



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112789542 A

(43) 申请公布日 2021.05.11

(21) 申请号 201980064127.0

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

(22) 申请日 2019.01.15

代理人 张琛

(66) 本国优先权数据

PCT/CN2018/109186 2018.09.30 CN

(51) Int.Cl.

G02B 26/10 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2019/071769 2019.01.15

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/062718 EN 2020.04.02

(71) 申请人 深圳市大疆创新科技有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新区  
南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研  
研大楼6楼

(72) 发明人 董帅 洪小平 刘祥 黄淮 赵进

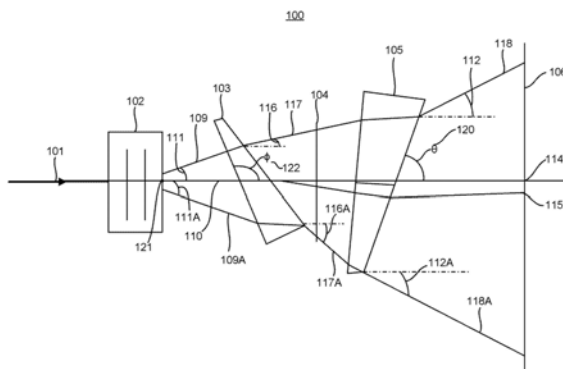
权利要求书3页 说明书12页 附图28页

(54) 发明名称

具有束压缩和扩展的光学扫描装置

(57) 摘要

公开了一种光学扫描装置,包括:束扫描器(102),所述束扫描器耦合到输入光源,以接收输入光束(101),并且所述束扫描器能够操作以产生具有第一扫描图案的扫描光束(109);第一棱镜(103),所述第一棱镜被定位成接收所述扫描光束并至少使得所述扫描光束的维度发生变化;以及第二棱镜(104),所述第二棱镜被定位成接收由所述第一光学元件输出的光,并使得所述扫描光束的方向或维度中的一者或两者发生另一变化,以在像平面处产生第二扫描图案,所述第二扫描图案具有扩展的或压缩的视野(FOV)。该棱镜以预先确定的角关系定位。根据该预先确定的角关系,棱镜可以沿着一根或多根轴线扩展或压缩扫描束的FOV。



1. 一种光学扫描装置,包括:

束扫描器,所述束扫描器耦合到输入光源,以接收输入光束,并且所述束扫描器能够操作以产生具有第一扫描图案的扫描光束;

第一光学元件,所述第一光学元件被定位成接收所述扫描光束并至少使得所述扫描光束的维度发生变化;以及

第二光学元件,所述第二光学元件被定位成接收由所述第一光学元件输出的光,并使得所述扫描光束的方向或维度中的一者或两者发生另一变化,以在像平面处产生第二扫描图案,所述第二扫描图案具有扩展的或压缩的视野。

2. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,

所述第一光学元件是第一棱镜,

所述第二光学元件是第二棱镜,

所述第一棱镜相对于所述第二棱镜以预定角度范围内的一角度定位,以产生所述第二扫描图案,与与所述第一扫描图案相关联的视野相比,所述第二扫描图案具有扩展的视野。

3. 根据权利要求2所述的光学扫描装置,其中,

所述第一棱镜被定位成使得在所述光学扫描装置的光轴和接收所述扫描光束的所述第一棱镜的第一表面之间形成的角大于90度,以及

所述第二棱镜被定位成使得在所述光学扫描装置的光轴和输出所述扫描光束的所述第二棱镜的第二表面之间形成的角小于90度。

4. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,

所述第一光学元件是第一棱镜,

所述第二光学元件是第二棱镜,

所述第一棱镜相对于所述第二棱镜以预定角度范围内的一角度定位,以产生所述第二扫描图案,与与所述第一扫描图案相关联的视野相比,所述第二扫描图案具有压缩的视野。

5. 根据权利要求4所述的光学扫描装置,其中,

所述第一棱镜被定位成使得在所述光学扫描装置的光轴与接收所述扫描光束的所述第一棱镜的第一表面之间形成的角小于90度,以及

所述第二棱镜被定位成使得在所述光学扫描装置的光轴和输出所述扫描光束的所述第二棱镜的第二表面之间形成的角大于90度。

6. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所产生的第二扫描图案的中心相对于所述第一扫描图案的中心偏移。

7. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件和所述第二光学元件每个都被配置成相对于所述光学扫描装置的光轴以一角度范围内的一角度定位,并且其中,基于对所述第一光学元件和所述第二光学元件中的一者或两者的角度的选择,增大或减小与所述第二扫描图案相关联的视野的扩展或压缩的量。

8. 根据权利要求7所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件和所述第二光学元件被定位成使得:与方位角相比,所述第二扫描图案的俯仰角不对称。

9. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述束扫描器包括一对棱镜,所述一对棱镜被配置成相对于彼此在相反的方向上转动,以产生具有所述第一扫描图案的所述扫描光束。

10. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述束扫描器包括一个或多个能够转动的反射镜。

11. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件和第二光学元件中的至少一者包括透镜。

12. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第二扫描图案在至少一个维度上与所述第一扫描图案的尺寸不同。

13. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第二光学元件被定位成补偿由所述第一光学元件引入的横向偏移的至少一部分。

14. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件被定位成扩展并且横向偏移所述扫描光学图案,以及所述第二光学元件被定位成 (a) 补偿所述扫描光学图案中的横向偏移的至少一部分,以及 (b) 进一步扩展或压缩所述扫描光学图案。

15. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件被定位成压缩并横向偏移所述扫描光学图案,以及所述第二光学元件被定位成 (a) 补偿所述扫描光学图案中的横向偏移的至少一部分,以及 (b) 进一步压缩或扩展所述扫描光学图案。

16. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第二光学元件在其输出所述扫描光束的第二表面上包括防反射涂层,所述防反射涂层允许所述光学扫描光束在没有实质损失的情况下从所述第二表面出射,同时防止光通过所述第二表面进入所述第二光学元件。

17. 根据权利要求1所述的光学扫描装置,其中,所述第一光学元件是第一楔形棱镜,以及所述第二光学元件是第二楔形棱镜。

18. 根据权利要求17所述的光学扫描装置,其中,所述第一楔形棱镜和所述第二楔形棱镜中的一者或两者在两个不同的方向上具有渐缩的截面。

19. 根据权利要求17所述的光学扫描装置,其中,所述第一楔形棱镜和所述第二楔形棱镜被取向为使得穿过所述第一楔形棱镜的顶部的平面相对于穿过所述第二楔形棱镜的顶部的平面大约成90度。

20. 一种光学扩展或压缩装置,包括:

至少两个光学元件,所述至少两个光学元件包括:

第一光学元件,用于接收具有第一扫描图案的光束并产生第一重定向光束;以及

第二光学元件,用于接收所述第一重定向光束并产生第二重定向光束,其中所述第二重定向光束具有第二扫描图案,

其中,所述第一光学元件和所述第二光学元件中的每一者被配置成相对于彼此以一角度范围定位,以使得当所述第一光学元件相对于所述第二光学元件以第一预定角度范围定位时,所述第二扫描图案产生有扩展的视野,以及当所述第一光学元件相对于所述第二光学元件以第二预定角度范围定位时,所述第二扫描图案产生有压缩的视野。

21. 一种光学扫描装置,包括:

第一束扫描器部分,所述第一束扫描器部分被配置成接收输入光束并产生包括圆形或椭圆形扫描光束部分的第一扫描图案;以及

第二束扫描器部分,所述第二束扫描器部分被定位成接收来自所述第一束扫描器部分的光并产生具有第二扫描图案的输出光束,其中,所述第二扫描图案包括至少一个平坦的或直边界。

22. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第一束扫描器部分包括在相反转动方向上能够转动的一对棱镜。

23. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第二束扫描器部分包括在相反转动方向上能够转动的一对棱镜。

24. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第一束扫描器部分或第二束扫描器部分包括能够转动的单个棱镜。

25. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第一束扫描器部分和第二束扫描器部分中的一者或两者包括能够转向的反射镜。

26. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第一束扫描器部分或第二束扫描器部分包括能够转动的多面反射镜。

27. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第二图案是沿方位扫描的俯仰方向中的线。

28. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第二图案是沿俯仰扫描的方位方向中的线。

29. 根据权利要求21所述的光学扫描装置,其中,所述第二图案是沿方位扫描的圆。

30. 一种光学扫描装置,包括:

第一束扫描器部分,所述第一束扫描器部分包括第一棱镜和第二棱镜,所述第一棱镜和所述第二棱镜被配置成相对于彼此沿相反的方向转动,所述第一棱镜具有第一转动速度,以及所述第二棱镜具有第二转动速度;以及

第二束扫描器部分,所述第二束扫描器部分被定位成接收来自所述第一束扫描器部分的光,所述第二束扫描器部分包括第三棱镜和第四棱镜,其中,所述第三棱镜和所述第四棱镜被配置成相对于彼此沿相反的方向转动,所述第三棱镜具有第三转动速度,以及所述第四棱镜具有第四转动速度,其中,所述第一转动速度、第二转动速度、第三转动速度以及第四转动速度能够选择成产生具有特定扫描图案的输出光束。

31. 根据权利要求30所述的光学扫描装置,其中,所述第一棱镜、所述第二棱镜、所述第三棱镜和所述第四棱镜中的每一者具有相应的第一顶部或楔角、第二顶部或楔角、第三顶部或楔角和第四顶部或楔角,以及相应的第一折射率、第二折射率、第三折射率和第四折射率,并且其中,根据所述第一转动速度、所述第二转动速度、所述第三转动速度、所述第四转动速度以及所述第一折射率、所述第二折射率、所述第三折射率、所述第四折射率来确定所述输出光束的特定扫描图案的渐进、形状和边界中的一者或多者。

32. 根据权利要求30所述的光学扫描装置,其中,所述第一束扫描器部分和第二束扫描器部分能够控制所述输出光束的视野范围。

33. 根据权利要求30所述的光学扫描装置,其中,对所述输出光束的视野范围的控制包括在竖直方向和水平方向上对所述视野的控制。

34. 根据权利要求30所述的光学扫描装置,其中,所述输出光束的特定扫描图案包括至少一个平坦的边界部分。

35. 根据权利要求30所述的光学扫描装置,其中,所述输出光束的特定扫描图案是矩形扫描图案。

## 具有束压缩和扩展的光学扫描装置

### 技术领域

[0001] 本技术总体上涉及光学扫描装置和方法,尤其涉及扫描光学图案的生成和操控。

### 背景技术

[0002] 光学扫描器具有许多应用,包括应用于自动驾驶。通常可以使用一个或多个传感器(例如LiDAR传感器)来扫描或以其他方式检测移动平台的环境,所述一个或多个传感器通常传送脉冲信号(例如激光信号)并检测脉冲信号的反射。可以以这种方式(例如,在激光扫描点处)确定关于环境的三维信息。各种干扰源(例如,变化的地平面、障碍物类型等)以及位置和定位技术的局限性(例如GPS信号的精度)都会影响避障和导航应用。因此,仍然需要改进的光学扫描和处理技术以提高从光学扫描器获得的三维信息的准确性和可靠性。

### 发明内容

[0003] 为了方便读者,提供了下列发明内容,以及该发明内容明确了所公开技术的几个代表性实施例。

[0004] 在一方面,公开了一种光学扫描装置。光学扫描装置包括束扫描器,该束扫描器耦合到输入光源,以接收输入光束,并且该束扫描器可操作以产生具有第一扫描图案的扫描光束。光学扫描装置进一步包括:第一光学元件,该第一光学元件被定位成接收扫描光束并至少使得扫描光束的维度发生变化;以及第二光学元件,该第二光学元件被定位成接收从第一光学元件输出的光,并使得扫描光束的方向或维度中的一者或两者发生另一变化,以在图像平面处产生第二扫描图案,该第二扫描图案具有扩展或压缩的视野。

[0005] 在另一方面,公开了一种光学扩展或压缩装置,该光学扩展或压缩装置包括至少两个光学元件,所述至少两个光学元件包括:第一光学元件,用于接收具有第一扫描图案的光束并产生第一重定向光束;以及第二光学元件,用于接收第一重定向光束并产生第二重定向光束,其中,第二重定向光束具有第二扫描图案。第一光学元件和第二光学元件中的每一者被配置成相对于彼此以一角度范围定位,以使得当第一光学元件相对于第二光学元件以第一预定角度范围定位时,第二扫描图案产生有扩展的视野,以及当第一光学元件相对于第二光学元件以第二预定角度范围定位时,第二扫描图案产生有压缩的视野。

[0006] 在另一方面,公开了一种光学扫描装置,该光学扫描装置包括:第一束扫描器部分,其被配置成接收输入光束并产生包括圆形或椭圆形扫描光束部分的第一扫描图案;以及第二束扫描器部分,其被定位成接收来自第一束扫描器部分的光并产生具有第二扫描图案的输出光束,其中第二扫描图案包括至少一个平坦的或直的边界。

[0007] 在另一方面,公开了一种光学扫描装置,该光学扫描装置包括第一束扫描器部分,该第一束扫描器部分包括第一棱镜和第二棱镜,第一棱镜和所述第二棱镜被配置成相对于彼此沿相反的方向转动,第一棱镜具有第一转动速度,以及第二棱镜具有第二转动速度;以及第二束扫描器部分,该第二束扫描器部分被定位成接收来自第一束扫描器部分的光,第二束扫描器部分包括第三棱镜和第四棱镜,其中,第三棱镜和第四棱镜被配置成相对于彼

此沿相反的方向转动,第三棱镜具有第三转动速度,以及第四棱镜具有第四转动速度,其中,第一转动速度、第二转动速度、第三转动速度以及第四转动速度可选择成产生具有特定扫描图案的输出光束。

[0008] 下列特征可以包括在各种组合中。第一光学元件是第一棱镜,第二光学元件是第二棱镜,以及第一棱镜相对于第二棱镜以预定角度范围内的一角度定位,以产生第二扫描图案,与与第一扫描图案相关联的视野相比,该第二扫描图案具有扩展的视野。第一棱镜被定位成使得在光学扫描装置的光轴和接收扫描光束的第一棱镜的第一表面之间形成的角大于90度,以及第二棱镜被定位成使得在光学扫描装置的光轴和输出扫描光束的第二棱镜的第二表面之间形成的角小于90度。第一光学元件是第一棱镜,第二光学元件是第二棱镜,以及第一棱镜相对于第二棱镜以预定角度范围内的一角度定位,以产生第二扫描图案,与与第一扫描图案相关联的视野相比,第二扫描图案具有压缩的视野。第一棱镜被定位成使得在光学扫描装置的光轴与接收扫描光束的第一棱镜的第一表面之间形成的角小于90度,以及第二棱镜被定位成使得在光学扫描装置的光轴和输出扫描光束的第二棱镜的第二表面之间形成的角大于90度。所产生的第二扫描图案的中心相对于第一扫描图案的中心偏移。第一光学元件和第二光学元件每个都被配置成相对于光学扫描装置的光轴以一角度范围内的一角度定位,并且其中,基于对第一光学元件和第二光学元件中的一者或两者的角度的选择,增加或减小与第二扫描图案相关联的视野的扩展或压缩的量。第一光学元件和第二光学元件被定位成使得:与方位角相比,第二扫描图案的俯仰角不对称。束扫描器包括一对棱镜,该对棱镜被配置成相对于彼此在相反的方向上转动,以产生具有第一扫描图案的扫描光束。束扫描器包括一个或多个可转动的反射镜。第一光学元件和第二光学元件中的至少一者包括透镜。第二扫描图案在至少一个维度上与第一扫描图案的尺寸不同。第二光学元件被定位成补偿由第一光学元件引入的横向偏移的至少一部分。第一光学元件被定位成扩展并且横向偏移扫描光学图案,以及第二光学元件被定位成(a)补偿扫描光学图案中的横向偏移的至少一部分,以及(b)进一步扩展或压缩扫描光学图案。第一光学元件被定位成压缩并横向偏移扫描光学图案,以及第二光学元件被定位成(a)补偿扫描光学图案中的横向偏移的至少一部分,以及(b)进一步压缩或扩展扫描光学图案。第二光学元件在其输出扫描光束的第二表面上包括防反射涂层,该防反射涂层允许光学扫描光束在没有实质损失的情况下从第二表面出射,同时防止光通过第二表面进入第二光学元件。第一光学元件是第一楔形棱镜,以及第二光学元件是第二楔形棱镜。第一楔形棱镜和第二楔形棱镜中的一者或两者在两个不同的方向上具有渐缩的截面。第一楔形棱镜和第二楔形棱镜被取向为使得穿过第一楔形棱镜的顶部的平面相对于穿过第二楔形棱镜的顶部的平面大约成90度。

