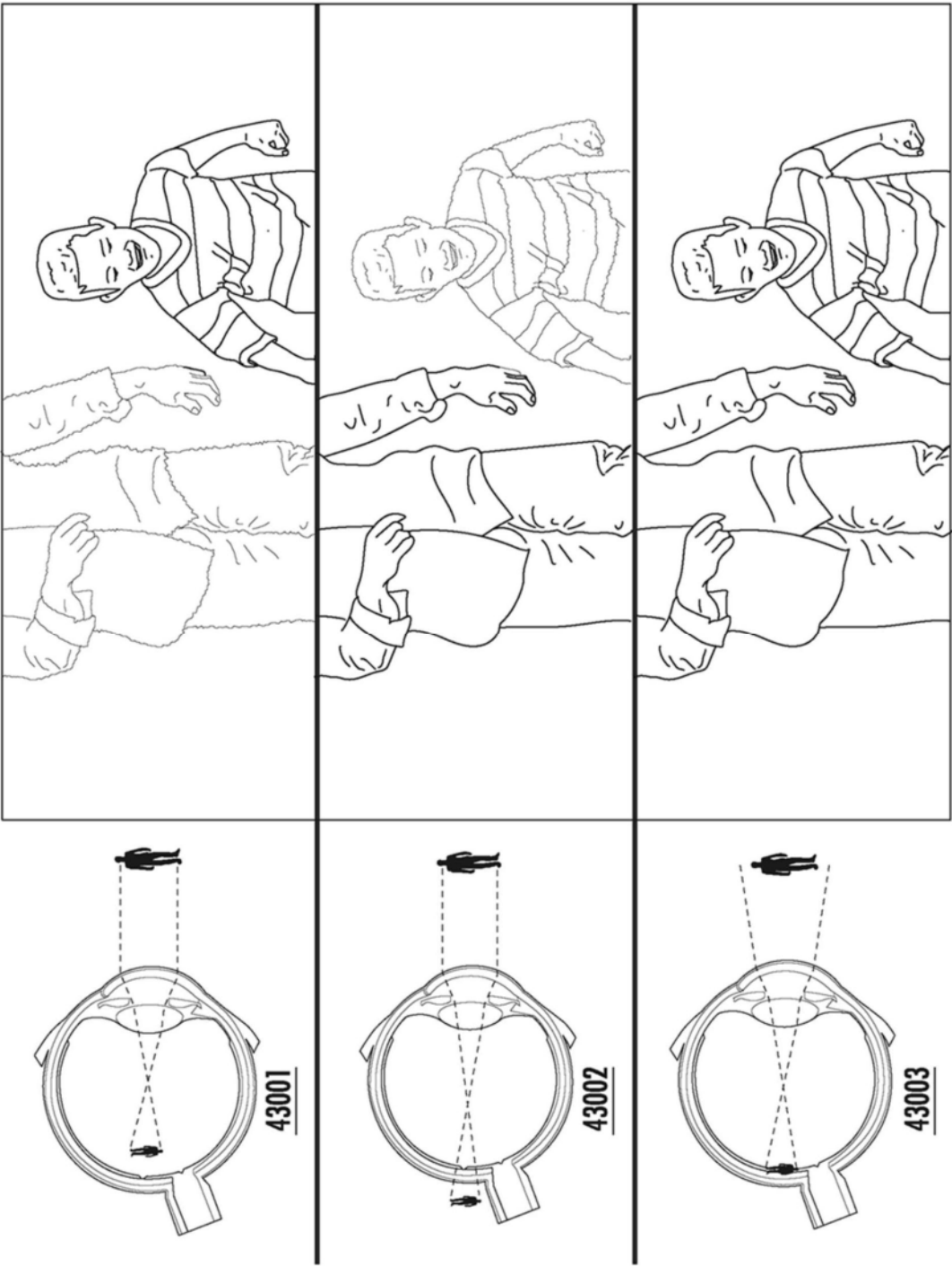


图43

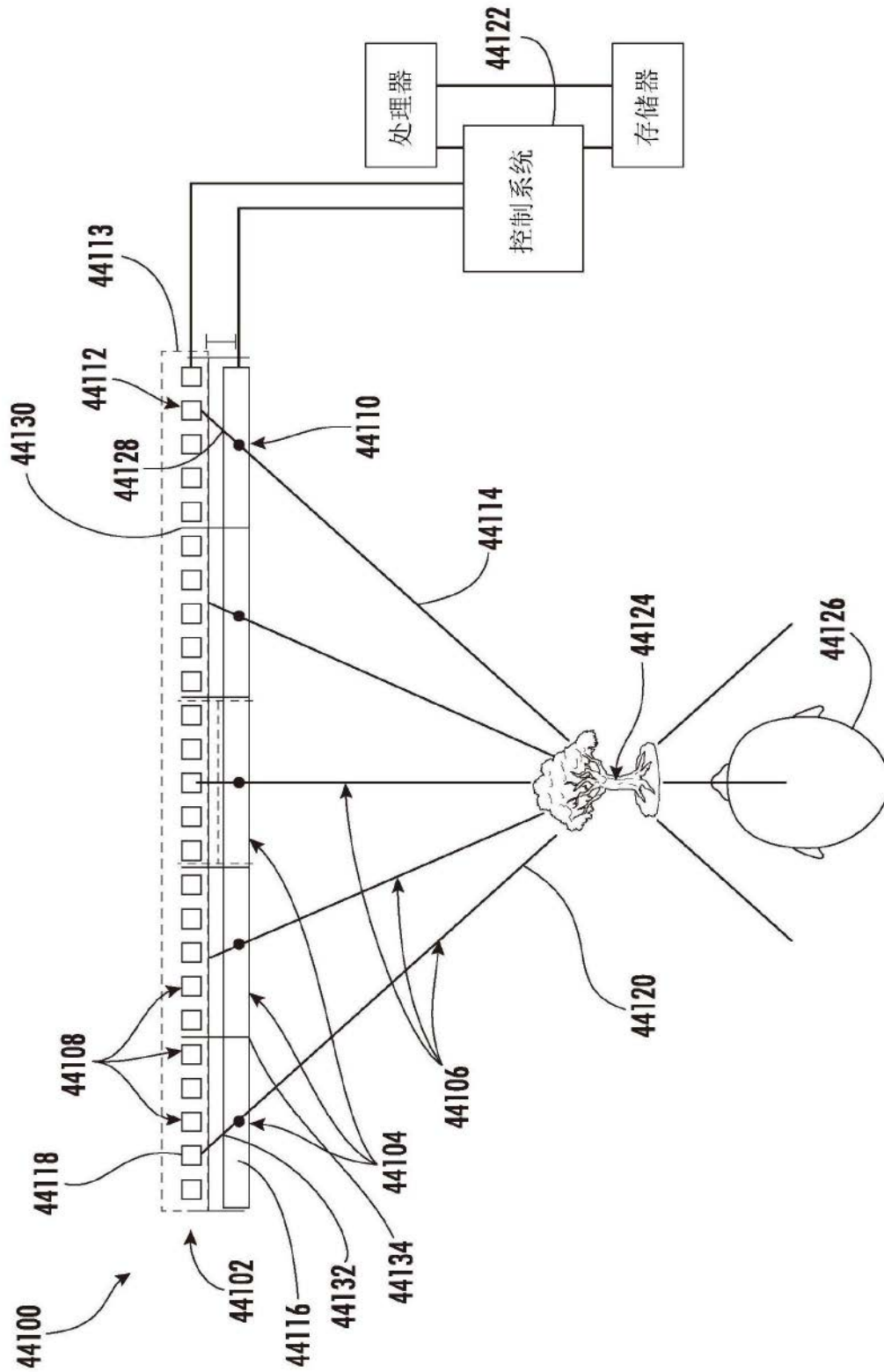


图44

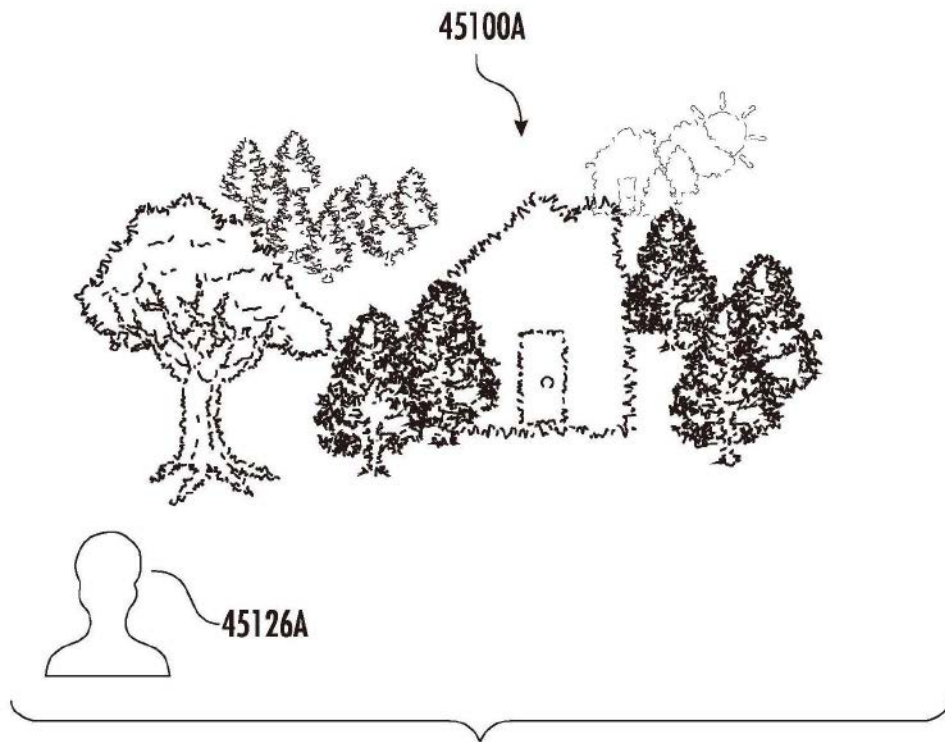