## 附图说明

[0009] 图1示出了包括用于扩展视野的束扫描器和棱镜的光学设备的示例。

[0010] 图2A示出了包括束扫描器和用于压缩视野的棱镜的光学设备的示例。

[0011] 图2B示出了包括束扫描器和用于压缩视野的棱镜的光学设备的另一示例,该视野以三维方式示出。

[0012] 图3A示出了包括用于执行扫描的棱镜和用于压缩视野的棱镜的光学设备的另一示例。

- [0013] 图3B1示出了用于光学设备的光线追踪图的示例,该光学设备包括棱镜以改变视野。
- [0014] 图3B2示出了图3B1中示出的光学设备的3D视图。
- [0015] 图3C是用于改变视野(FOV)的两个棱镜的另一图示。
- [0016] 图3D示出了所述两个棱镜的三维视图及其相对于彼此的方向。
- [0017] 图4示出由根据公开的实施例的光学设备产生的扫描图案的示例。
- [0018] 图5示出了包括用于执行扫描的棱镜和用于压缩或扩展视野的各种光学部件的光学设备的示例。
- [0019] 图6A示出了棱镜和折射光束的示例。
- [0020] 图6B示出了棱镜的偏转角相对于输入角的导数的曲线的示例图,示出了各个区域。
- [0021] 图6C示出了示例性棱镜的3D视图。
- [0022] 图6D示出了示例性棱镜的另一3D视图。
- [0023] 图6E示出了示例性棱镜的示意图,示出了各种维度和角。
- [0024] 图6F1示出了用于相对于入射光线倾斜的棱镜的光线追踪图,其中,该棱镜的顶部比基部更靠近光源。
- [0025] 图6F2示出了图6F1中示出的棱镜的3D视图。
- [0026] 图6G1示出了用于相对于入射光线倾斜的棱镜的光线追踪图,其中,该棱镜的基部比顶部更靠近光源。
- [0027] 图6G2示出了图6G1中示出的棱镜的3D视图。
- [0028] 图6H1示出了相对于入射光线倾斜的棱镜的光线追踪图,其中,该棱镜的基部比顶部更靠近光源,其中,相对于入射光线而言,其具有更大的入射角。
- [0029] 图6H2示出了图6H1中示出的棱镜的3D视图。
- [0030] 图7示出了平面反射镜扫描器和可转动的多面反射镜扫描器的示例。
- [0031] 图8示出了双扫描器的示例和相应的扫描图案的示例。
- [0032] 图9示出了双扫描器的另一示例和相应的扫描图案的另一示例。
- [0033] 图10示出了双扫描器的其他示例以及相应的扫描图案的其他示例。
- [0034] 图11示出了双扫描器的其他示例。
- [0035] 图12示出了双扫描器的进一步的示例。
- [0036] 图13示出了扫描图案的示例和四个棱镜的示例。

### 具体实施方式

[0037] 所公开技术的某些方面涉及用于产生二维(例如方位和倾仰)的扫描光束的技术,该技术除其他特征和优点外,还能够改变扫描光束的尺寸,包括增大或减小扫描光束的视野(FOV)。可以通过棱镜、可转动的反射镜和/或可转动的多面反射镜的各种配置来进行扫描。可以通过以预定角关系定位的多个棱镜来进行对扫描光束的FOV的更改,并且还可以包括其他光学部件。根据预定的角关系,所述多个棱镜可以沿着一根或多根轴线扩展FOV和/或可以沿着一根或多根轴线压缩FOV。

[0038] 所公开技术的其他方面涉及控制光学扫描光束的形状以产生包括矩形扫描图案

(与椭圆形或圆形图案相比)的扫描光束图案,或更一般地,产生包括一个或多个平坦边或直边的扫描图案的扫描光束图案。所公开的扫描器包括至少两个部分,所述至少两个部分允许在不同方向上控制所产生的扫描图案。

[0039] 在一个示例性实施例中,公开了一种使用多个固定棱镜的FOV扩展/压缩(在本文中还可以称为光束扩展/压缩)技术。通过选择棱镜楔角,多个棱镜之间的相对角以及至少基于材料折射率的材料的选择,可以实现规定的FOV扩展和/或压缩。

[0040] 激光束扫描被用于激光雷达、激光导引、光通信、精密追踪系统以及许多其他应用中。以前,解决方案已经包括机械扫描(例如扫描振镜、转动反射镜、微机电系统(MEMS)扫描器等)和扫描相控阵(例如声光扫描、通过电光晶体的扫描、液晶相控阵、相控阵光栅)。机械扫描是最成熟的扫描技术,但是有几个缺点,包括扫描速度低和扫描装置需要大体积。相控阵扫描是通过调制光束阵列的相位来控制的,从而实现高精度、高速且无(或很少)机械惯性的光束方向偏转,但缺点是扫描范围有限(通常不大于 $\pm 10^\circ$ )、控制系统复杂,效率有限(高功耗)和高成本。

[0041] 在例如车辆LIDAR等的某些应用中,在方位方向(相对于车辆的左右方向)上的FOV应比在倾仰方向(上下方向)上的FOV宽,因为兴趣对象(例如轿车、障碍物等)在方位比在倾仰上更密集。在一些示例性实施例中,激光光斑尺寸可以在方位上较大(例如,在方位上具有大的发散角)。

[0042] 在一些实施例中,所公开的光束扫描装置包括光束扫描部和FOV扩展/收缩部。光束扫描部可以包括振镜(驱动反射镜)、MEMS装置、声或电光扫描相控阵。FOV扩展/收缩部可以包括固定在位置中的多个棱镜,所述多个棱镜在一维或二维中扩展或压缩视野。所述多个棱镜之间的一个或多个角确定FOV是扩展还是压缩。例如,两个棱镜相对于入射光放置的方向和角可以确定入射光是压缩还是扩展。通过利用棱镜扩展/收缩FOV,可以降低扫描器的控制系统的复杂性。在一些实施例中,另外地或可替代地,其他光学部件(例如线或光栅)可以用于产生扩展或压缩的视野。

[0043] 为了说明性目的,下面的图6F1和6G1示出了棱镜相对于入射在其上的光的方向和角如何可以产生扩展或压缩的FOV的示例。两种示例情况包括:

[0044] 示例1:当发散光束入射到如图6F1所示取向的棱镜上时,与入射在棱镜底部的光束相比,以所示角入射到棱镜(例如,较窄的)顶部的光束将以较小的角被折射。结果,离开棱镜的光束虽然可以提供FOV的整体扩展或压缩,但是光锥的顶部/底部可能会经受不同的压缩/扩展因数。图6F1还示出了已经过全内反射的底部光线(其根据应用可能需要避免或可能不需要避免)。

[0045] 示例2:图6G1示出了棱镜沿与图6F1所示的方向相反的方向倾斜。关于该配置,可以进行关于FOV的扩展或压缩类似的评述。使用两个或更多个级联的棱镜将允许进一步控制FOV扩展或压缩的程度。

[0046] 图1示出了根据一些示例性实施例的光学设备100。该设备包括束扫描器102、第一棱镜103和第二棱镜105。光学设备100被配置为造成FOV扩展。

[0047] 入射光束101被提供给束扫描器102,该束扫描器102随着时间的推移在多个方向上重定向或扫描光束。

[0048] 在一些示例中,将具有相同入射角或不同入射角的两个或更多个入射光束同时或

不同时提供给束扫描器102。在一些示例中,所述两个或更多个入射光束可来自封装在一起的两个或更多个二极管管芯。在一些示例中,所述两个或更多个二极管管芯被封装在一基板上,该基板电连接到相同的印刷电路板。在一些示例中,所述两个或更多个入射光束可来自两个或更多个激光二极管。在一些示例中,所述两个或更多个激光二极管电连接到相同的印刷电路板。

[0049] 扫描器102在一时刻将光束导向一个方向,而在另一时刻导向另一方向,从而随着时间的推移产生扫描图案。在维度方面,光束被偏转到光轴110和扫描光束109之间的最大偏转角111。扫描光束109穿过第一棱镜103朝向棱镜的顶端,被折射,并作为第一折射光束117以与光轴成角116离开第一棱镜103。当光束在相反方向被扫描时,光束被扫描到最大偏转角111A,光束109A穿过第一棱镜103朝向棱镜的底端,被折射,并作为第一折射光束117A以与光轴成角116A离开第一棱镜103。光束117和117A(及它们之间的所有光束)可以通过中间面104。光束117然后穿过第二棱镜105,被折射,并作为第二折射光束118以与光轴成角112离开第二棱镜105。光束117A然后穿过第二棱镜105,被折射,并作为第二折射光束118A以与光轴成角112A离开第二棱镜105。光束118和118A可以穿过中间面106。例如,将角116和116A之和与角111和111A之和进行比较可以显示是否发生扩展或压缩。注意,出于解释所公开的系统的目的,面104和106不是物理面,而是虚拟面。

[0050] 在图1的示例中,第一棱镜103和第二棱镜105被定位成造成FOV扩展。通过扩展,由角112和/或112A确定的FOV大于由角111和/或111A确定的FOV。例如,当角112大于角111并且角112A大于111A时,或者当角112大于角111和/或角112A大于角111A时,FOV被扩展。为了造成扩展,将第一棱镜103以第一棱镜103的第一面和光轴之间的角 $\phi$ 大于90度来定位,其中第一棱镜103的顶部比基部更靠近位置121。将第二棱镜105以第二棱镜105的第二面与光轴之间的角 $\theta$ 小于90度来定位,其中第二棱镜105的顶部比基部更靠近位置121。第一棱镜和第二棱镜可使得光轴在例如面106处从位置114移动到位置115。

[0051] 图2A示出了根据一些示例性实施例的光学设备200。该设备包括束扫描器202、第一棱镜203和第二棱镜205。光学设备200被配置为造成FOV压缩。

[0052] 在图2A的示例中,第一棱镜203和第二棱镜205被定位成造成FOV压缩。通过压缩,由角212和/或212A确定的FOV小于由角211和/或211A确定的FOV。例如,当角212加212A的和小于角211加211A的和时,FOV被压缩。为了造成压缩,将第一棱镜203以第一棱镜203的第一面与光轴之间的角 $\phi$ 小于90度来定位,其中第一棱镜203的基部比顶部更靠近位置221。将第二棱镜205以第二棱镜205的第二面与光轴之间的角 $\theta$ 大于90度来定位,其中第二棱镜205的基部比顶部更靠近位置221。第一棱镜和第二棱镜可使得光轴在例如面206处从位置214移动到位置215。

[0053] 图2B示出了包括光学扫描器252、第一棱镜253和第二棱镜255的光学设备的示例,示出了至少一些光学部件的3维视图和光线。在254和256处示出的平面不是物理对象,而是为了帮助读者确定在中平面254和像平面256处的光线的边界。因此,254和256可以称为虚拟面。FOV在261处所示的垂直方向上被压缩。在262处所示的水平方向上没有压缩或扩展。

[0054] 图3A示出了根据一些示例性实施例的光学设备300。图3A中的设备被配置成造成与图2A类似的FOV压缩,并且进一步示出了束扫描器部分中的一些部件。设备300包括被定位成造成FOV压缩的第一棱镜303和第二棱镜305。与图2相比,图3A示出了束扫描器202的一

种实施方式,该束扫描器包括第三棱镜321和第四棱镜322。棱镜321和322可沿相反的转动方向转动。例如,棱镜321(例如,通过马达)可以沿顺时针方向旋转,而棱镜322可以沿逆时针方向旋转。在一些示例性实施例中,一个棱镜可以以每分钟约10,300转(RPM)的速度旋转,而另一棱镜可以以2800RPM的速度旋转。也可以使用其他转速。所述四个棱镜中的每一个棱镜均由光学透明材料构成,在一些实施例中,该光学透明材料的折射率约为1.509。棱镜321和322中的一者或多者可以具有18度的顶角。在一些示例性实施例中,第三棱镜321和第四棱镜322可以在角312和312A之和等于40度的整个角上扫描光束。

[0055] 图3B1示出了改变FOV的两个棱镜303B和205B的光线追踪图。在320B处是光线追踪图,其示出了穿过系统行进的一些光线。

[0056] 图3B2在325B处示出了棱镜307B和309B的三维图及其相对于彼此的方向,以及穿过系统的一束光线。

[0057] 图3B1和3B2是具有相同的楔角和相同的倾斜方向的示例。在图3B1和3B2中,光束从第一棱镜的厚侧入射,并在垂直方向上被第一棱镜压缩,然后入射到第二棱镜的薄侧,该第二棱镜在垂直方向上扩展该光束。

[0058] 图3B1-3B2中的棱镜的取向与图1、图2A和图3A中的不同。在图3B中,第一棱镜被取向(倾斜),其中,其基部比顶部更靠近光源。第二棱镜被取向,其中,其顶部比基部更靠近第一棱镜。图3B1-3B2中的第一棱镜在第一方向上压缩FOV,以及第二棱镜在第二方向上扩展FOV。第一方向和第二方向可以是相同的方向,或者可以是彼此不同的方向:第一方向和第二方向可以是90度(或另一角度)。在一些实施例中,第一棱镜可以扩展FOV而不是压缩FOV,以及第二棱镜可以压缩FOV而不是扩展FOV。

[0059] 相比之下,图1示出了第一棱镜的顶部比基部更靠近光源,第二棱镜相对于第一棱镜被反转,其中第二棱镜的顶部比第二棱镜的基部更靠近第一棱镜。图2示出了第一棱镜的基部比顶部更靠近光源,而第二棱镜的基部比基部更接近第一棱镜。图2B和图3A中的棱镜与图2A中的棱镜取向类似。

[0060] 图3C是另一配置,其包括用于改变FOV的两个棱镜303C和305C。在320C处是光线追踪图,其示出了穿过系统行进的一些光线。图3D示出了所述两个棱镜的三维视图320D及其相对于彼此的取向。在一些实施例中,第一棱镜可以在第一方向上扩展FOV,而第二棱镜可以在第二方向上压缩FOV。在其他实施例中,第一棱镜可以在第一方向上压缩FOV,而第二棱镜可以在第二方向上扩展FOV。在一些实施例中,第一方向垂直于第二方向,而在其他实施例中则不垂直。

[0061] 前述实施例中的第二棱镜(105/205/255/305/305B/309B/305C/305D)可以用于实现多种效果,包括使FOV的中心相对于光轴偏移(例如,以补偿由第一棱镜引入的部分偏移),在第二棱镜的第二表面上使用抗反射涂层来减少反射允许使光在没有实质损失的情况下离开第二棱镜,但防止杂散光或反光通过第二表面进入第二棱镜,并在由第一棱镜执行对FOV的任何调节(例如,扩展或压缩)之后进一步调节该FOV。

[0062] 所公开的实施例可以包括下列特征中的一个或多个。由第一棱镜造成的FOV的变化程度接近于由第二棱镜造成的变化程度。由第一棱镜造成的偏转方向与由第二棱镜造成的偏转方向相反(以实现预定的偏心度)。由第一棱镜造成的第一组偏转角与由第二棱镜造成的第二组偏转角之间的差小于视野的10%。第一棱镜的楔角与第二棱镜的楔角相反。第

一棱镜和第二棱镜的入射角相差小于10度(以避免光轴两侧的光束偏转角相差太大,从而使扫描图案无法中心对称)。光在出射面处的倾斜角小于12度(以避免接收孔径太小)。入射在最后一个(例如第二)棱镜上的光是从棱镜的较厚的一端到较薄的一端入射。在最后一个(例如第二)棱镜上的入射光的角被限制在有限的角范围内。

[0063] 图4示出了扫描图400A、400B和400C的示例。这些扫描图示出了一段时间内光束在光学设备(例如上述光学设备)外的位置。这些图示出了光束随时间的位置取决于方位角和天顶角(俯仰角)。示例性扫描图400A对应于在不使用修改FOV的其他光学组件的情况下由扫描器部分生成的扫描图案。特别地,图400A示出了在方位上的最大扫描角约为 $\pm 20$ 度,以及在俯仰上的最大扫描角约为 $\pm 20$ 度(在地平线上方和下方)。扫描图案的中心在俯仰上位于约0度处以及在方位上位于约0度处。

[0064] 当利用FOV扩展/压缩光学元件时,生成示例性扫描图400B,其示出了在方位上约 $\pm 20$ 度的最大扫描角,以及在俯仰上约+15度至-8度的最大扫描角。扫描图案的中心在方位上约为0度,在方位上约为+2度的位置处。在产生示例性扫描图400B的实施例中,棱镜303和305由折射率为1.82的材料制成。棱镜303的顶角为14度,并倾斜30度。棱镜305的顶角为20度,并倾斜8度。在此示例中,俯仰角从40度压缩到22度,其压缩比为0.55。

[0065] 在图4中,当利用FOV扩展/压缩光学元件时生成示例性扫描图400C,其示出了在方位上约 $\pm 20$ 度的最大扫描角,以及在俯仰上约+5度至-22度的最大扫描角。与图400A和400B中的中心相比,扫描图案的中心也已偏移,并且在方位上位于约0度,在方位上位于约-7度。