图45A

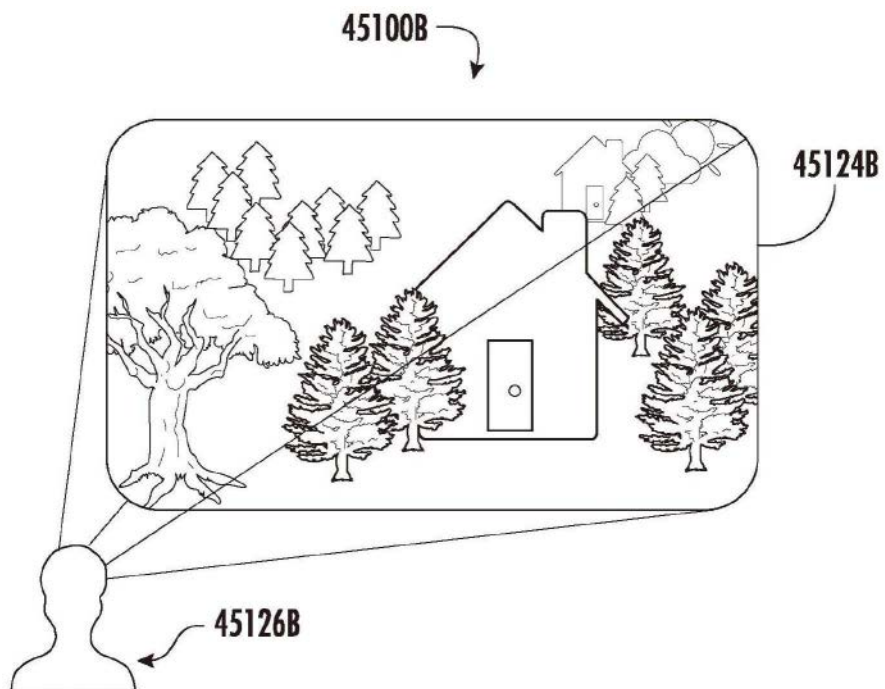


图45B

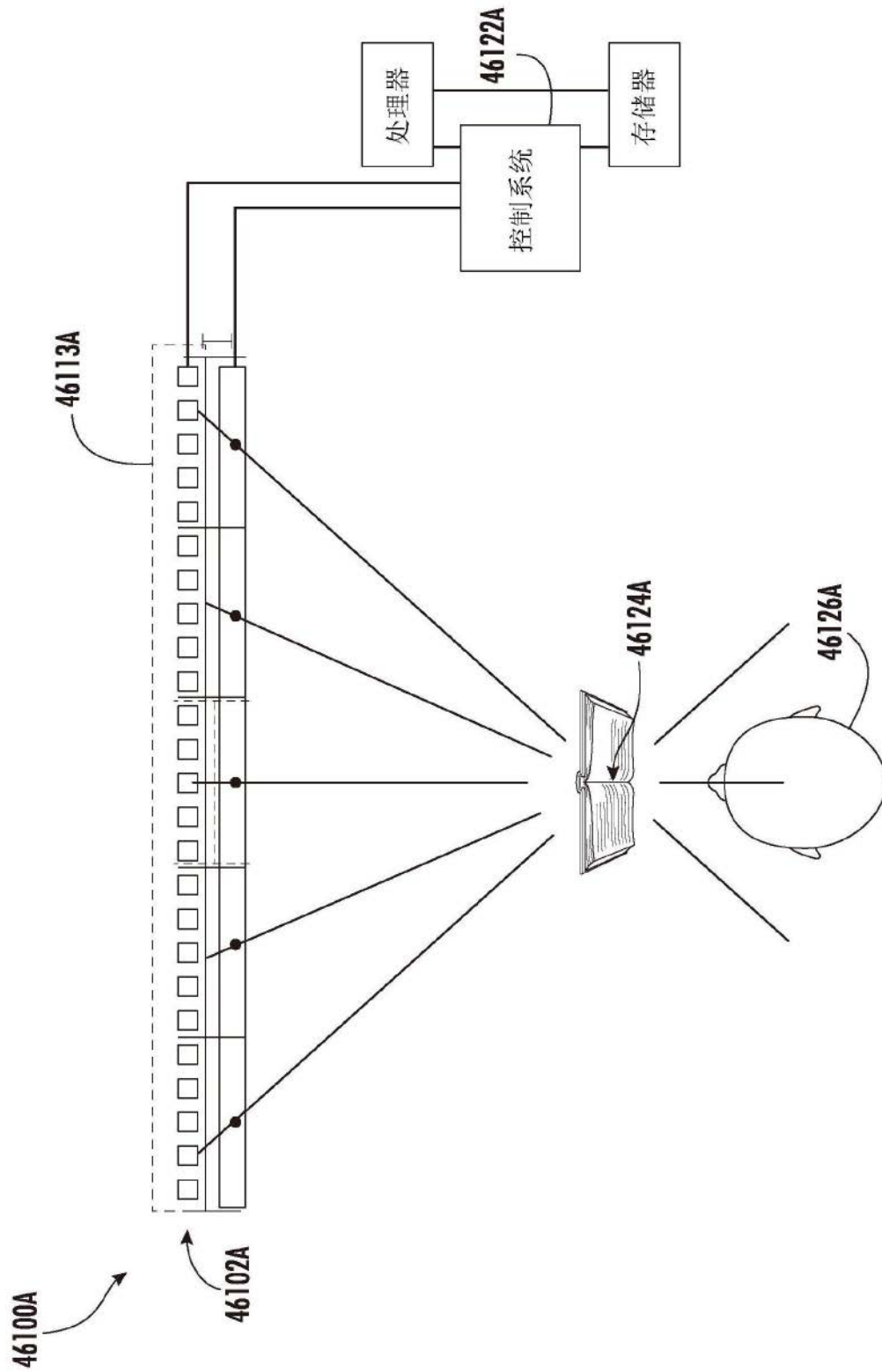


图46A