[0066] 图5示出了与图3中的光学扫描设备类似的光学扫描设备。图5包括类似于棱镜321的棱镜521和类似于棱镜322的棱镜522。棱镜521和522可以类似于棱镜321和322反向转动。光学元件507用于FOV压缩或扩展。图1-3的设备包括棱镜以造成扩展或压缩。在图5中,可以另外地或可替代地使用其他光学元件来造成扩展或压缩。例如,包括凹透镜、平凹透镜或反射镜的光学元件520可用于造成FOV扩展。可以用于造成FOV压缩的光学元件530的示例包括凸透镜、平凸透镜或反射镜。

[0067] 为了进一步说明所公开技术的操作原理,下面提供了图6A至图6H2,这些图除了简化的光线追踪图之外还示出了单个棱镜元件或多个棱镜。图6A示出了由折射率为 $n$  608的材料制成的,并具有顶部604和基部606的棱镜602。顶部604处的角由 $\alpha$ 603表示。输入光束以与第一表面的法线成 $\theta_1$  610的角入射到该棱镜,被折射,并以第二表面的法线与输出光束之间形成的角 $\theta_2$  612离开棱镜的另一侧。角 $\delta$ 614是输入光束方向(如果直接穿过棱镜的话)与输出光束方向之间的角。棱镜的多个角之间的关系可以表示为:

$$[0068] \quad \delta = \alpha \left( n \frac{\cos(\theta_2)}{\cos(\theta_1)} - 1 \right) \quad \text{等式 (1)}。$$

[0069] 图6B示出了作为输入角 $\theta_1$ 的函数的偏转角导数 $d\delta/d\theta_1$ 的图600B的示例,其中,角 $\delta$ 和角 $\theta_1$ 是如上所述的用于棱镜的角 $\delta$ 和角 $\theta_1$ 。图6B中的图可以帮助选择适当的棱镜来产生FOV的扩展或压缩。导数表示光束偏转角 $\delta$ 相对于入射输入角 $\theta_1$ 的变化率。在图6B中的在约-90度和-18度的输入角之间的区域610中,由于全内反射,棱镜反射输入光束。与输入光束角范围相比,在高达约0°的较小负值的角(例如,-15度)处,棱镜对输出光束角范围的FOV进行扩展。与输入光束角范围相比,在具有正值的角(例如+5度)处,棱镜对输出光束角范围的

FOV进行压缩。相对于输入光束角范围,棱镜会压缩输出光束角范围的FOV。上面的图可以用于选择棱镜,例如上述棱镜103/203/303和105/205/305。在图6B的示例性图中,棱镜材料的折射率 $n$ 为1.8,而顶角 $\alpha$ 为25度。

[0070] 在一种实施方式中,为了实现FOV扩展,输入光束以负角入射到第一棱镜上(如上所述,将入射光束的角置于区域620中),以及具有其楔角的第二棱镜被反转,来自第一棱镜的光束以相对于第二棱镜表面的法线为负的角到达。两个棱镜的组合扩展可以表示为所述两个棱镜中的每一个棱镜扩展的乘积。

[0071] 在一种实施方式中,为了实现FOV压缩,输入光束以正角入射到第一棱镜上(如上所述,将入射光束的角置于区域630中),以及具有其楔角的第二棱镜被反转,来自第一棱镜的光束以相对于第二棱镜表面的法线为正的角到达。两个棱镜的组合压缩可以表示为所述两个棱镜中的每一个棱镜压缩的乘积。

[0072] 可以实现上述示例性实施例以造成大角压缩/扩展(例如,0.4到2.2倍的压缩/扩展)。当光束偏移位置或总偏转角太大时,可能会发生实际限制。可以通过将第一棱镜与入射光成大角来放置以实现光束的第一大角扩展来解决上述限制,以及将第二棱镜以与主光轴成小角或反转角来放置以实现光束的第二小角扩展或小角压缩。该组合导致光束的预定扩展角。

[0073] 在一些示例性实施例中,可使用三个棱镜造成扩展或压缩。例如,所述三个棱镜可造成压缩或扩展。在一些实施例中,前两个棱镜可造成扩展或压缩,而第三棱镜可调节光束的偏心度和与光轴的角。

[0074] 在一些示例性实施例中,四个棱镜可用于压缩或扩展。例如,所述四个棱镜可造成压缩或扩展。在一些实施例中,前三个棱镜可造成扩展或压缩,而第四棱镜可调节光束的偏心度和与光轴的角。

[0075] 在一些示例性实施例中,四个棱镜包括两对棱镜。第一对棱镜可实现水平FOV扩展或压缩,以及第二对棱镜可在光轴上转动 $90^\circ$ 以实现竖直FOV扩展或压缩。

[0076] 在其他示例性实施例中,所述第一对棱镜可在预定方向上实现FOV扩展或压缩,以及所述第二对棱镜在光轴上转动预定角以在预定方向上实现FOV扩展或压缩。

[0077] 图6C示出了棱镜650C的3D视图的示例。图6C中的棱镜(以及本文公开的许多棱镜)可以被称为楔形棱镜。图6C中的楔形棱镜具有圆形形状的面,这些面也可以表示为在第一方向(图6C中的垂直方向)上具有圆形截面的棱镜。棱镜材料的一侧比另一侧厚,该棱镜材料具有从厚侧到窄侧的线性锥度。垂直于第一方向的方向上的截面形状为矩形,如在654C处所示。应当注意,在一些实施例中,可以使用在两个方向上具有楔形截面的棱镜。在652C处示出的是参考方向,该参考方向可用于描述棱镜(例如图6C中所示的棱镜)的方向。

[0078] 图6D示出了棱镜650D的3D视图的另一示例。在652D处示出了与图6C中所示的截面图654C垂直的截面图。

[0079] 图6E示出了棱镜650E的3D视图的另一示例,该视图示出各种尺寸和角。入射光654E入射在棱镜的面上,被折射,并从相反的面出射。棱镜具有尺寸A、B和C、以及顶角 $\alpha$ 、顶表面652E。

[0080] 图6F1示出了光线图650F,该光线图650F示出了相对于入射光线倾斜的棱镜652F,其中,该棱镜的顶部比基部更靠近光源。当光束和入射表面的法线654F之间的角为负(即光

束入射在法线和楔角之间)时,整个FOV可以被棱镜扩展。入射光线的入射角越大,扩展程度越大,直到入射角足够大以使得在第二表面处发生全内反射时。图6F2示出了图6F1中的棱镜668F的3D视图666F。

[0081] 图6G1示出了光线图650G,其示出了相对于入射光线倾斜的棱镜652G,其中,该棱镜的基部比顶部更靠近光源。当光束与入射表面的法线654G之间的角为正(即,入射光线从表面法线下方照射到棱镜表面)时,则FOV可以被棱镜压缩。入射光线的入射角越大,压缩程度越大,但是在光轴左侧和右侧的两束光束的偏转角的差异越大。例如,图6H1中的入射光线的入射角比图6G1中的大,光线的偏转角较大。尽管图6H1中的配置在某些应用中可能有用,但在其他应用中,它可能会产生过于扭曲的扫描图案。图6G2示出了图6G1中的棱镜658G的3D视图656G,以及图6H2示出了图6H1中的棱镜658H的3D视图656H。

[0082] 图7示出了多个扫描器的示例,该多个扫描器中的至少一些扫描器可以用作前述图中的扫描器或扫描器的一部分。在710处,转动或振动的可转动的平面反射镜将输入光束转换成扫描输出光束。反射镜可通过MEMs装置、马达、检流装置或其他装置转动。在720处的是可转动的多面反射镜。示出了五面反射镜,其中每一面都是类似于710处的平面反射镜的平面镜。多面反射镜通过马达或其他装置转动,从而使得输入光束被扫描。包括多个扫描装置的设备可以用于二维扫描,例如方位和俯仰。

[0083] 如前所述,在某些情况下,可能需要产生额外的控制和操纵以产生光学扫描图案,该光学扫描图案在一侧或多侧是平坦的,具有矩形边界或者可以在一个或多个维度上被控制。在这方面,图8示出了扫描器配置和扫描图案的示例。在800A处,示出了具有两个扫描器的光学设备,所述两个扫描器包括可转动的单个棱镜825和可转动的平面镜832。在800B处,示出了具有两个扫描器的光学设备,其包括可转动的单个棱镜825和可转动的多面反射镜860。当800A中的平面反射镜832和棱镜825或800B中的可转动的单棱镜825和可转动的多面反射镜860沿相反的方向转动时,可以从输入光束生成光束扫描图案,例如在800C和800D处所示的图案。示例性曲线图800C和800D示出了在方位角和俯仰角上的扫描。

[0084] 图9示出了扫描器配置和扫描图案的另一示例。在900A处,示出了具有两个扫描器的光学设备,所述两个扫描器包括一对可转动的棱镜910和可转动的平面镜932。当932中的平面镜和所述一对棱镜以相反的方向转动时,可以从输入光束生成光束扫描图案,例如在900B处所示的图案。示例性图900B示出了在方位角和俯仰角上的扫描。在一些示例性实施例中,可以以不同的转动速度沿相同的方向转动多个棱镜。

[0085] 图10示出了扫描器配置和扫描图案的其他示例。在1000A处,示出了具有两个扫描器的光学设备,所述两个扫描器包括振镜1030和可转动的单个棱镜1025。在1000B处,示出了具有两个扫描器的光学设备,所述两个扫描器包括一对可转动的棱镜1010和可转动的单个棱镜1025,其中光首先进入可转动的棱镜1010。在一些示例性实施例中,可转动的单个棱镜1025可与可转动的棱镜1010交换,以使得光首先进入,其中,光首先进入可转动的单个棱镜1025。当1000A中的振镜1030和棱镜1025沿相反的方向转动时,可以从输入光束生成光束扫描图案,例如在1000C和1000D处所示的图案。当所述一对可转动的棱镜1010被反向转动并且可转动的单个棱镜1025转动时,可以从输入光束生成光束扫描图案,例如在1000C和1000D处所示的图案。示例性图800C和800D示出了在方位角和俯仰(天顶)角上的扫描。1000C中的扫描图案是水平(或平坦的)扫描图案,该扫描图案也可以在俯仰中扫描。1000D

中的扫描图案是圆形扫描图案,该扫描图案也可以水平地扫描。根据振镜1030相对于可转动的单个棱镜1025的相对速度,或者反向转动的棱镜对1010相对于单个棱镜1025的相对速度,可以生成不同的图案,例如1000C和1000D。在一些示例性实施例中,1010的速度大于1025的速度。例如,1010的速度可以大于1025的速度的5倍,或8倍,或9倍。在整个说明书中,在1025和1010处包括的棱镜可以彼此不同。

[0086] 关于在1000B处的扫描器配置,反向转动的棱镜对1010(有时也称为Risley棱镜对)可以以相等的速度转动,并且当与第三棱镜1025结合时,当所述两个等速反向转动的棱镜的转动速度大于第三棱镜1025的速度时,可能会导致平坦的或水平的扫描迹线。这样,生成的点云可以在水平方向(如1000C所示)上,这可以在自动驾驶以及许多其他应用中应用。

[0087] 在一些示例性实施例中,1000B中的所述三个棱镜的顶角是 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ ,并且折射率是 $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 。所述三个棱镜的转动角为 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ 。棱镜的转动角被定义为棱镜的楔角相对于x轴线的方向。

[0088] 所述三个棱镜的物理参数可以相同或不同。例如,棱镜1可以与棱镜2相同(几何形状和折射率)。因此,在该示例中, $\alpha_1 = \alpha_2$ 和 $n_1 = n_2$ 。

[0089] 当转动棱镜1和棱镜2并且 $\theta_1 + \theta_2 = 2n\pi$ ( $n$ 是整数)时,光在通过棱镜1和棱镜2之后在水平方向上被扫描。扫描程度与棱镜1和棱镜2的楔角以及折射率有关。棱镜对之后的FOV可以表示为:

[0090]  $F_1 = 2(n_1 - 1)\alpha_1$  等式(2)。

[0091] 光在通过转动棱镜3之后将围绕入射方向转动。转动件的转动角与棱镜的楔角和折射率有关,以及偏转角可以表示为:

[0092]  $F_3 = (n_3 - 1)\alpha_3$  等式(3)。

[0093] 在光通过所述三个棱镜之后,出射方向可以等于水平扫描和圆形扫描的叠加,因此可以形成平坦的FOV。通过控制棱镜的折射率和楔角参数,可以灵活地调节两个方向上的FOV。

[0094] 在水平和竖直方向上的FOV范围可以表示为:

[0095] 
$$FOV_H = F_1 + F_3 = 2(n_1 - 1)\alpha_1 + (n_3 - 1)\alpha_3$$
 等式(4)。  

$$FOV_V = F_3 = (n_3 - 1)\alpha_3$$

[0096] 在所公开的主题的一些实施例中,第一扫描器可以沿着特定迹线B1(未示出)进行扫描,以及第二扫描器可以沿着第二迹线B2(未示出)进行扫描,其中B1和B2彼此成一角(例如,彼此垂直)。

[0097] 图11示出了扫描器配置的其他示例。在1100A处,示出了具有两个扫描器的光学设备,所述两个扫描器包括振镜1130和一对可转动的棱镜1120。所述一对可转动的棱镜1120例如可以是Risley棱镜对。在1100B处,示出了两个振镜1130和1132。

[0098] 图12示出了扫描器配置的其他示例。在1200A处,示出了振镜1230和可转动的多面反射镜。在1200B处,示出了一对可转动的棱镜1210以及可转动的多面反射镜1260,该对可转动的棱镜可以反向转动。在1200C处,示出了一对可转动的棱镜1210(例如,Risley棱镜对)和振镜1232,该对可转动的棱镜可以反向转动。在1200D处,示出了两对可转动的棱镜,每对可转动的棱镜可以反向转动。

[0099] 当所述两个反向转动的棱镜的速度为 $-w$ 和 $+w$ 时,扫描的图案可以近似为一直线。当转动反面镜的转动速度为 $a$ 且所述两个反向转动的棱镜分别以 $a-w$ 和 $a+w$ 转动时,可以扫描两条相互垂直的直线以形成矩形扫描区域。

[0100] 图13在1300A和1300B处示出了上述扫描装置以不同的相对速度的扫描图案。

[0101] 图13在1300C处示出了相对于彼此倾斜的四个棱镜。所述四个棱镜的楔角为 $\alpha_1$ 至 $\alpha_4$ ,折射率分别为 $n_1$ 至 $n_4$ ,以及所述四个棱镜的转动角为 $\theta_1$ 至 $\theta_4$ 。可以将棱镜的转动角定义为棱镜楔角方向。

[0102] 所述四个棱镜的参数可以相同或不同。例如,棱镜1可以与棱镜2(几何形状和材料折射率)在同一对中,而棱镜3可以与棱镜4(几何形状和材料折射率)在同一对中。

[0103] 在该示例中, $\alpha_1=\alpha_2$ , $\alpha_3=\alpha_4$ , $n_1=n_2$ ,以及 $n_3=n_4$ 。当转动棱镜1和棱镜2并且 $\theta_1+\theta_2=2n\pi$ ( $n$ 是整数)时,光可以在通过棱镜1和棱镜2后在水平方向上扫描。扫描范围(即水平FOV)与棱镜1和棱镜2的楔角有关,其可以表示为:

[0104]  $FOV_H=4(n_1-1)\alpha_1$  等式(5)。

[0105] 当转动棱镜3和棱镜4并满足 $\theta_1+\theta_2=(2n+1)\pi$ ( $n$ 是整数)时,光通过棱镜3和棱镜4并在竖直方向上扫描,以及FOV可以表示为:

[0106]  $FOV_V=4(n_3-1)\alpha_3$  等式(6)。

[0107] 通过设计棱镜的楔角和折射率,可以灵活地设计水平和竖直FOV。下面提供了可以包含的示例性功能的列表。

[0108] 1. FOV方位角和俯仰角可以分别控制。

[0109] 2. 扩展和压缩可以在一范围内进行调节(例如,0.4-2.2倍)。

[0110] 3. 支持相同FOV的同轴发送/接收;

[0111] 4. FOV可以通过多个固定棱镜来调节,所述多个固定棱镜可以变化以改变FOV,从而降低控制系统的复杂度。

[0112] 5. 通过添加正确放置的棱镜(多个棱镜),可以实现FOV的某扫描范围。

[0113] 6. 可以使用两个反向转动的楔形棱镜以沿一直线进行扫描。

[0114] 7. 通过使用围绕轴转动的单面反射镜,可以实现高达 $360^\circ$ 的扫描覆盖范围;

[0115] 8. 两组反向转动的反射镜可以实现矩形扫描图案。

[0116] 9. 光源可以包括准连续波(QCW),连续波(CW),单波长和/或波长可调激光器,以及其他光源。光源可产生包括905纳米,1550纳米以及其他波长的一个或多个波长的光。

[0117] 10. 双反向转动的棱镜可以沿一平坦线或一直线进行扫描;

[0118] 11. 单个棱镜与振镜式平面反射镜结合可以产生平坦的扫描图案;

[0119] 12. 振动反射镜和转动反射镜可以用于在 $360^\circ$ 方位角和预定俯仰角范围内进行扫描。

[0120] 13. 可以使用双棱镜和反射镜组件来实现 $360^\circ$ 扫描,其中,反射镜的转动速度为 $a$ ,以及棱镜的转动速度为 $a+w$ 和 $a-w$ 。

[0121] 14. 振镜式平面镜与多面反射镜结合可以使得扫描范围在预定角范围内。

[0122] 15. 以恒定速度转动的双棱镜结合多面反射镜可以使得扫描范围在预定角范围内。

[0123] 16. 以两个不同的速度转动(其中转动角: $(2n+1)\pi$ 或 $(2n+1/2)\pi$ )的四个棱镜可以

在矩形图案中扫描,这可能导致在方位方向和俯仰方向上进行独立扫描。

[0124] 为了说明和描述的目的,已经给出了实施例的前述描述。前述描述并非旨在穷举或将本发明的实施例限制为所公开的精确形式,并且根据上述教导,修改和变化是可能的,或者可以从各种实施例的实践中获得。选择和描述本文所讨论的实施例是为了解释各种实施例的原理和性质以及其实际应用,以使本领域技术人员能够在各种实施例中以适合预期的特定用途的各种修改来利用本发明。本文描述的实施例的特征可以以方法、设备、模块和系统的所有可能的组合来组合。