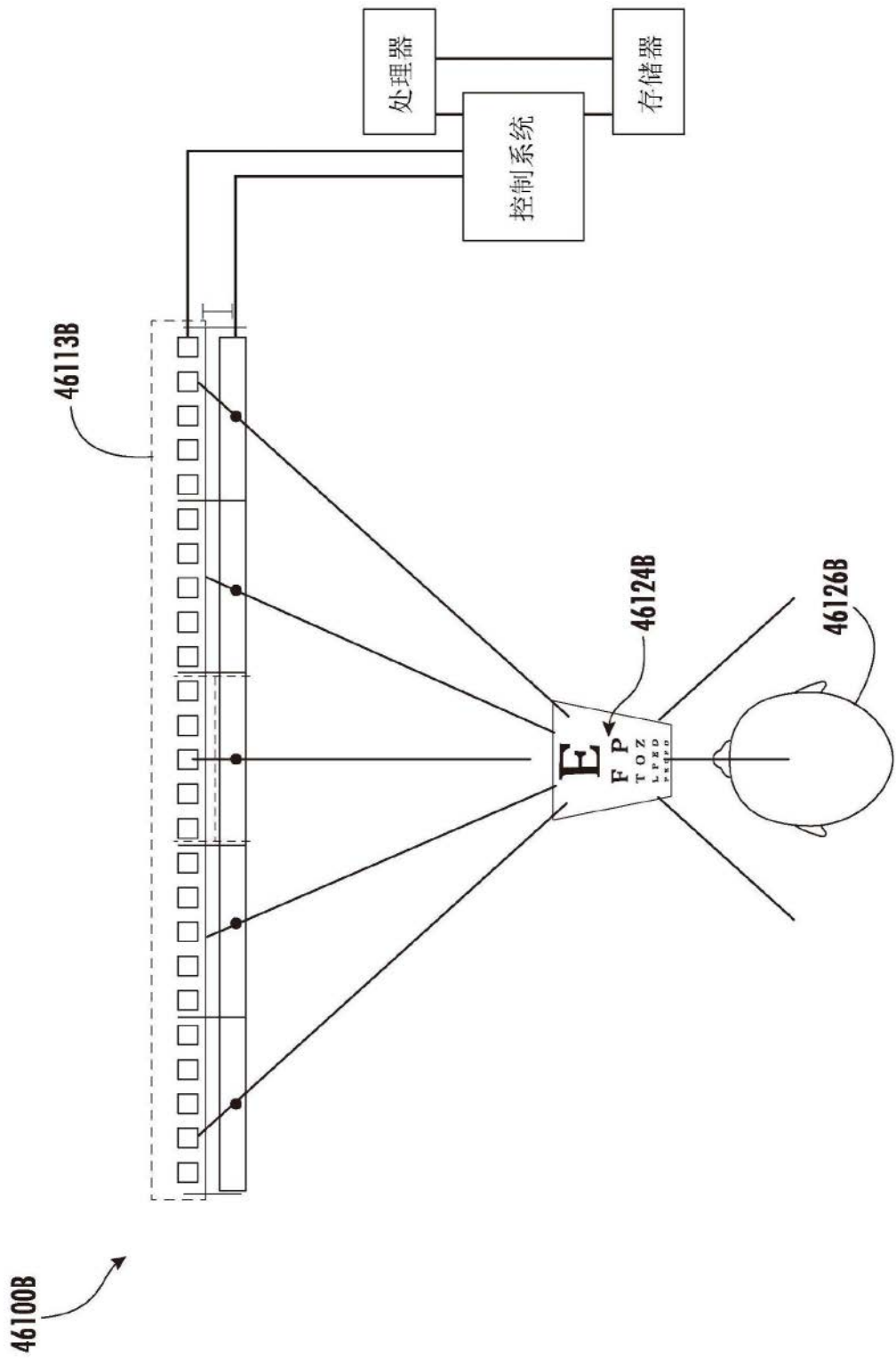


图46B

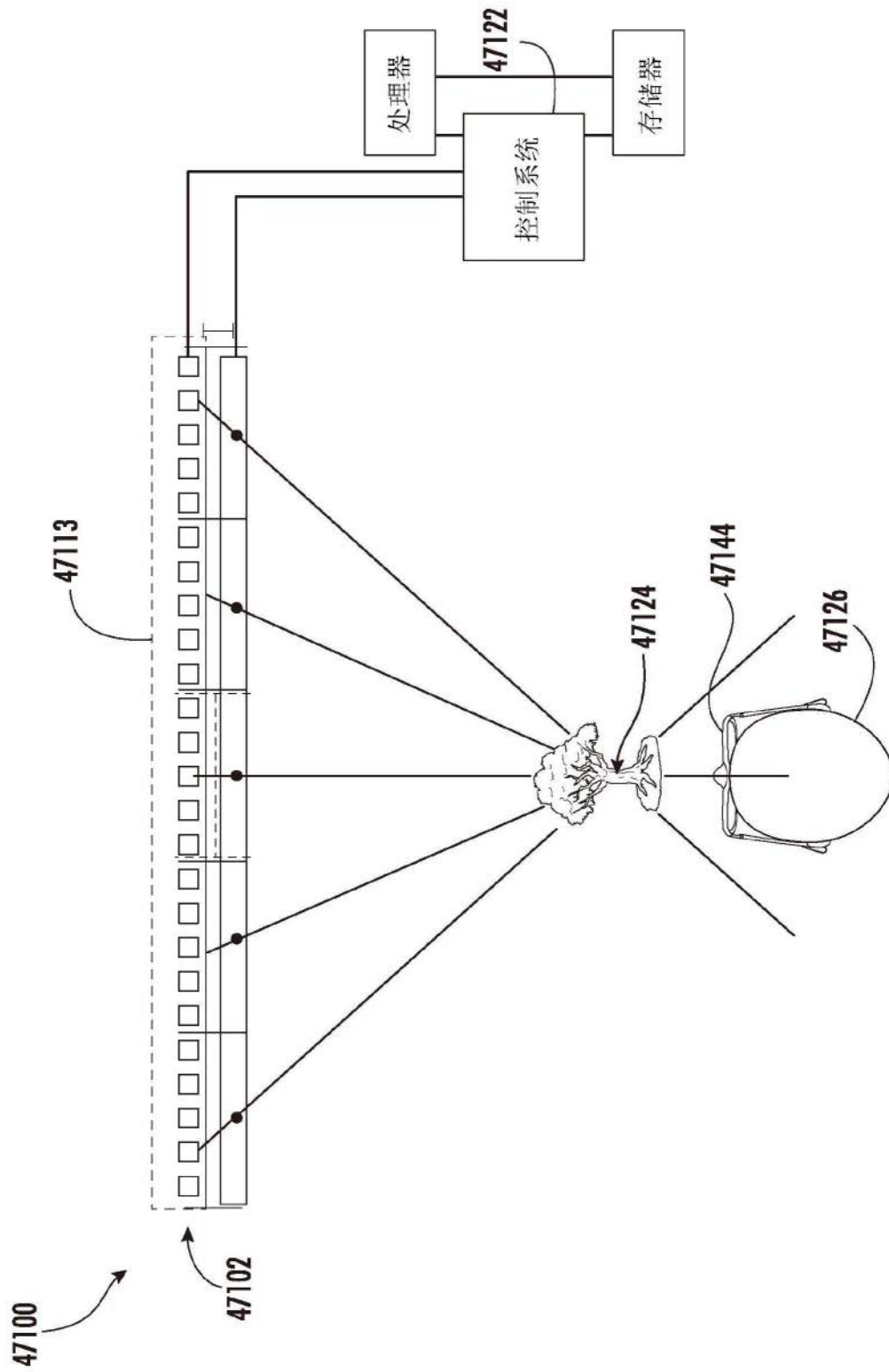


图47

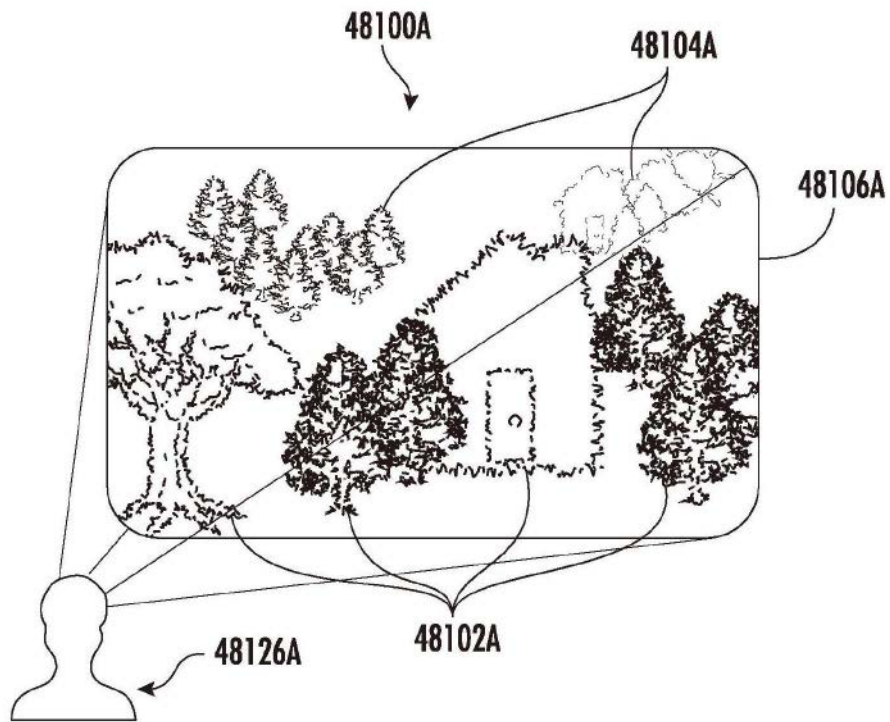


图48A

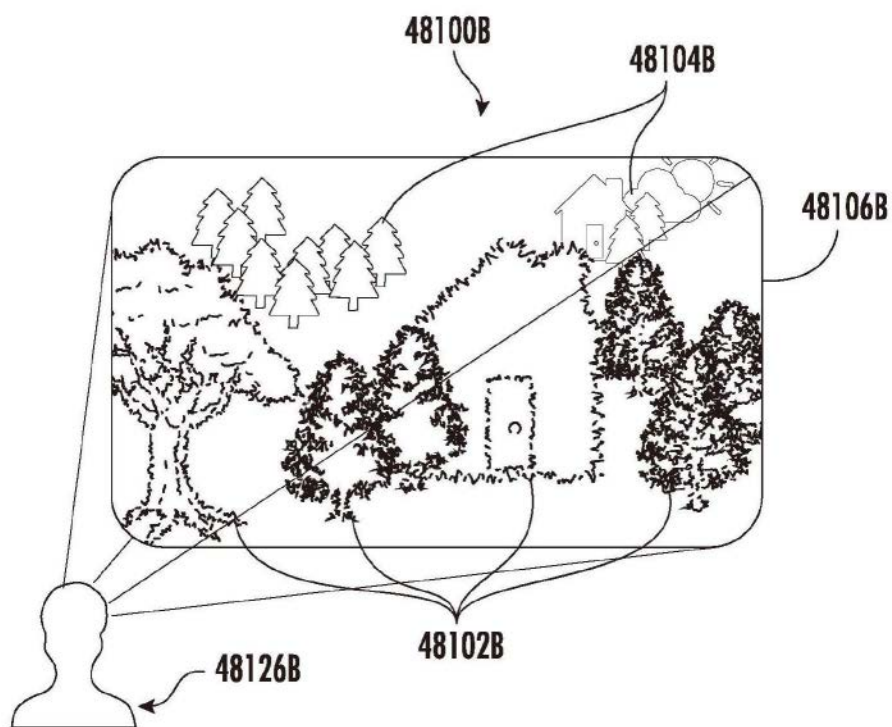


图48B

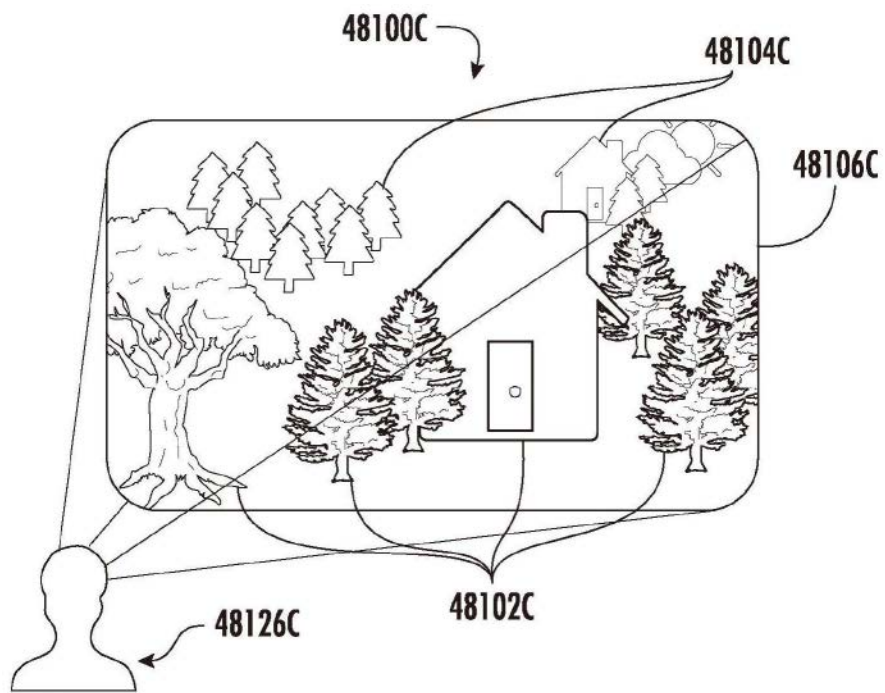


图48C