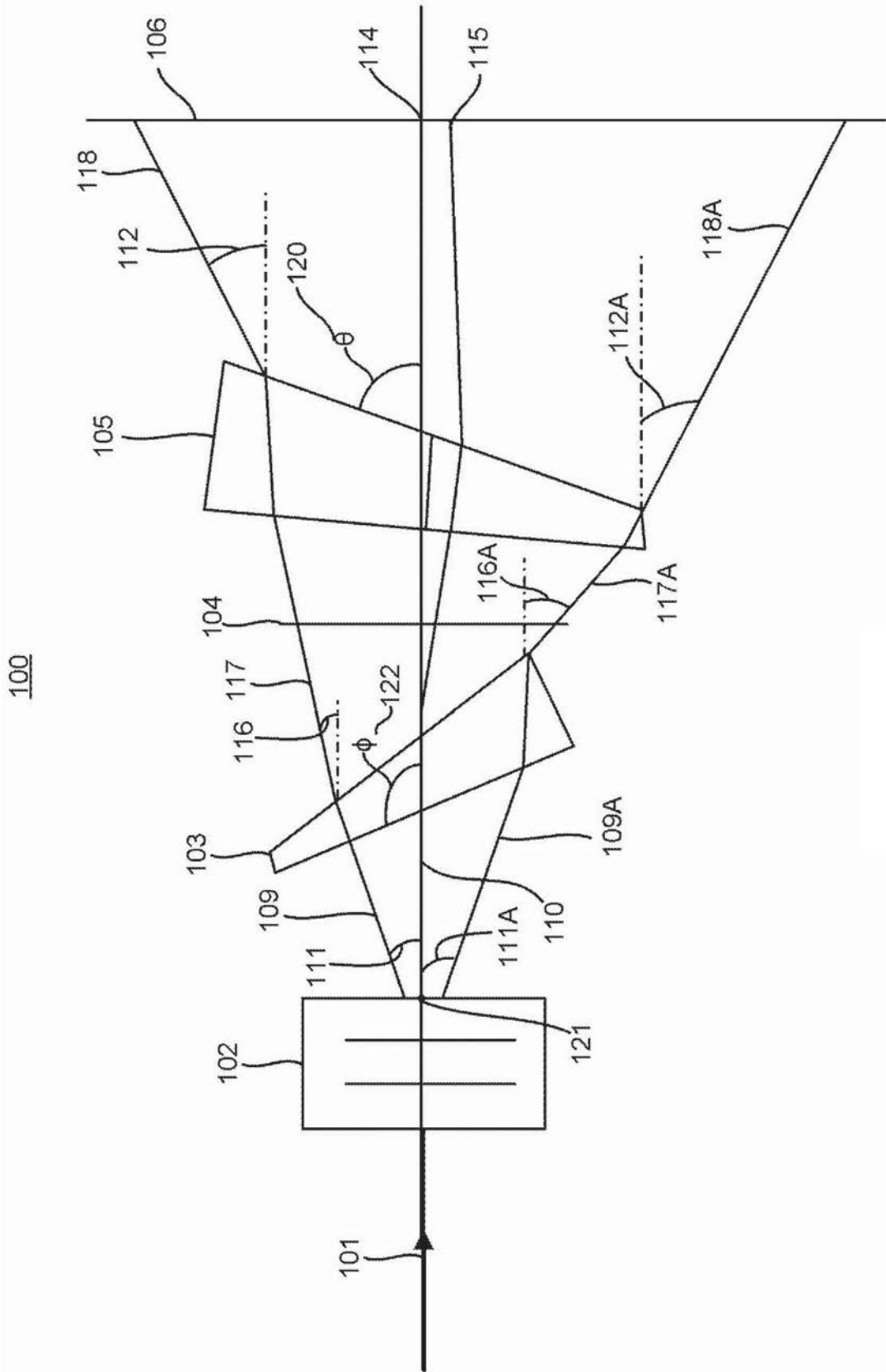


图1

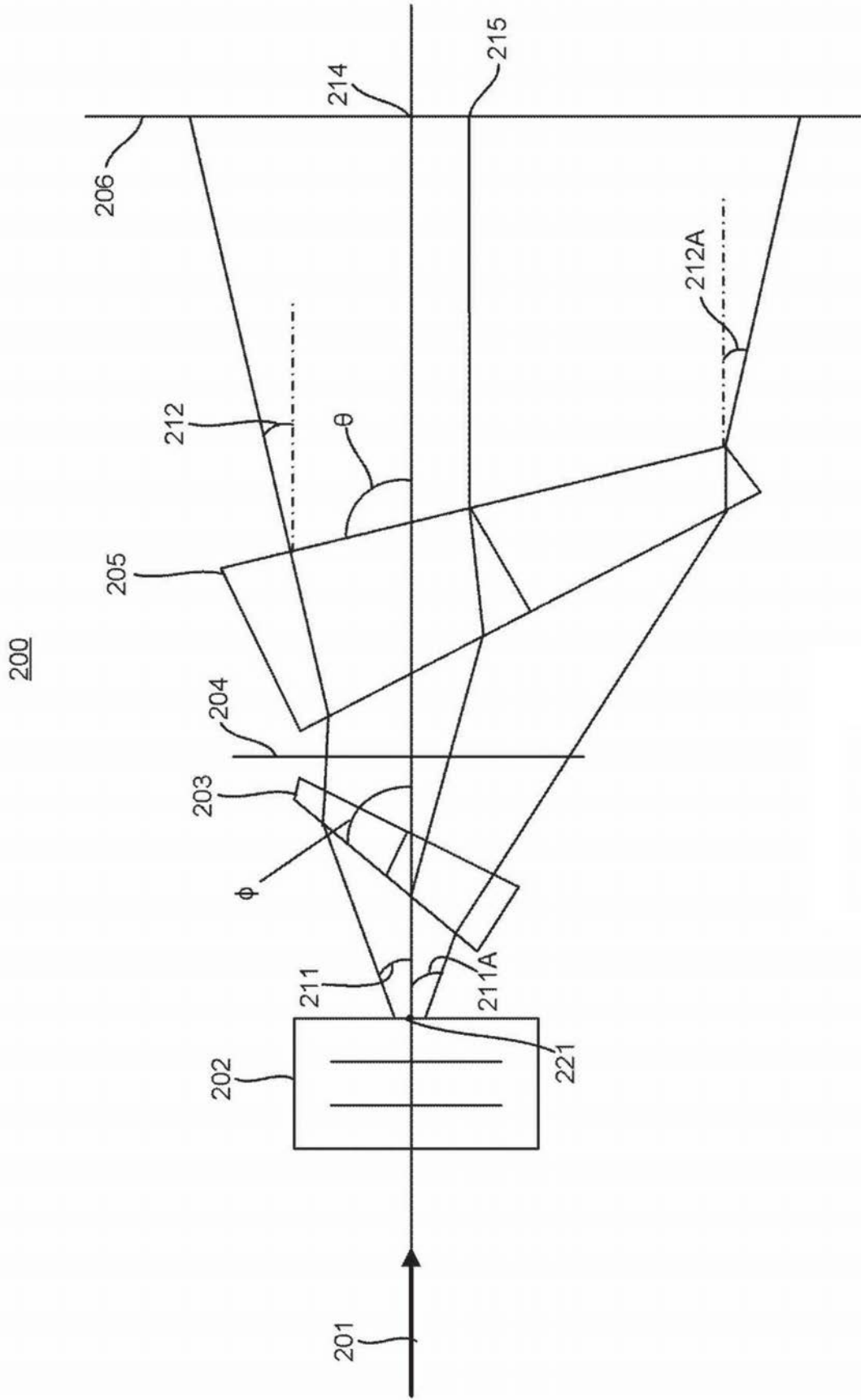


图2A

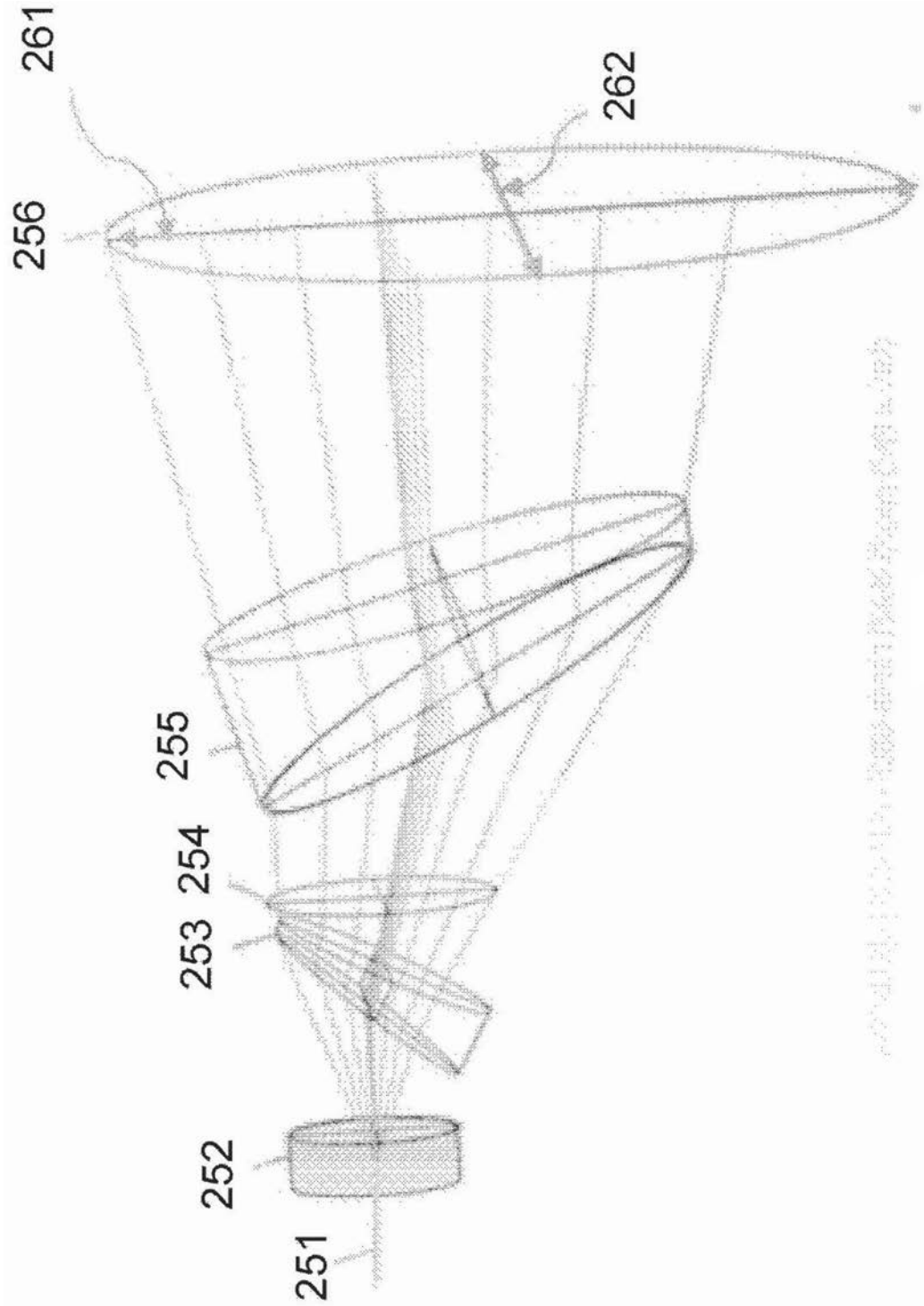


图2B

300

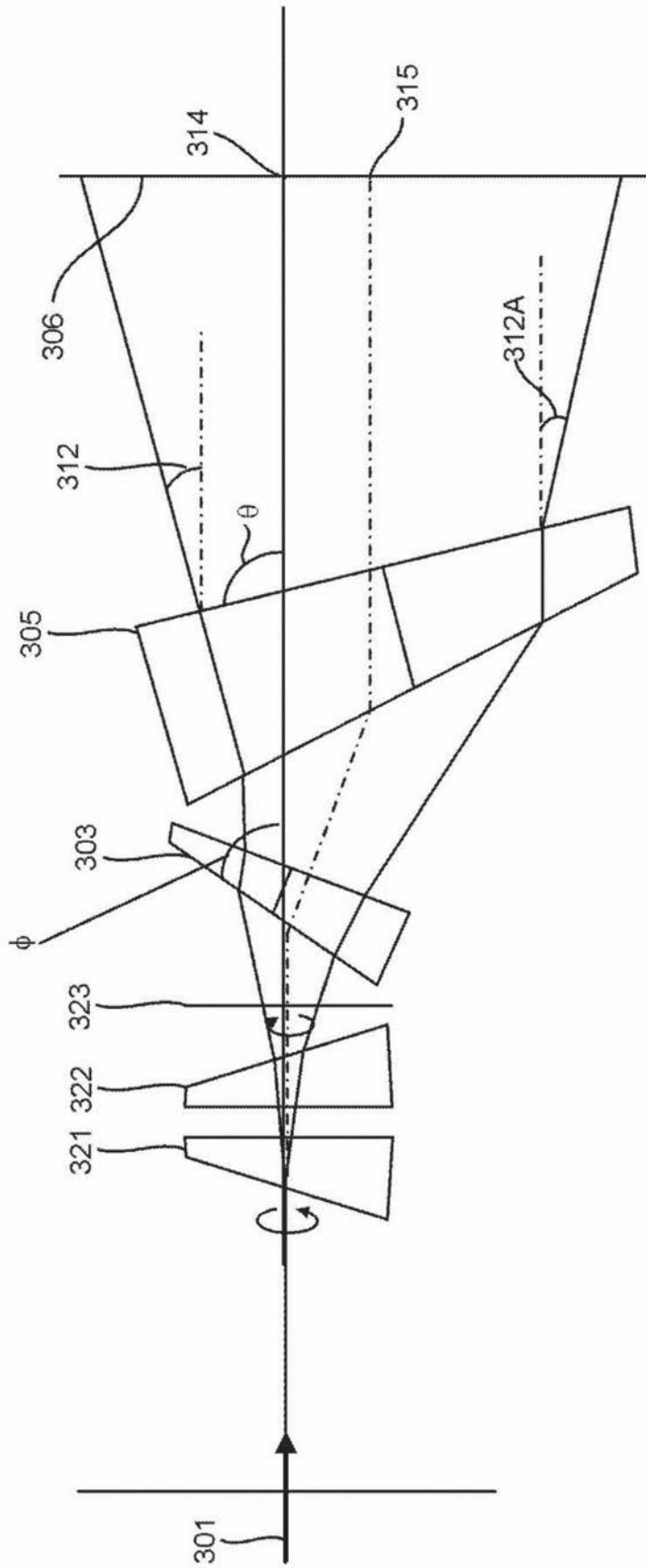


图3A

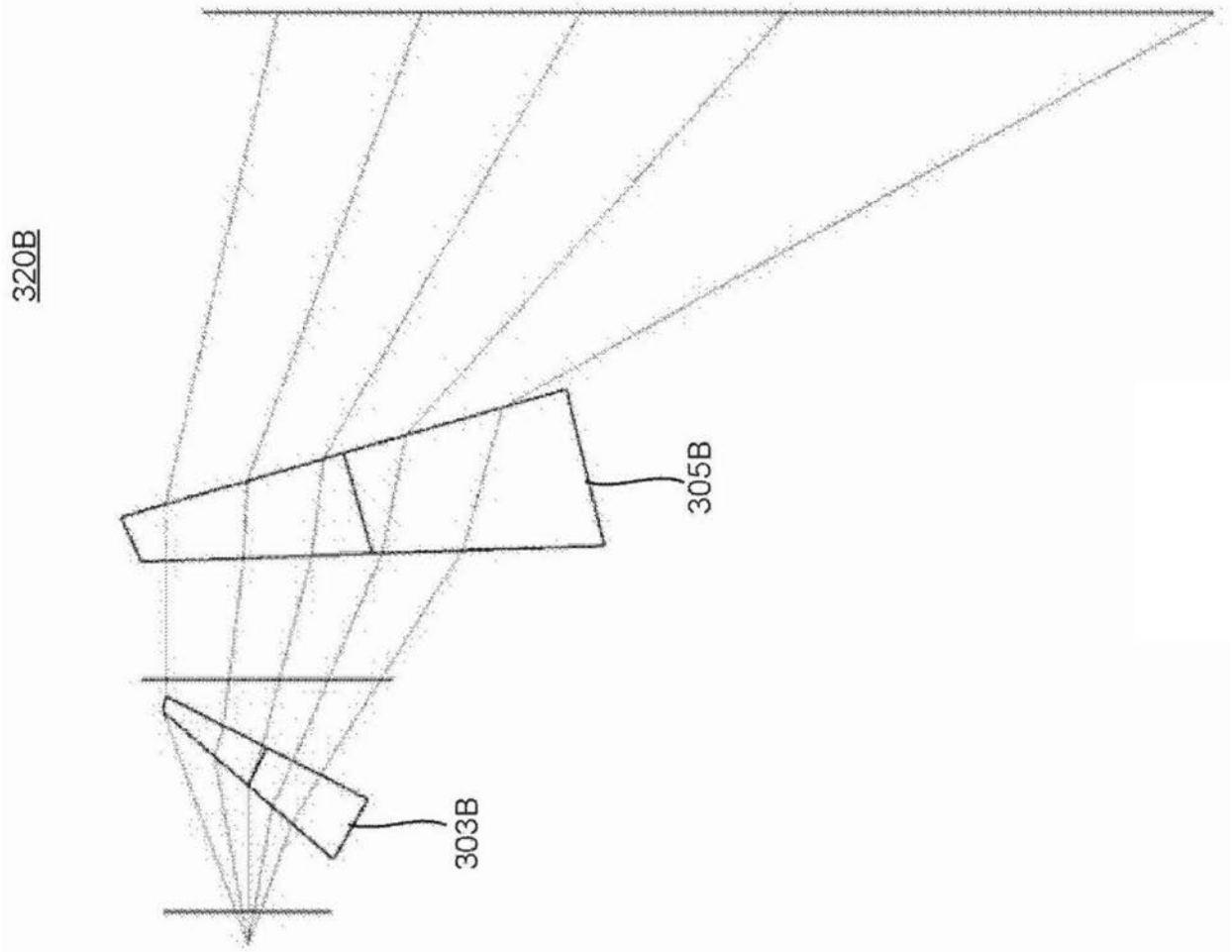


图3B1

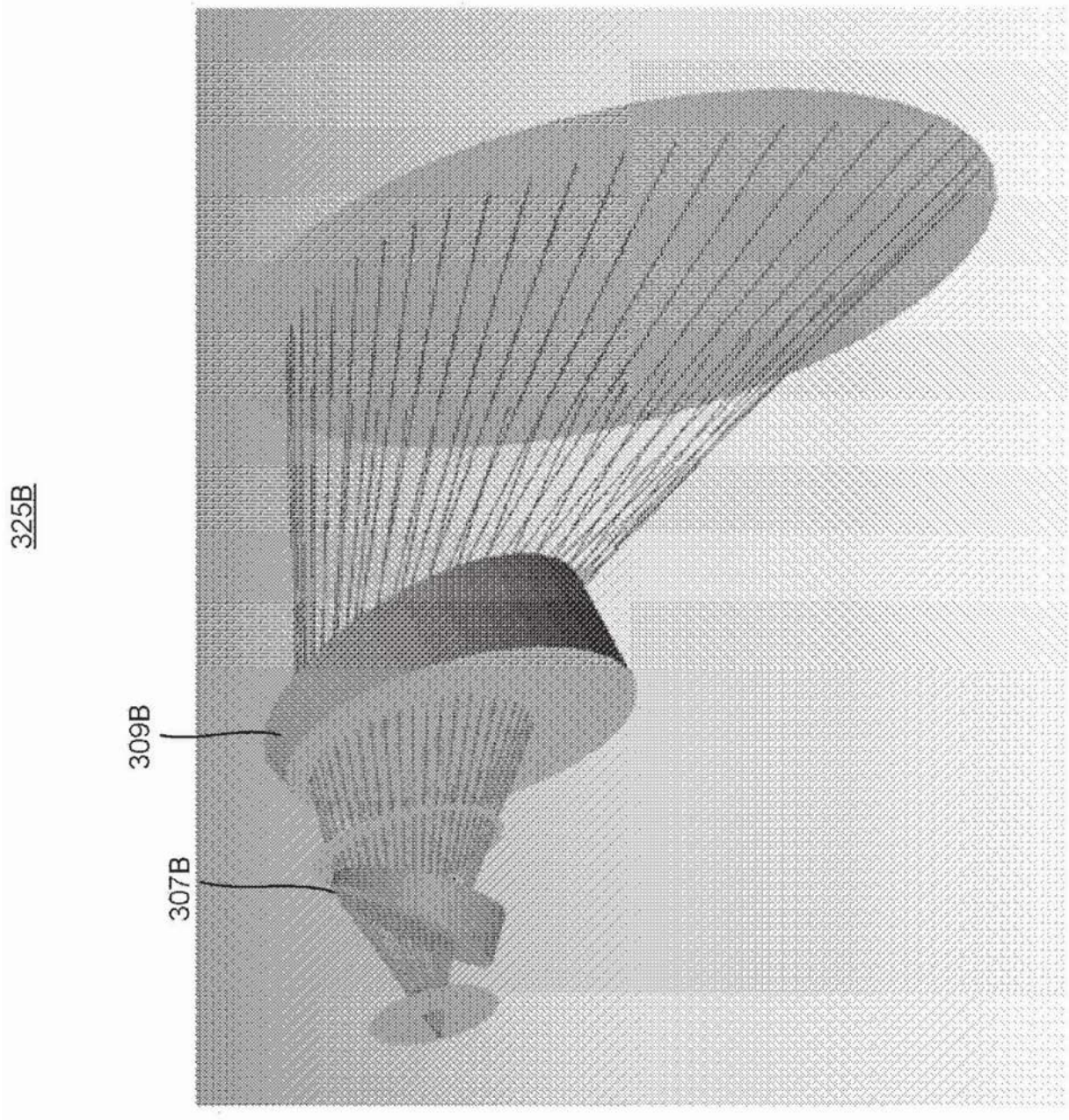


图3B2

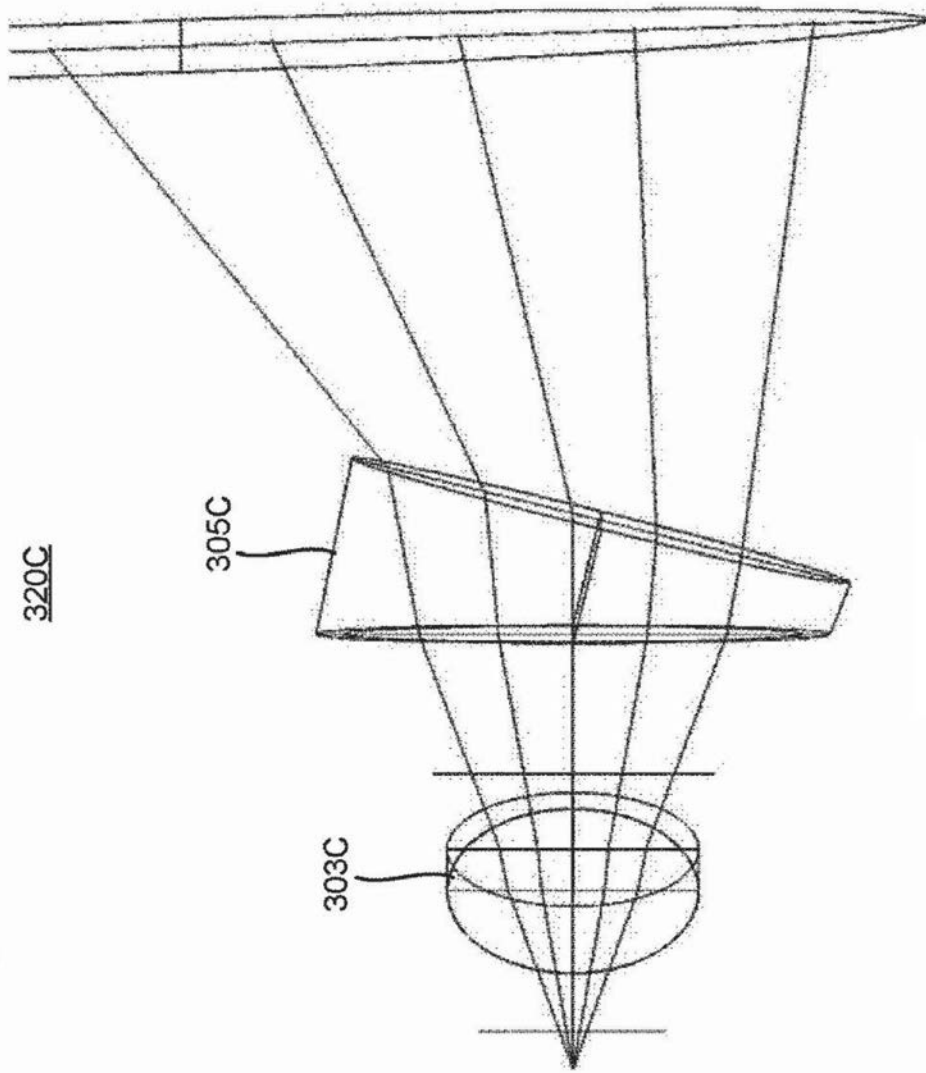