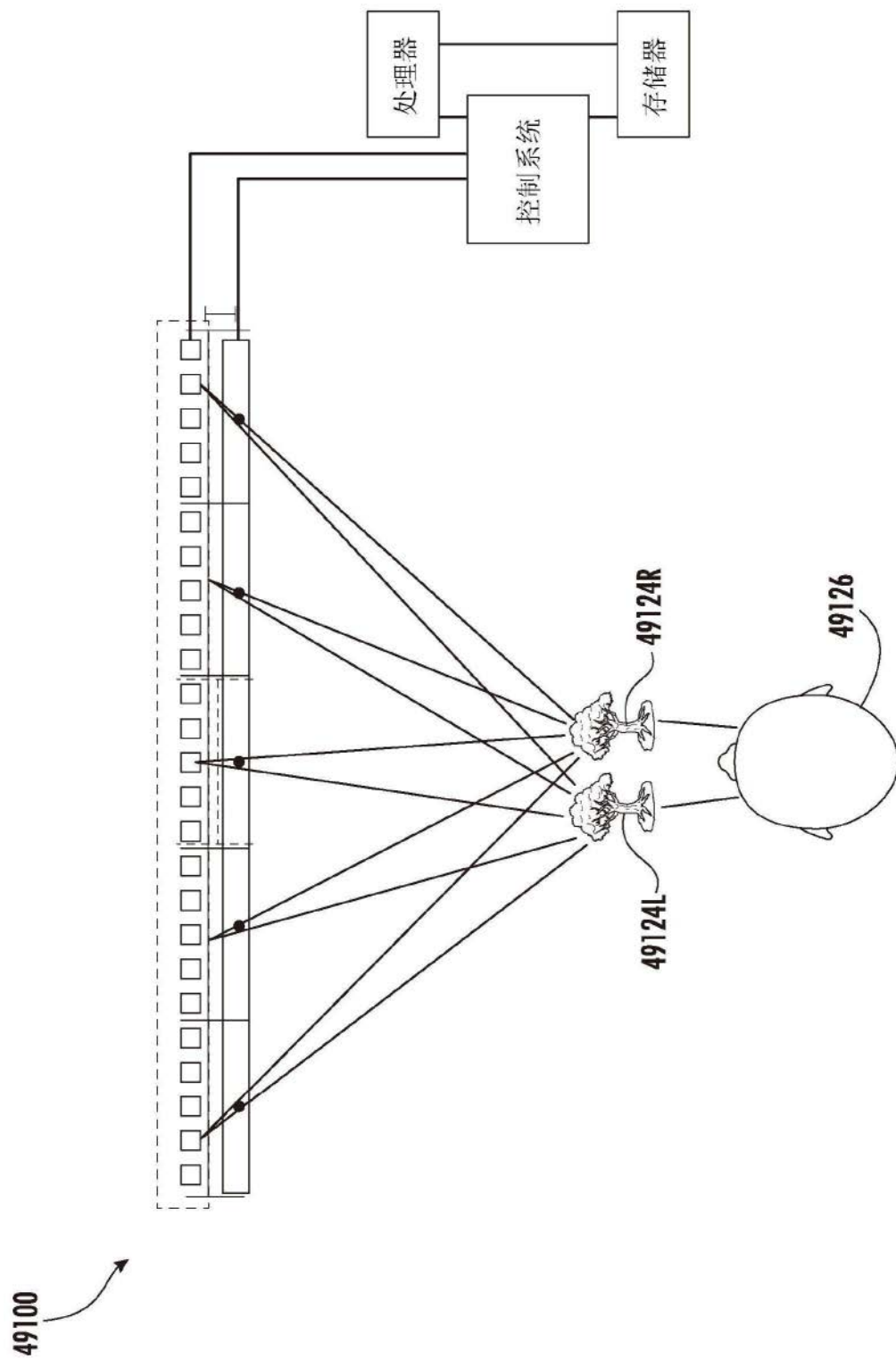


图49

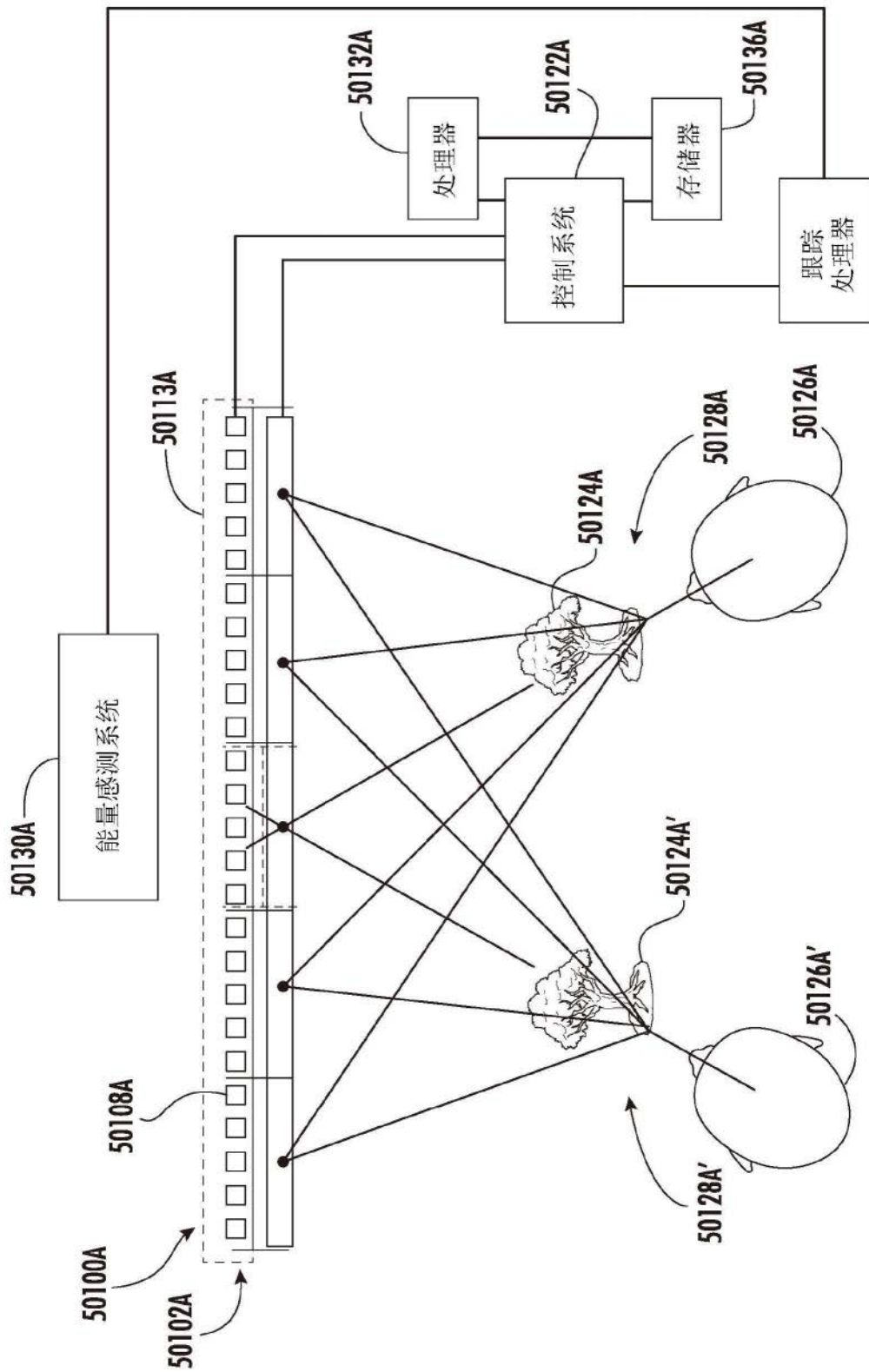


图50A

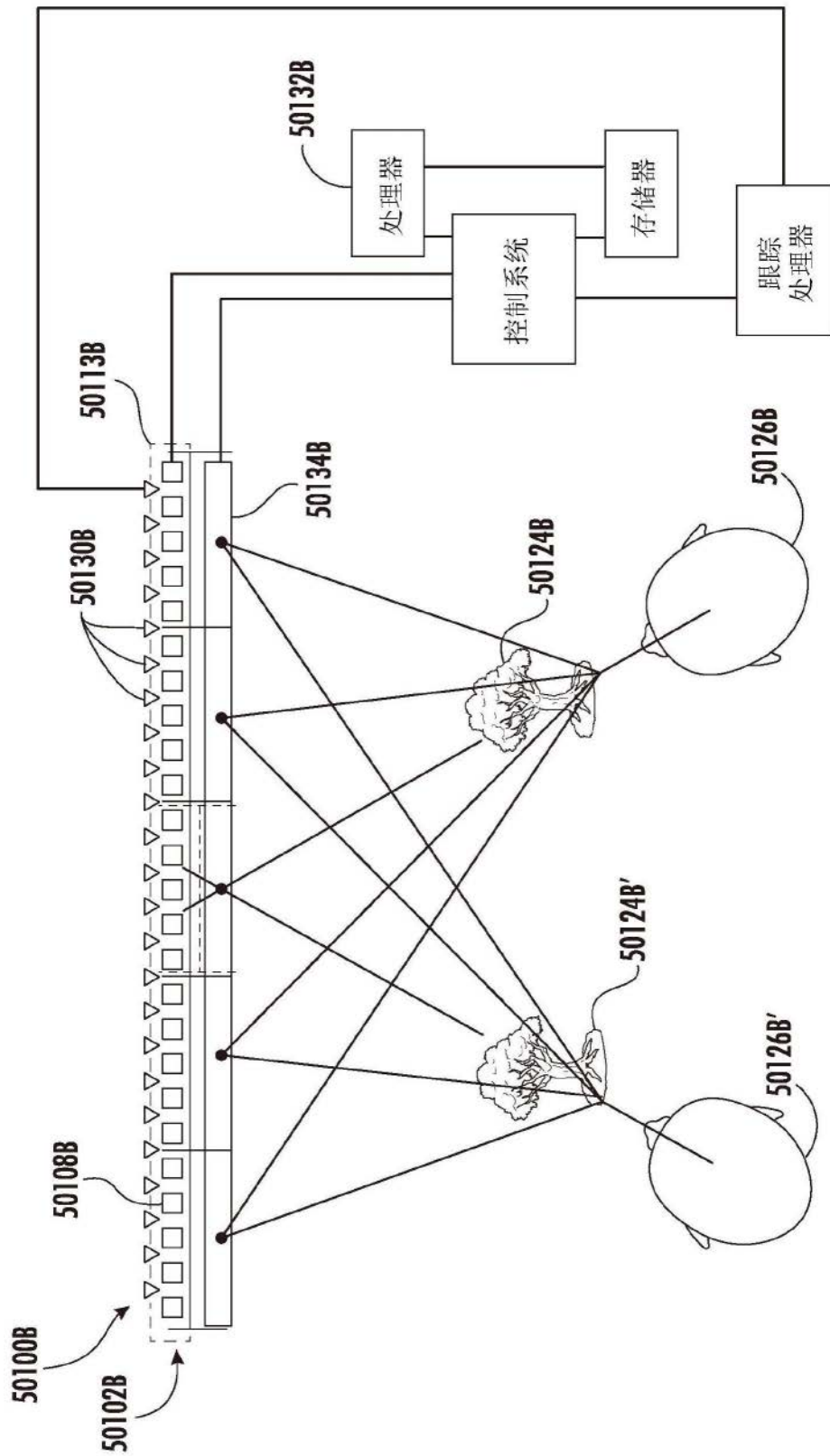


图50B

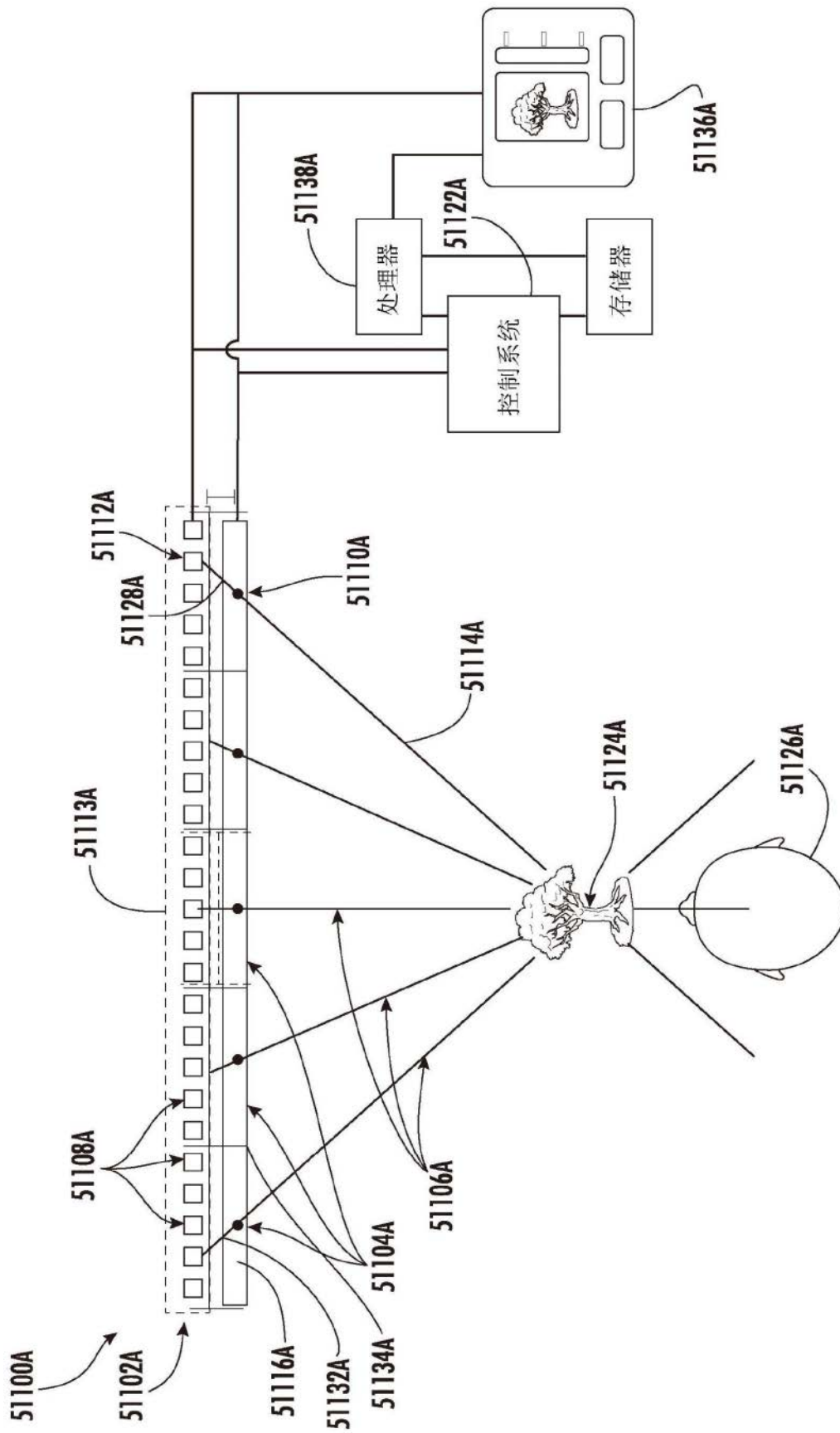


图51A

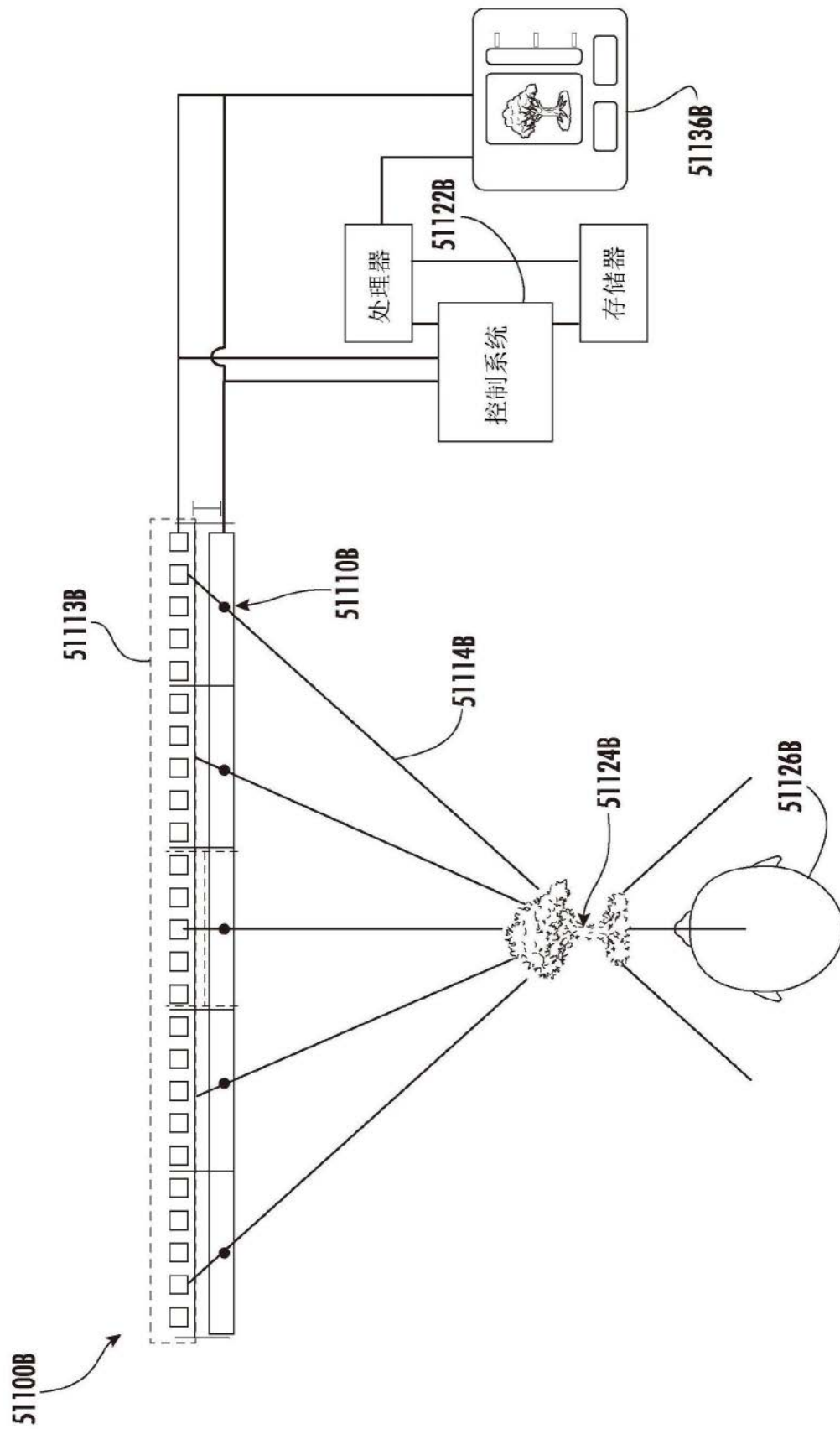