图3C

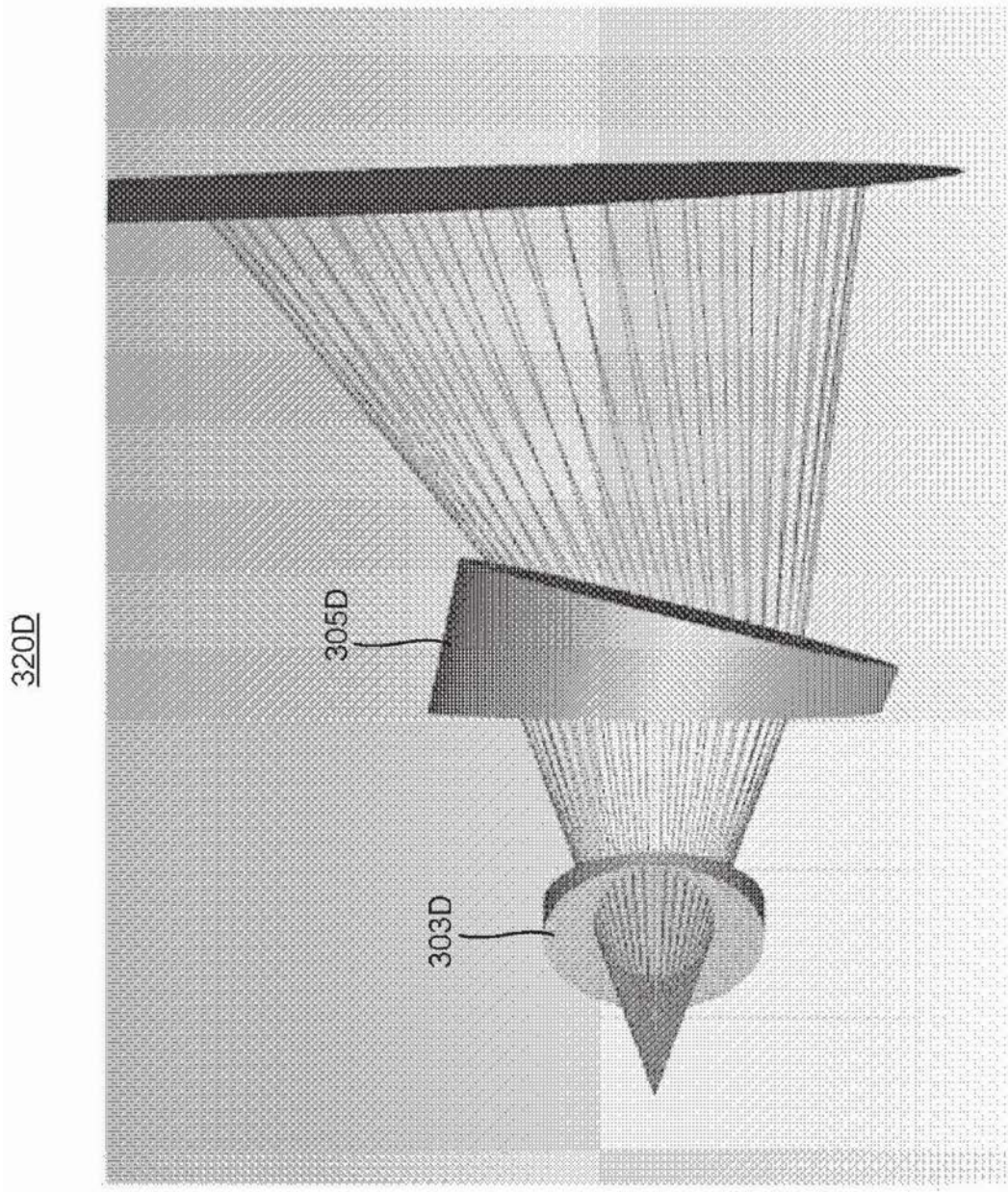


图3D

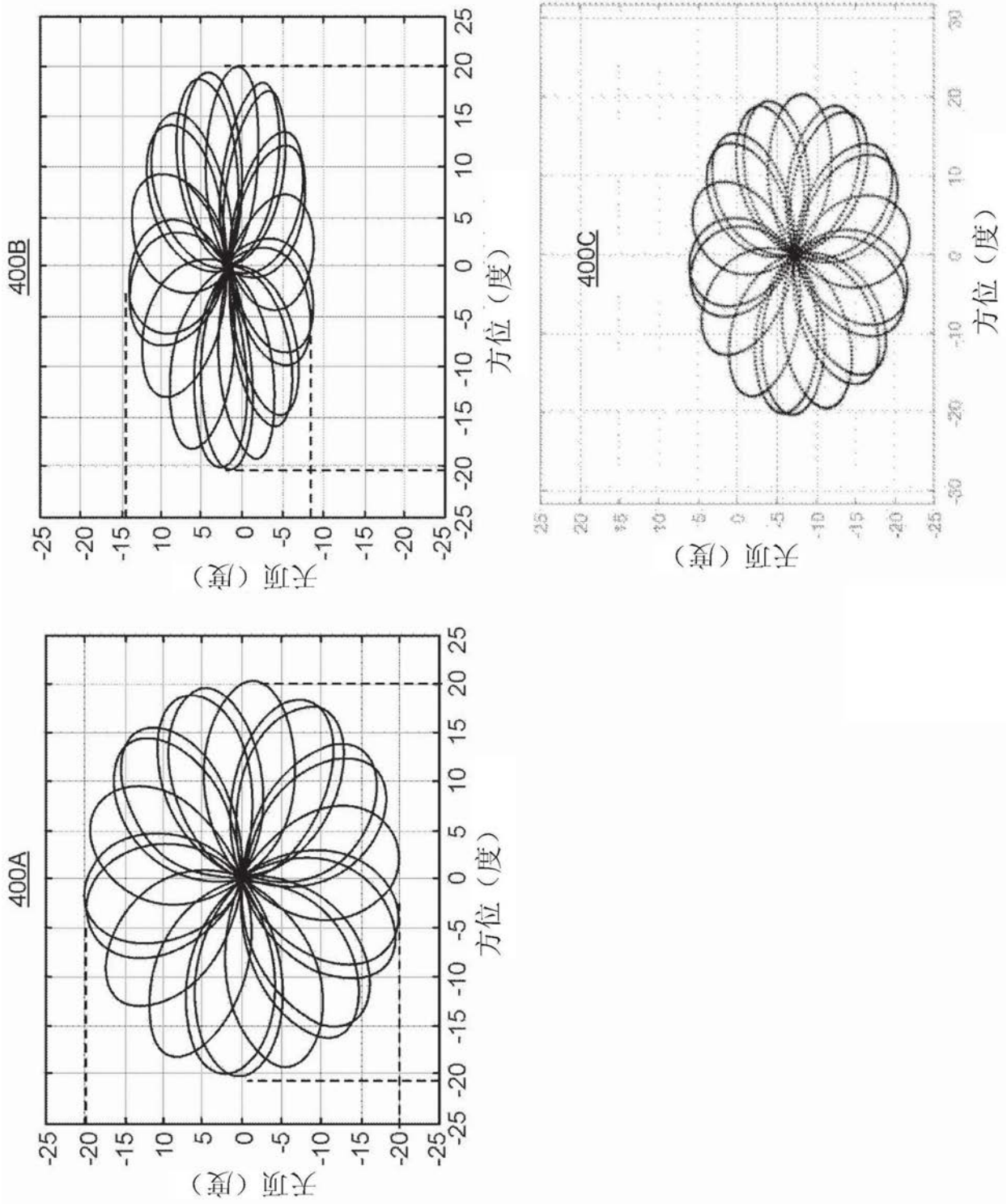


图4

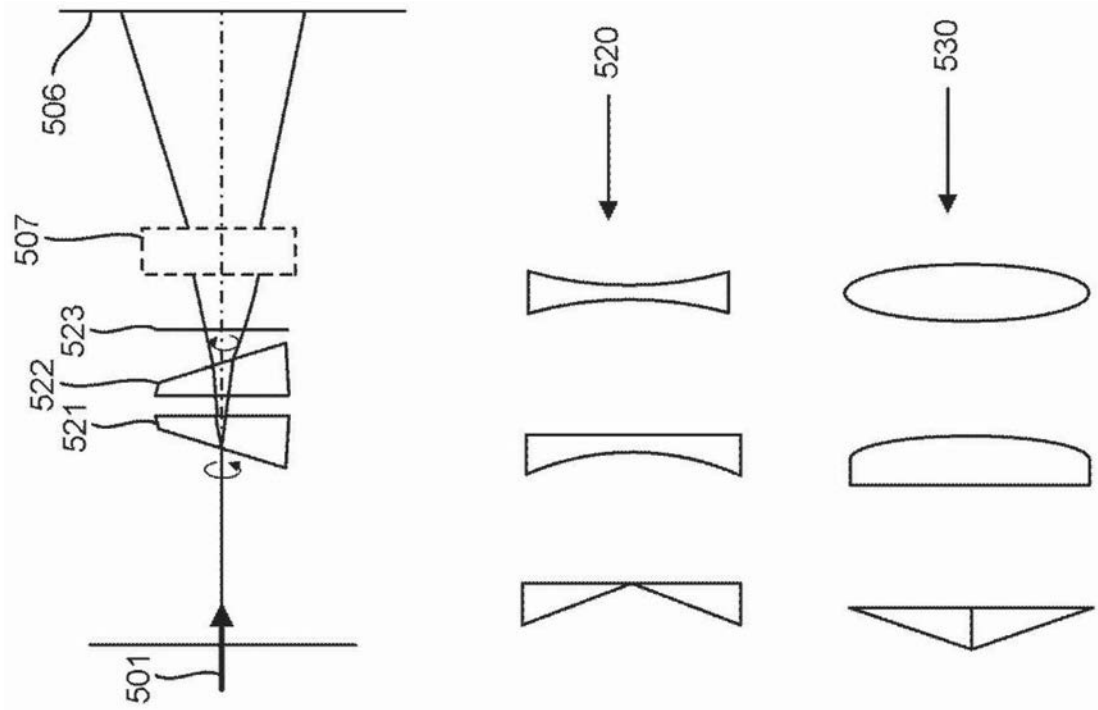


图5

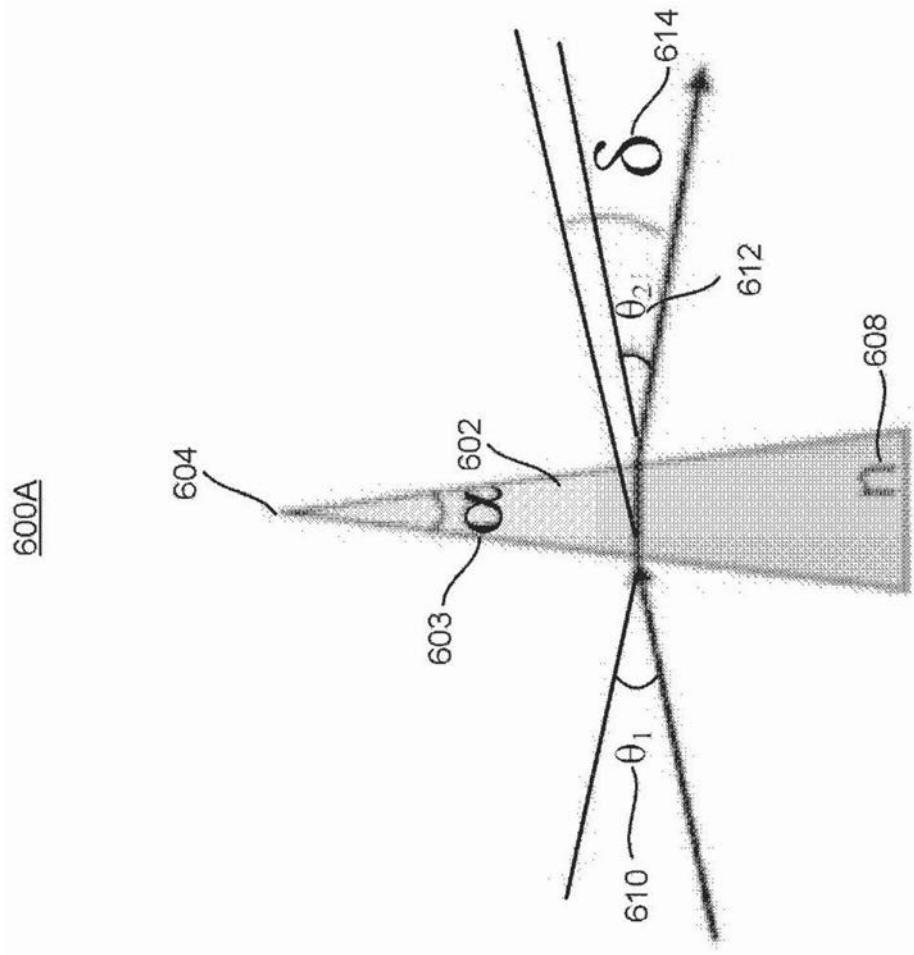


图6A

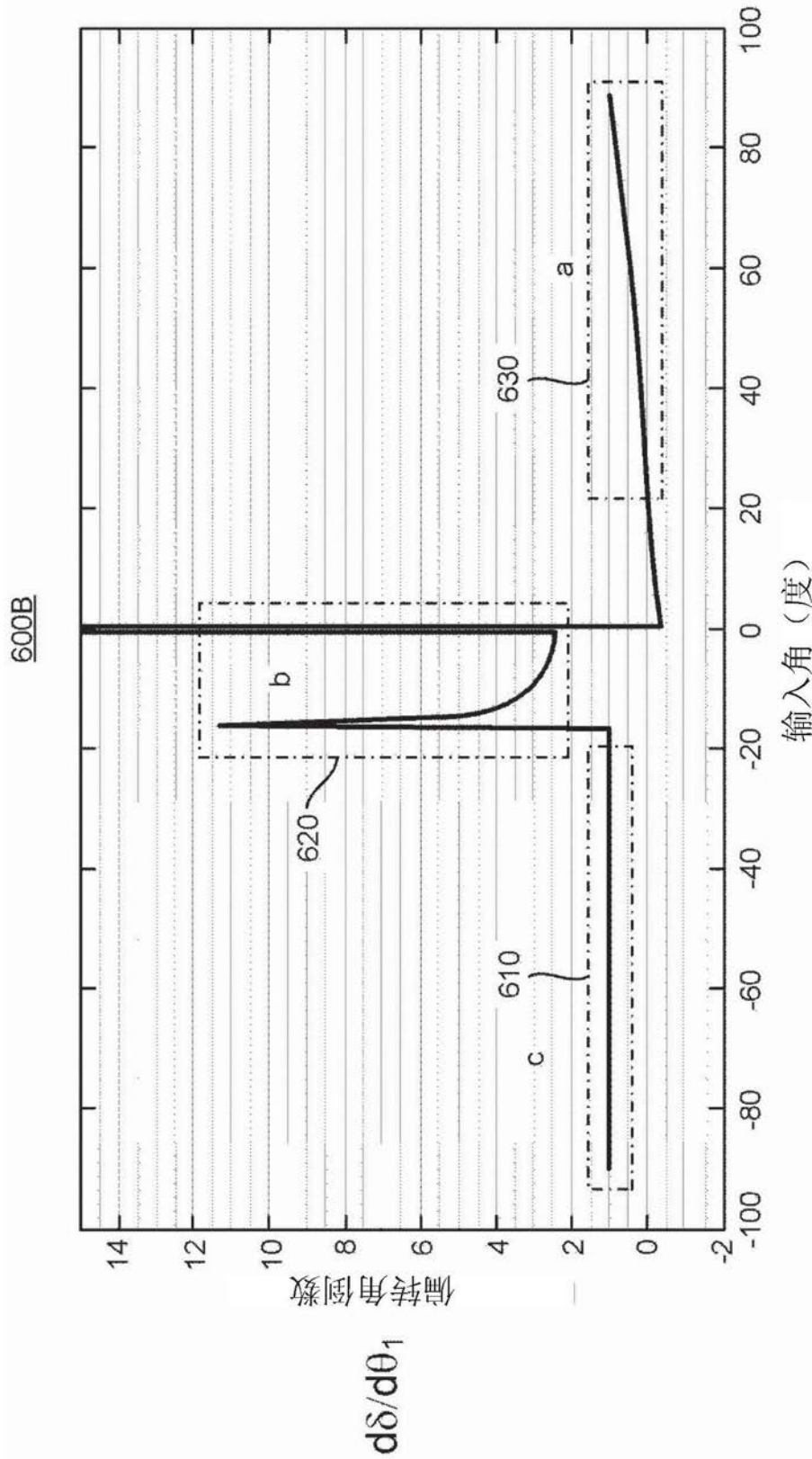


图6B

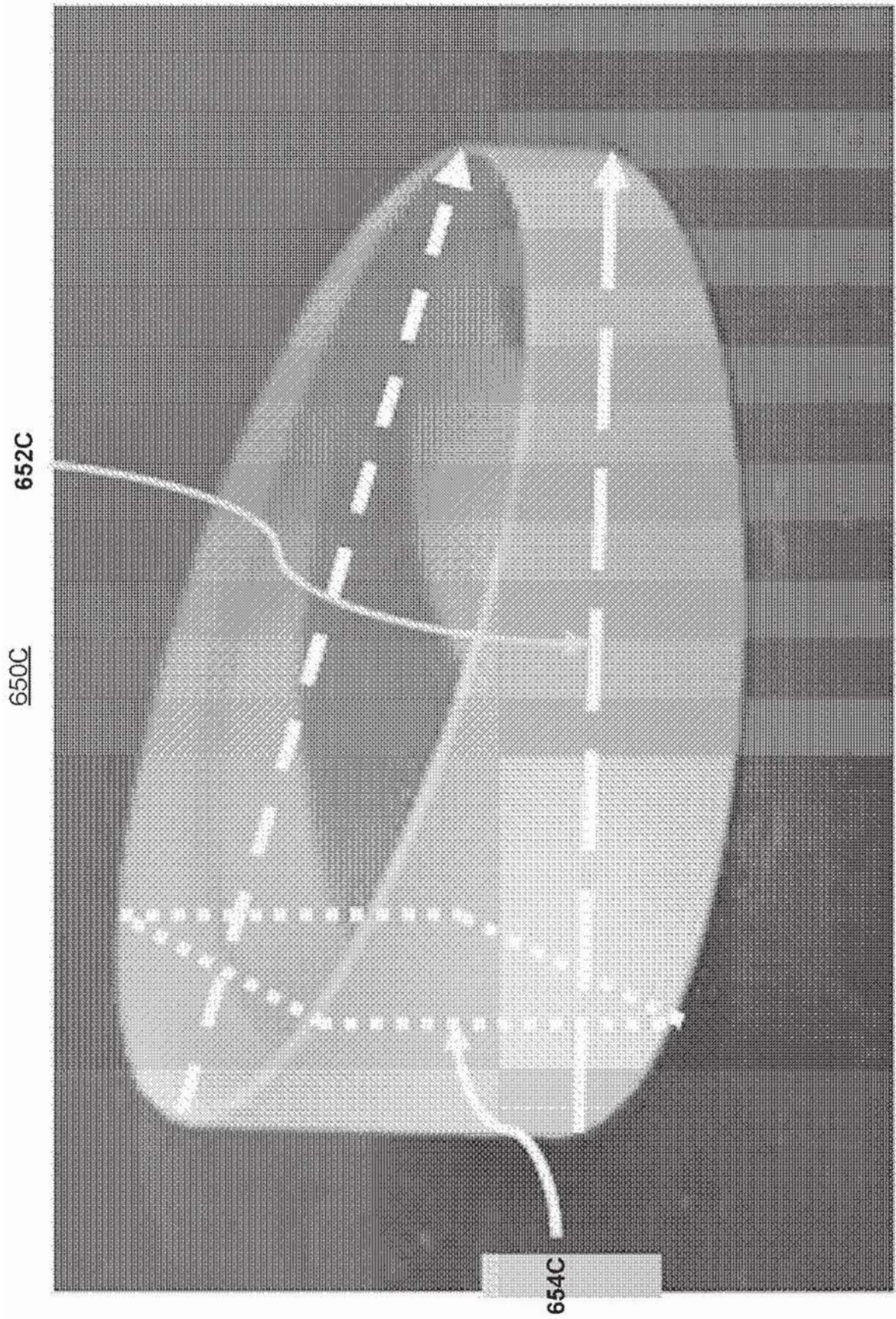
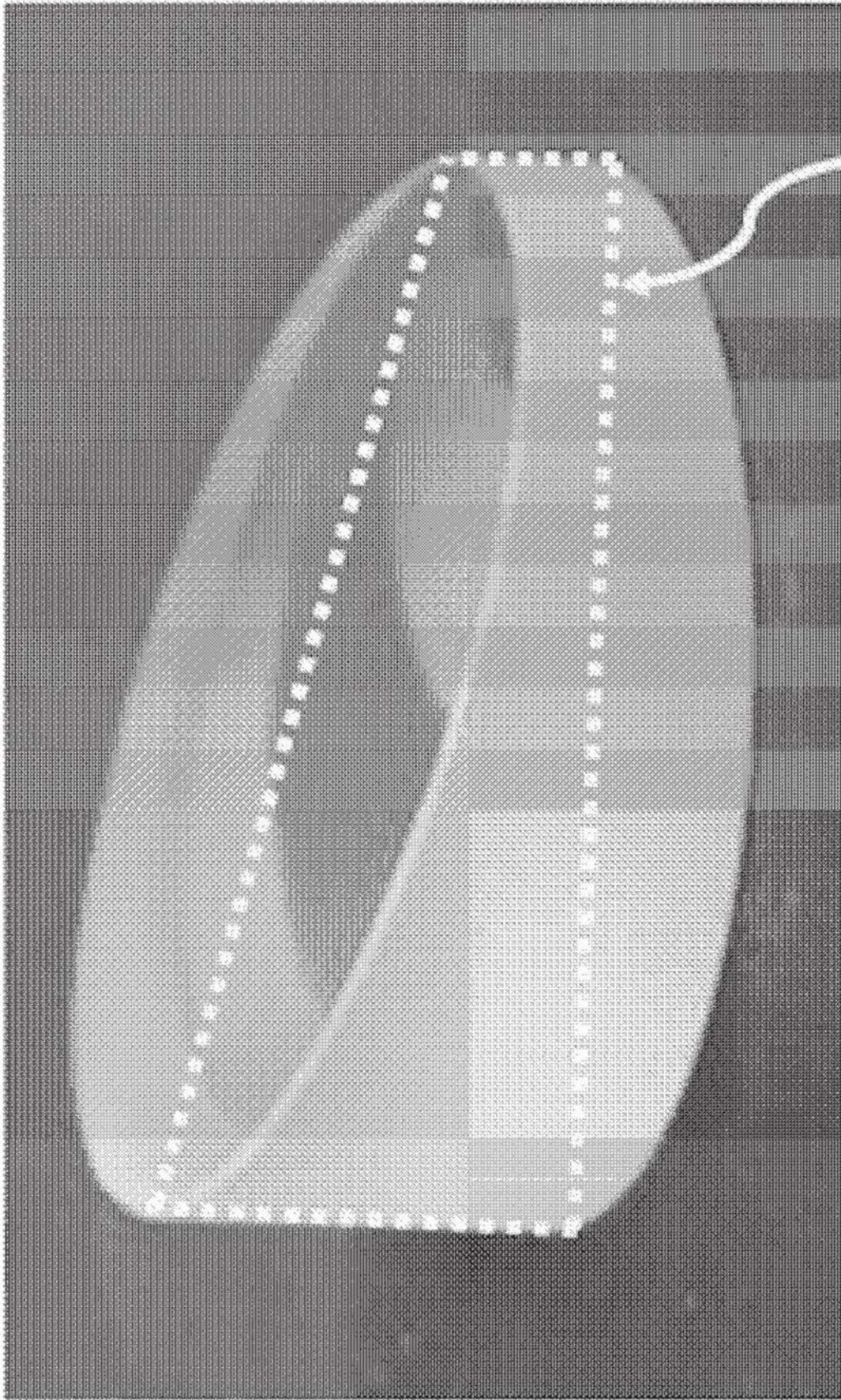