图51B

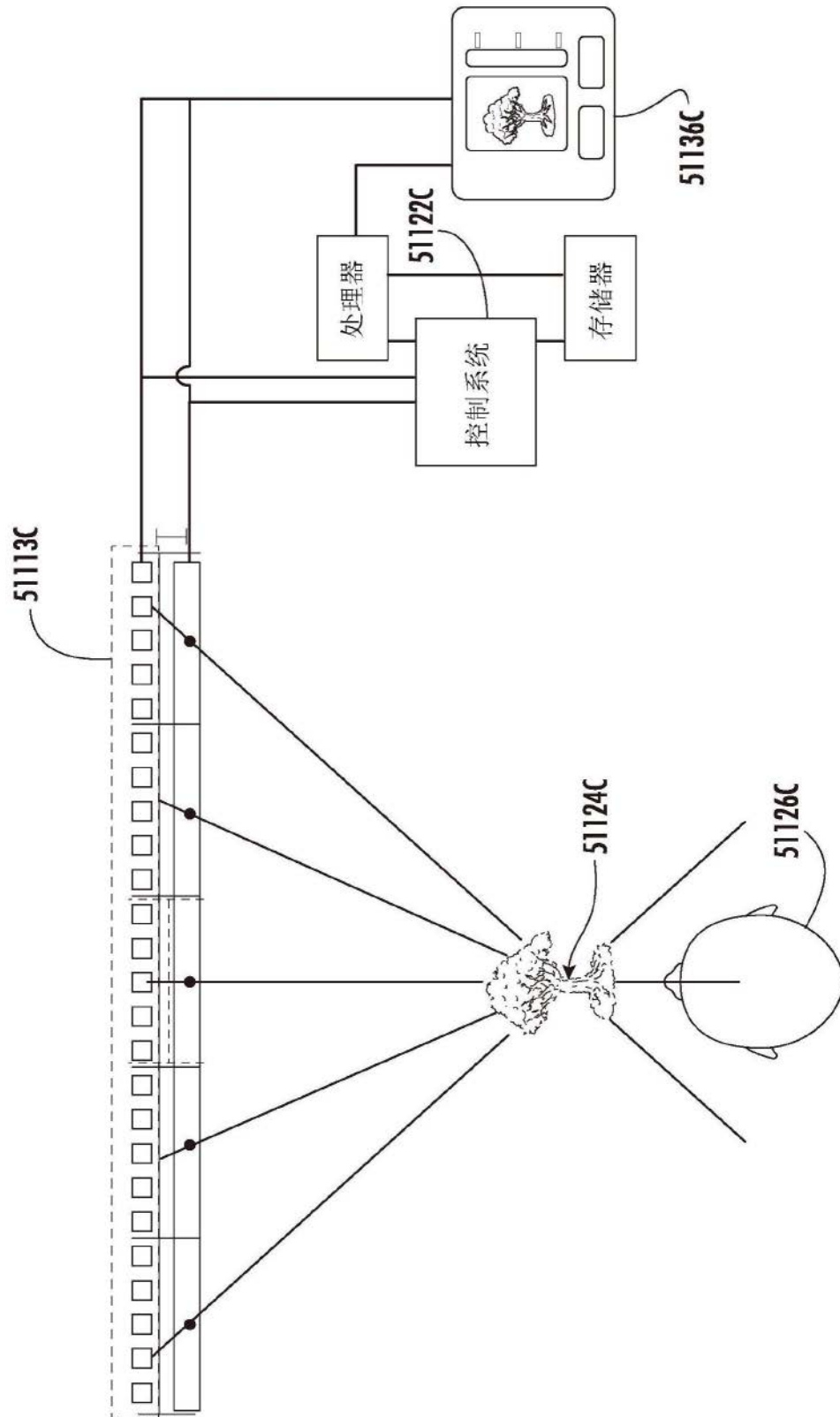


图51C

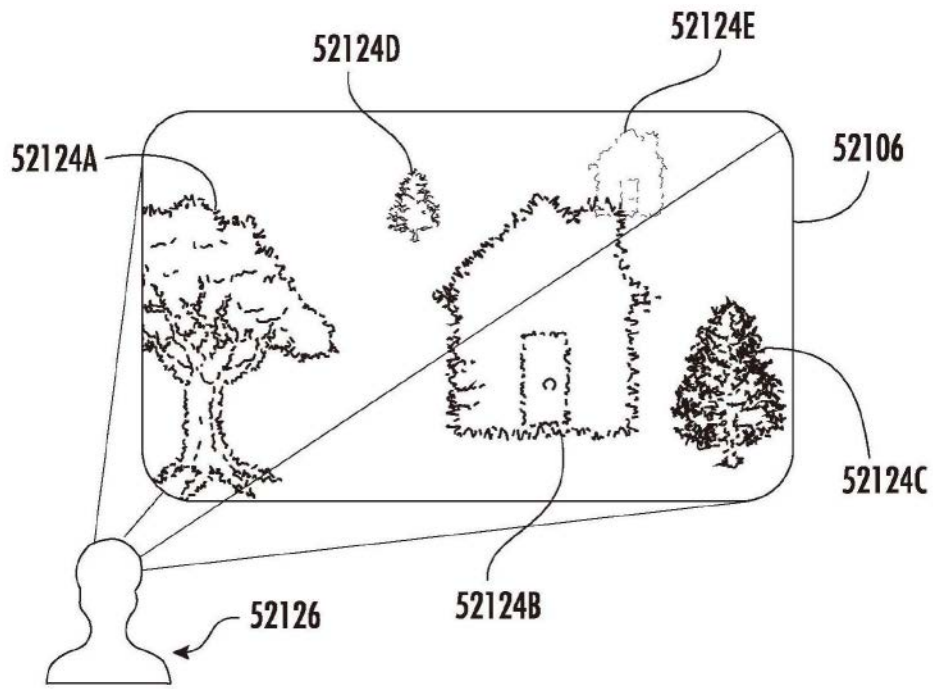


图52

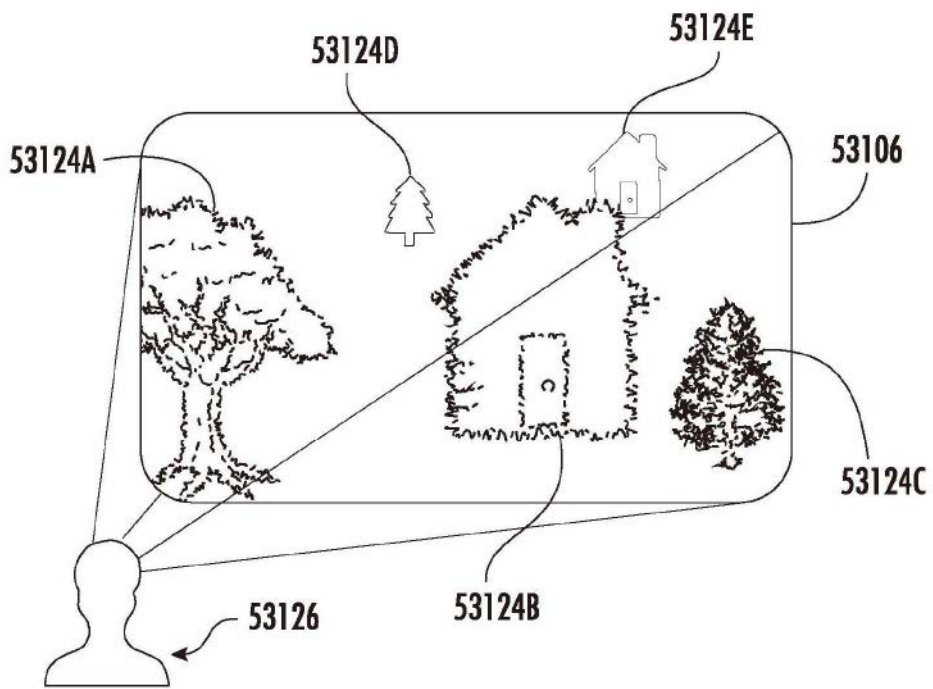