图6C

650D



652D

图6D

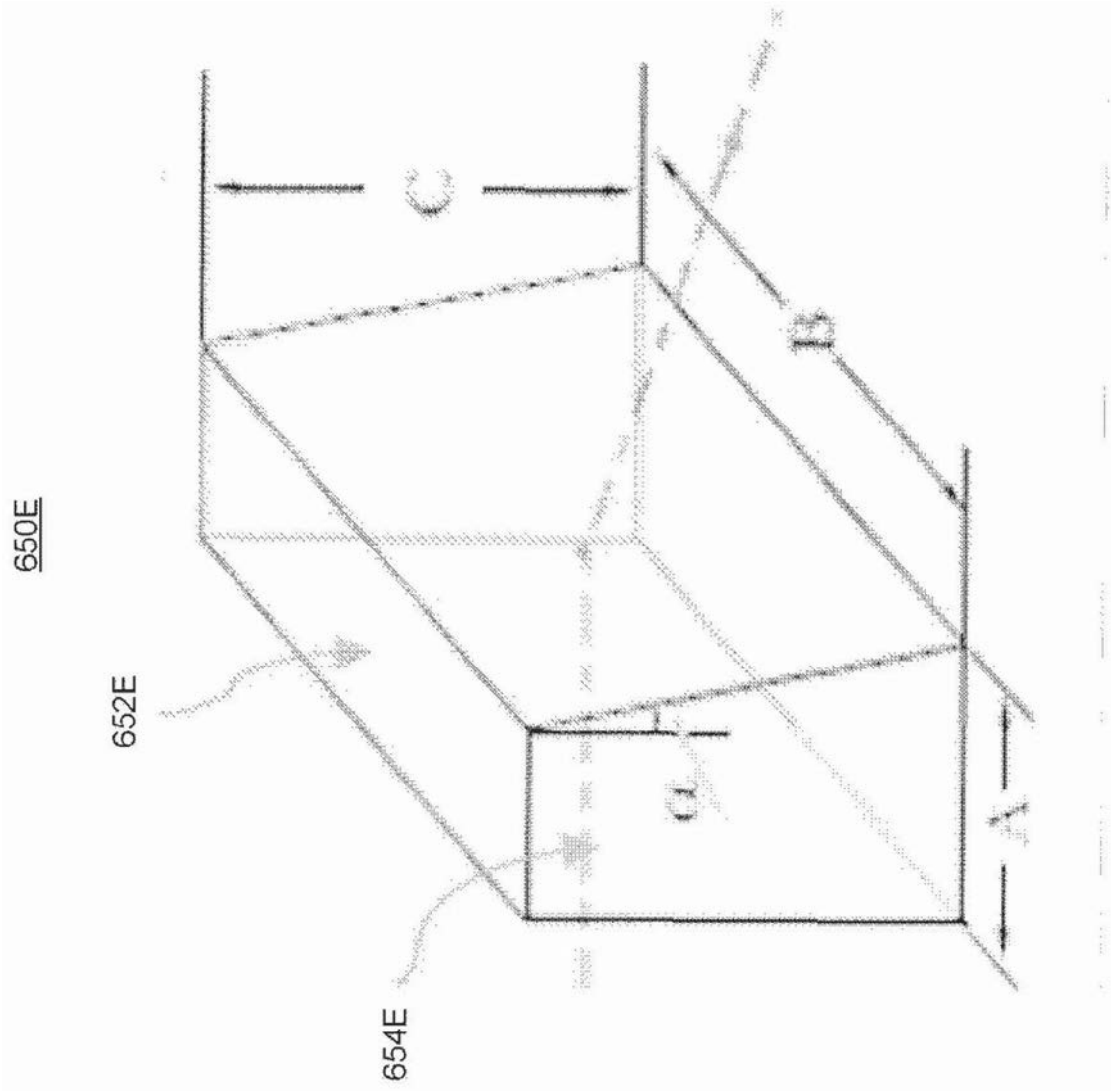


图6E

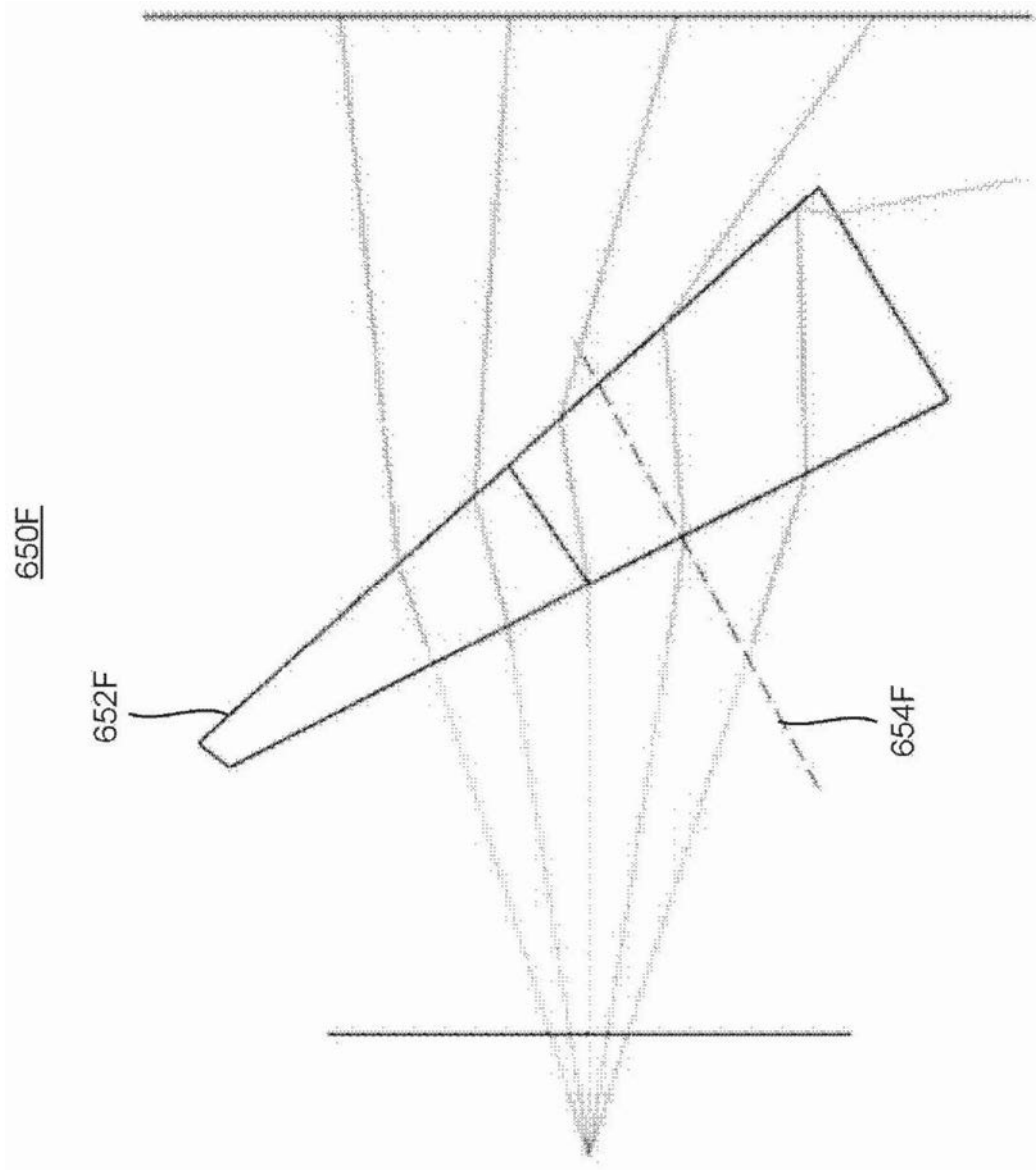


图6F1

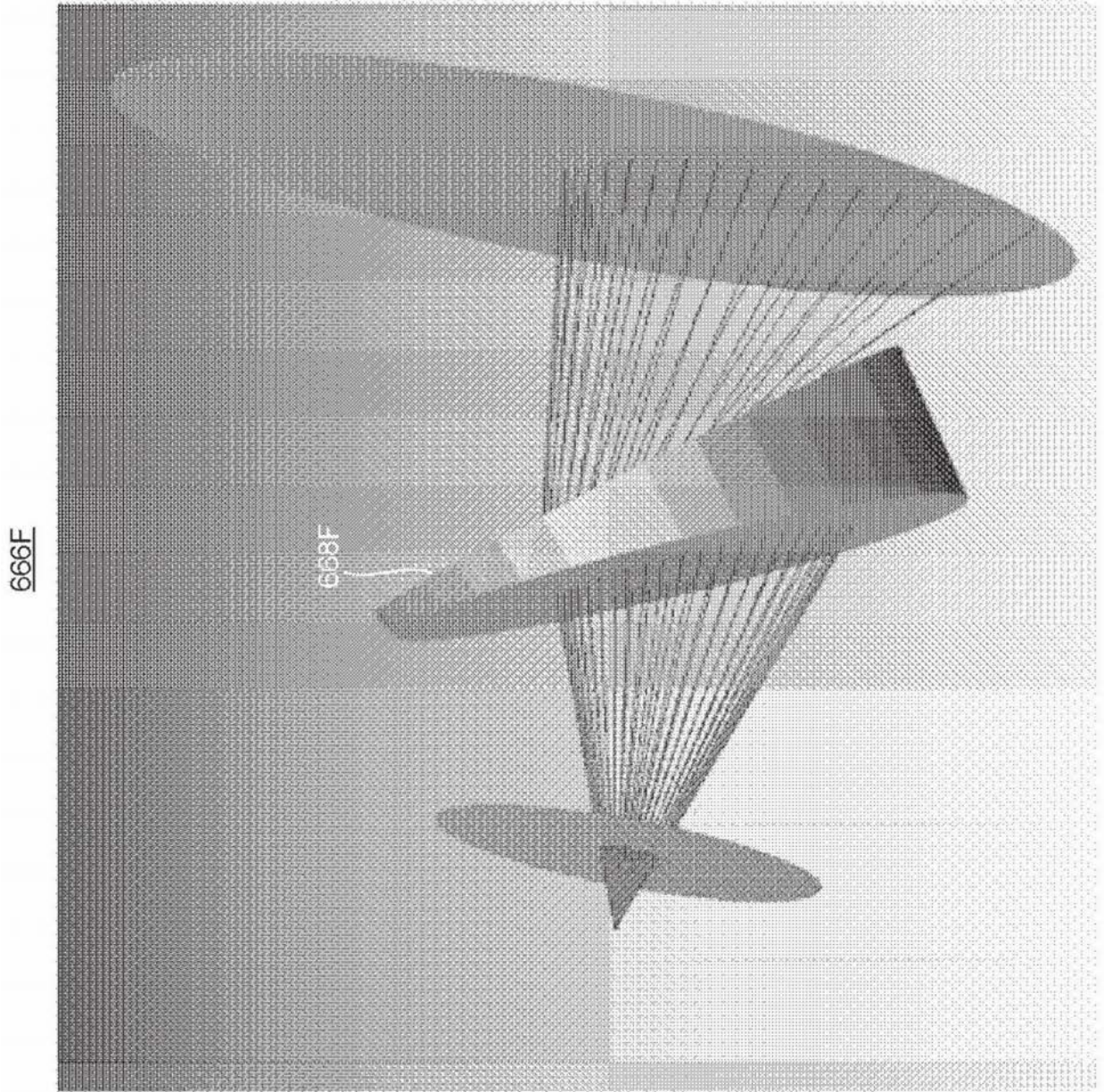


图6F2

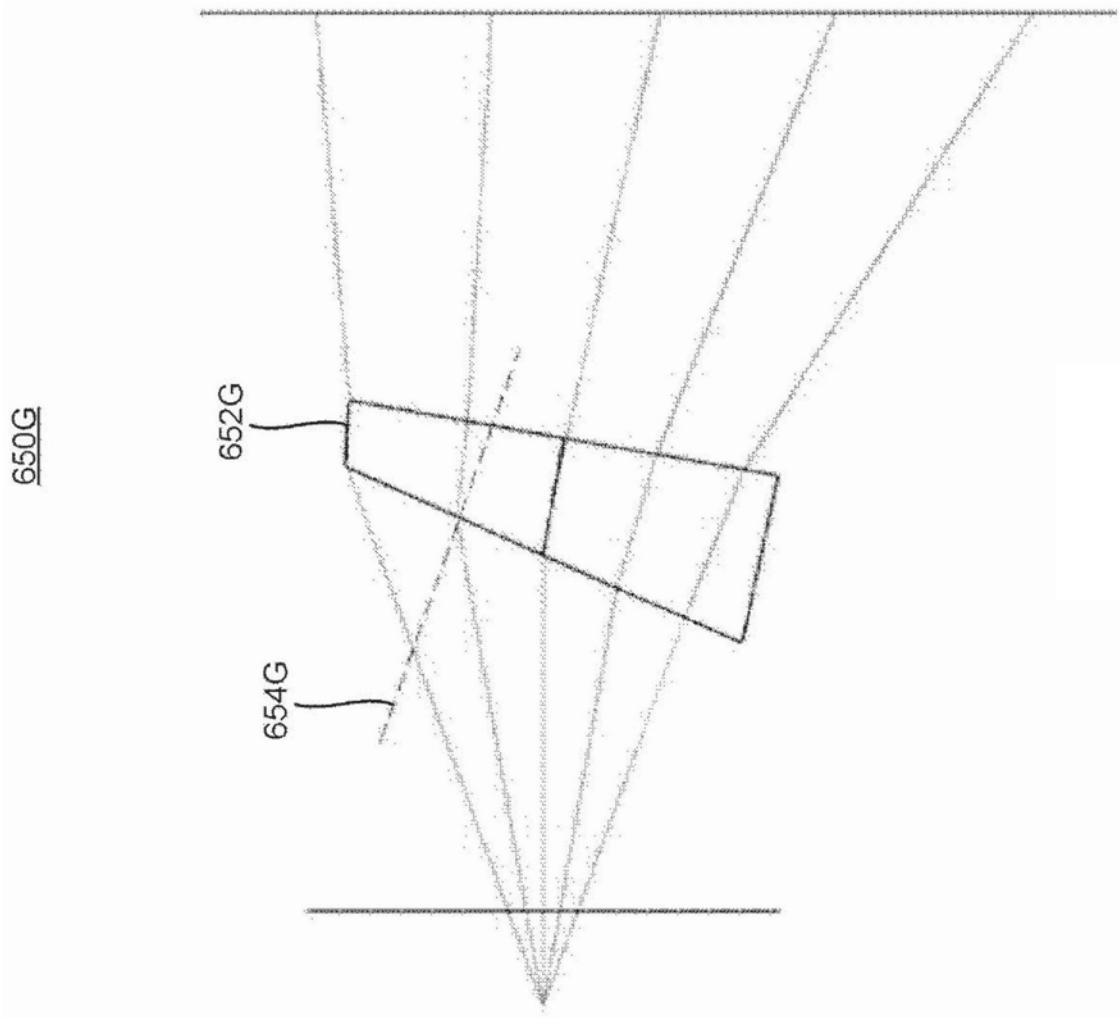


图6G1

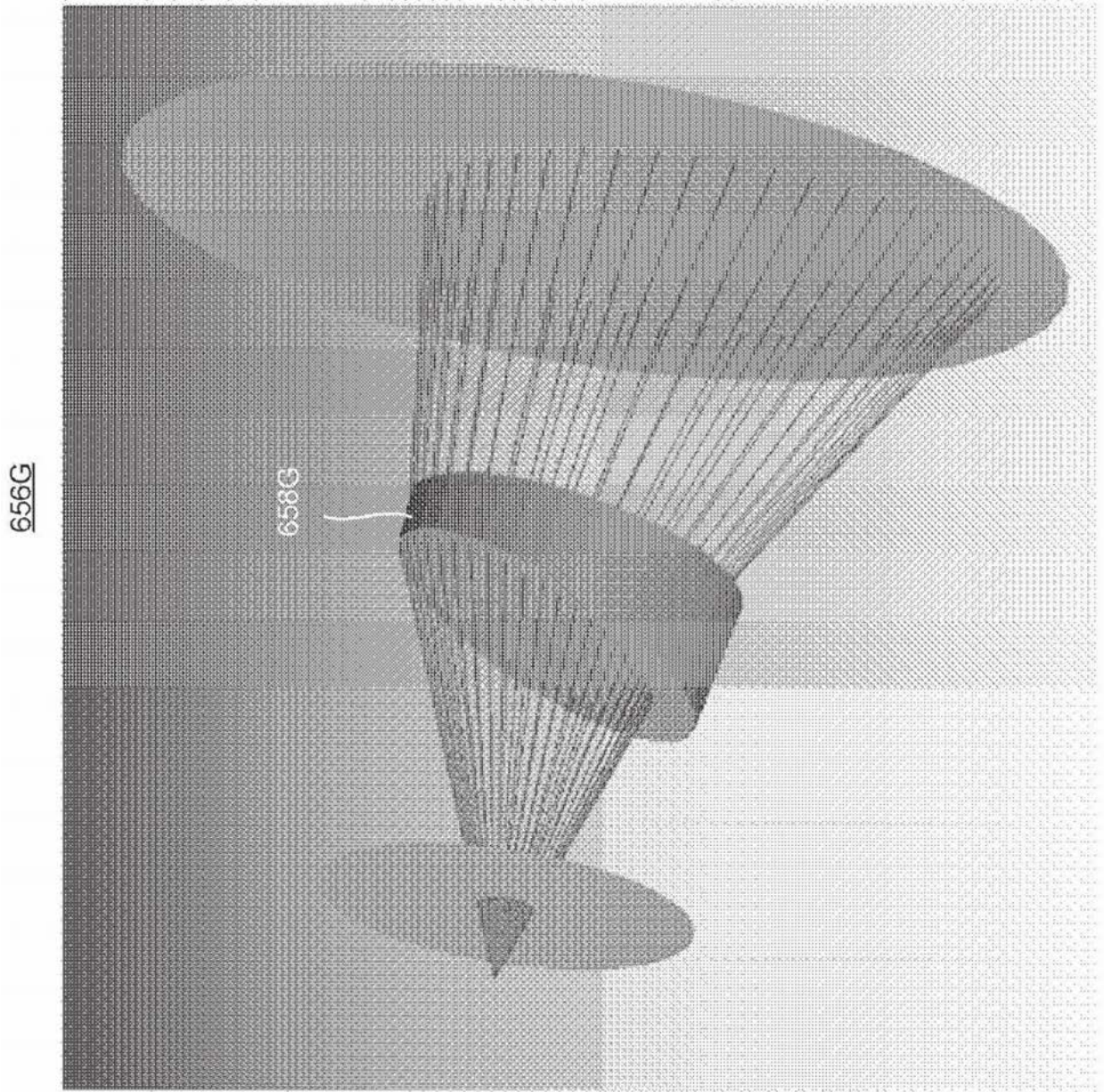


图6G2