图53

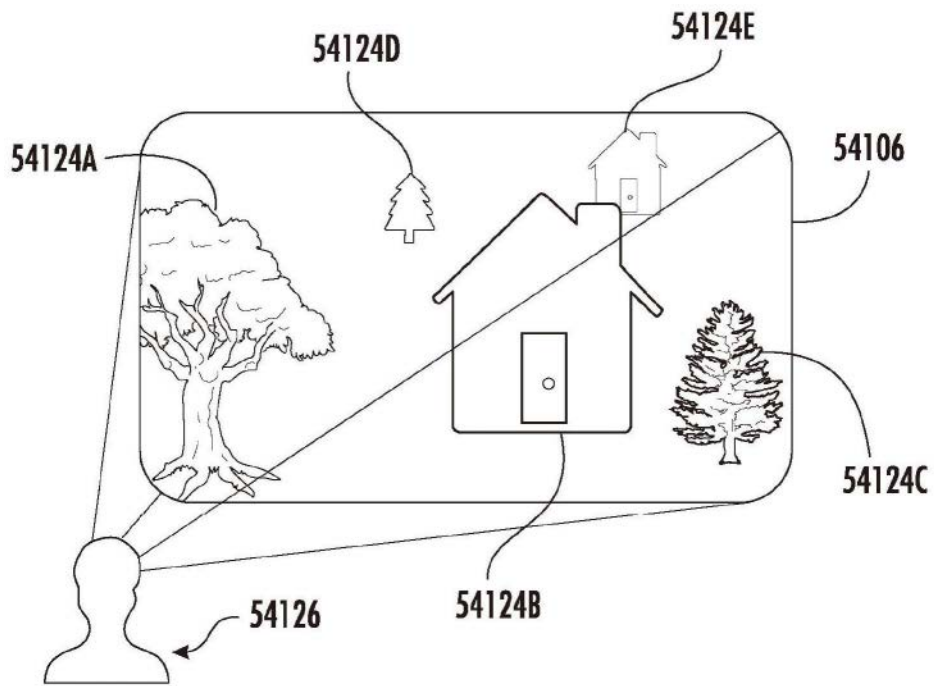


图54

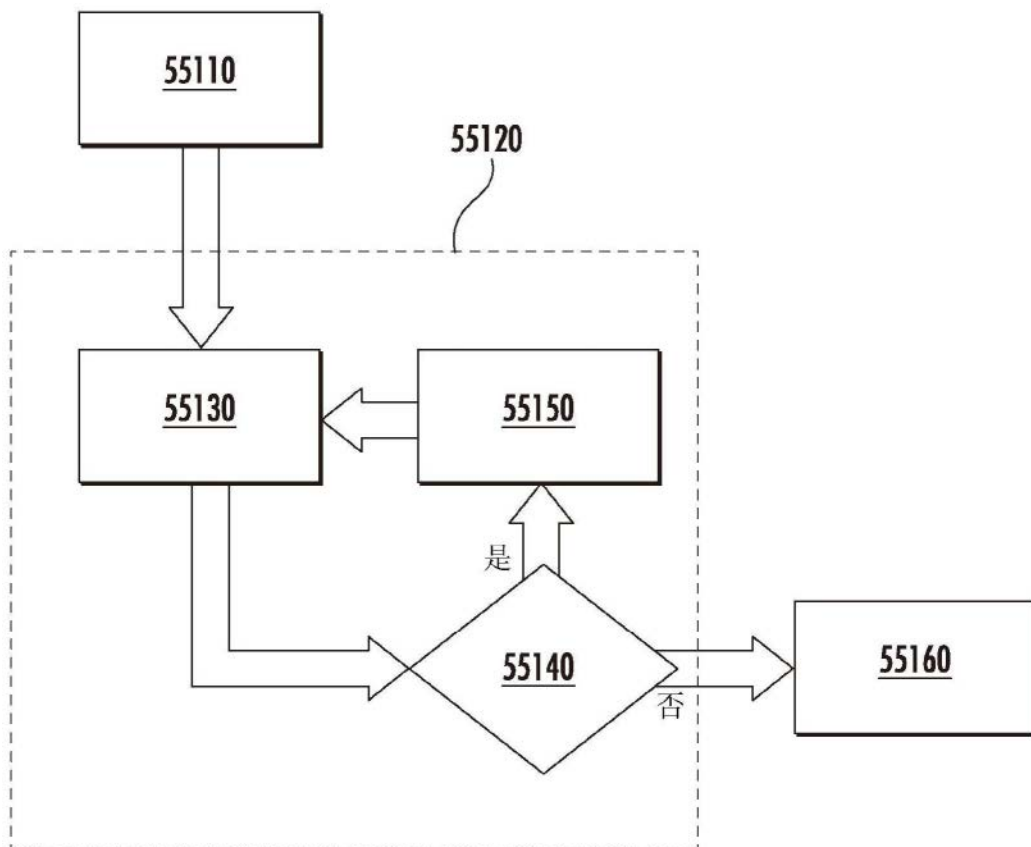


图55