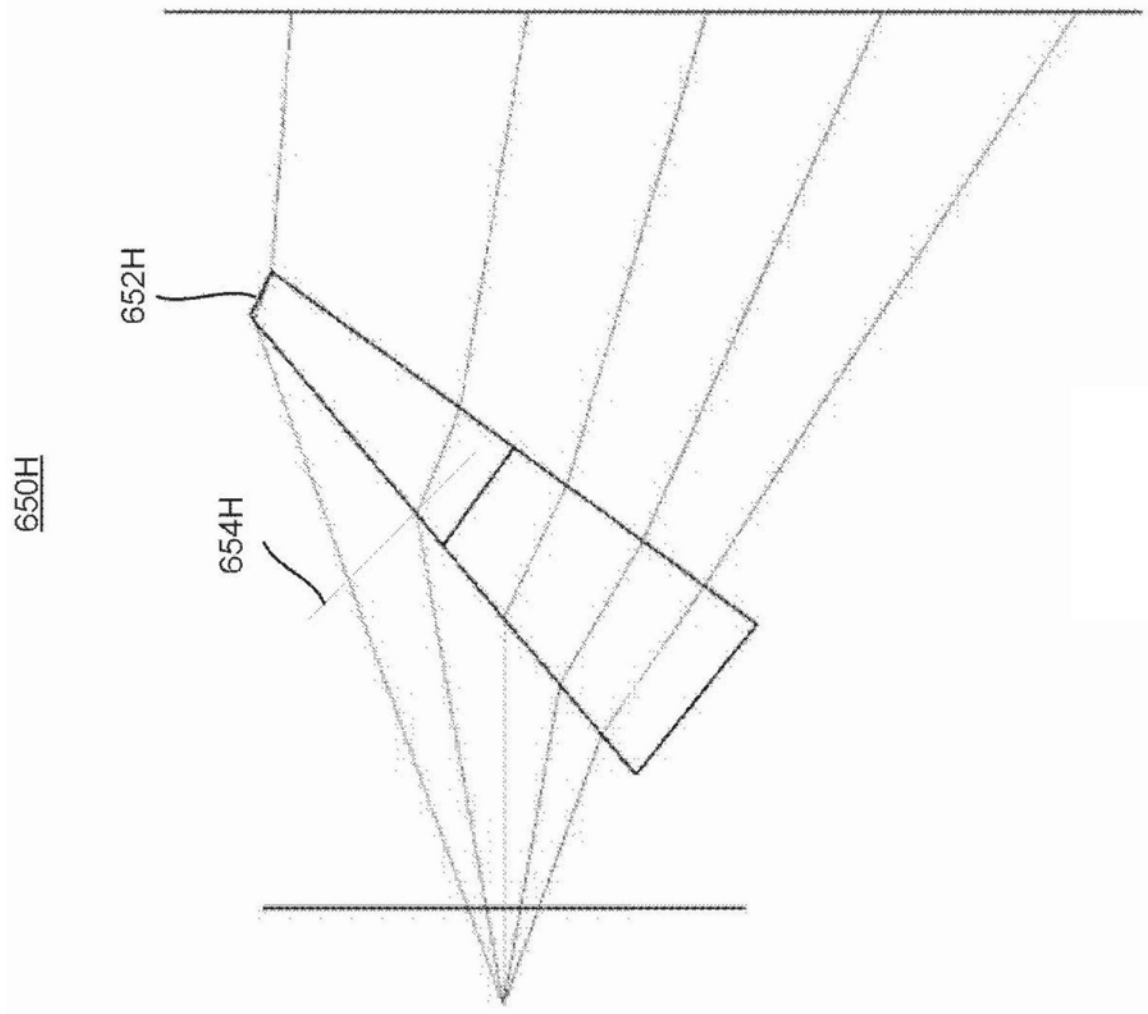


图6H1

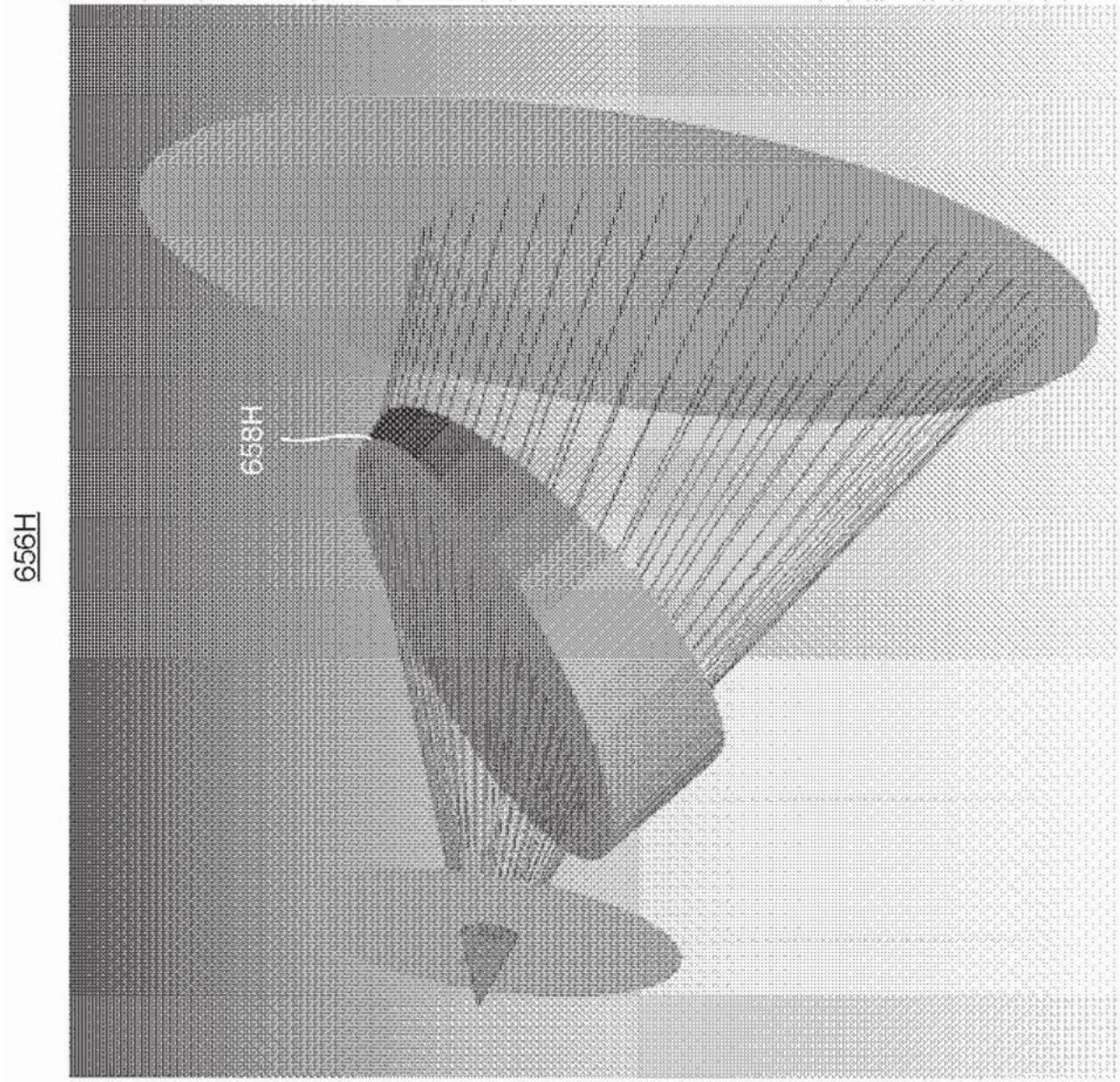


图6H2

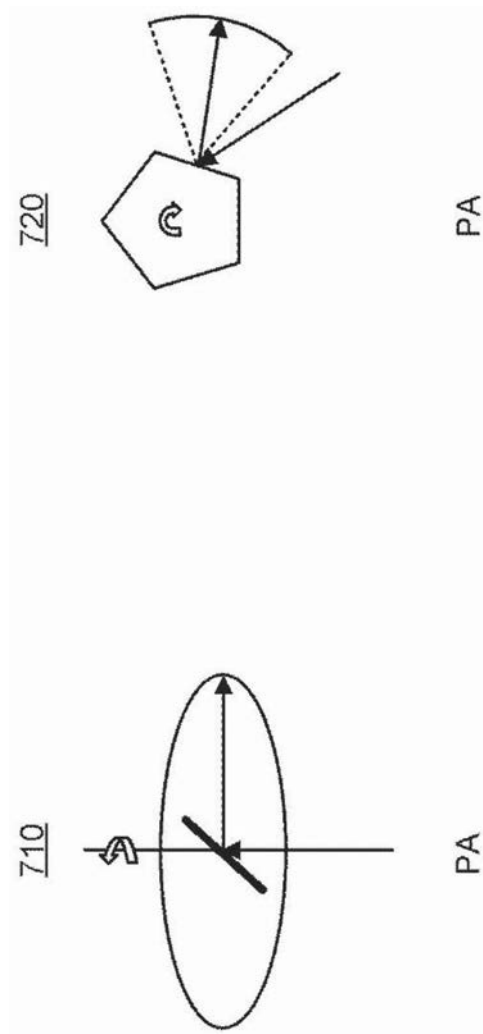
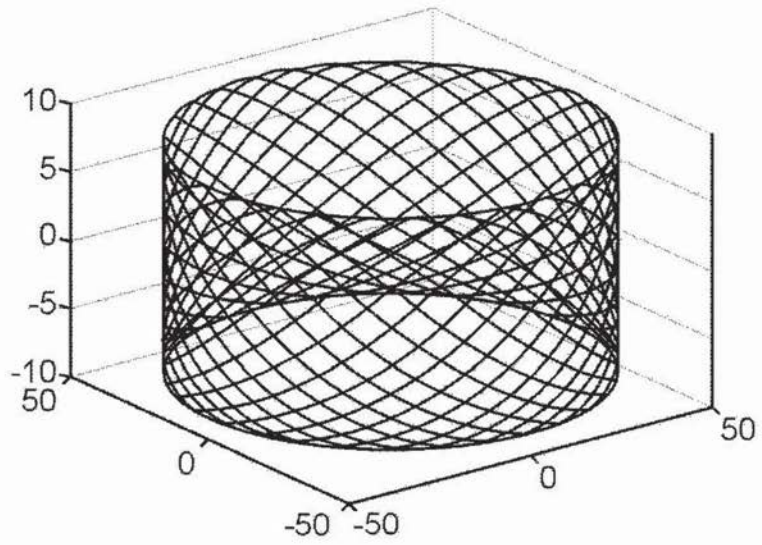


图7



800C



800D

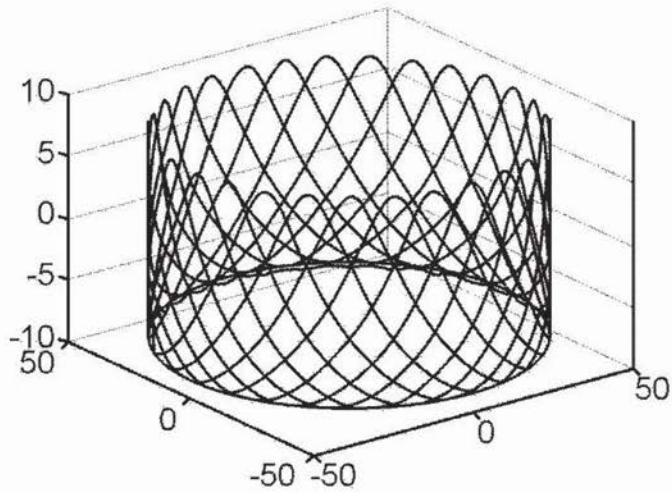


图8

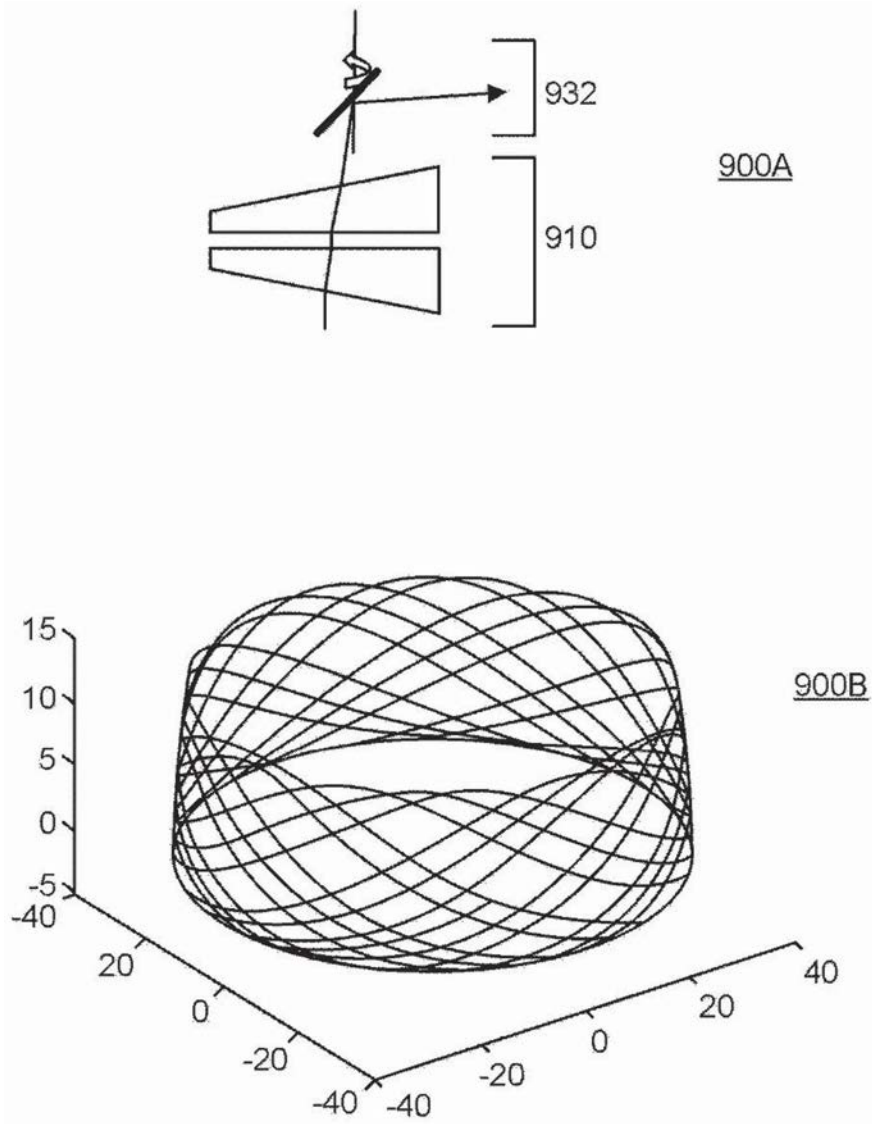


图9

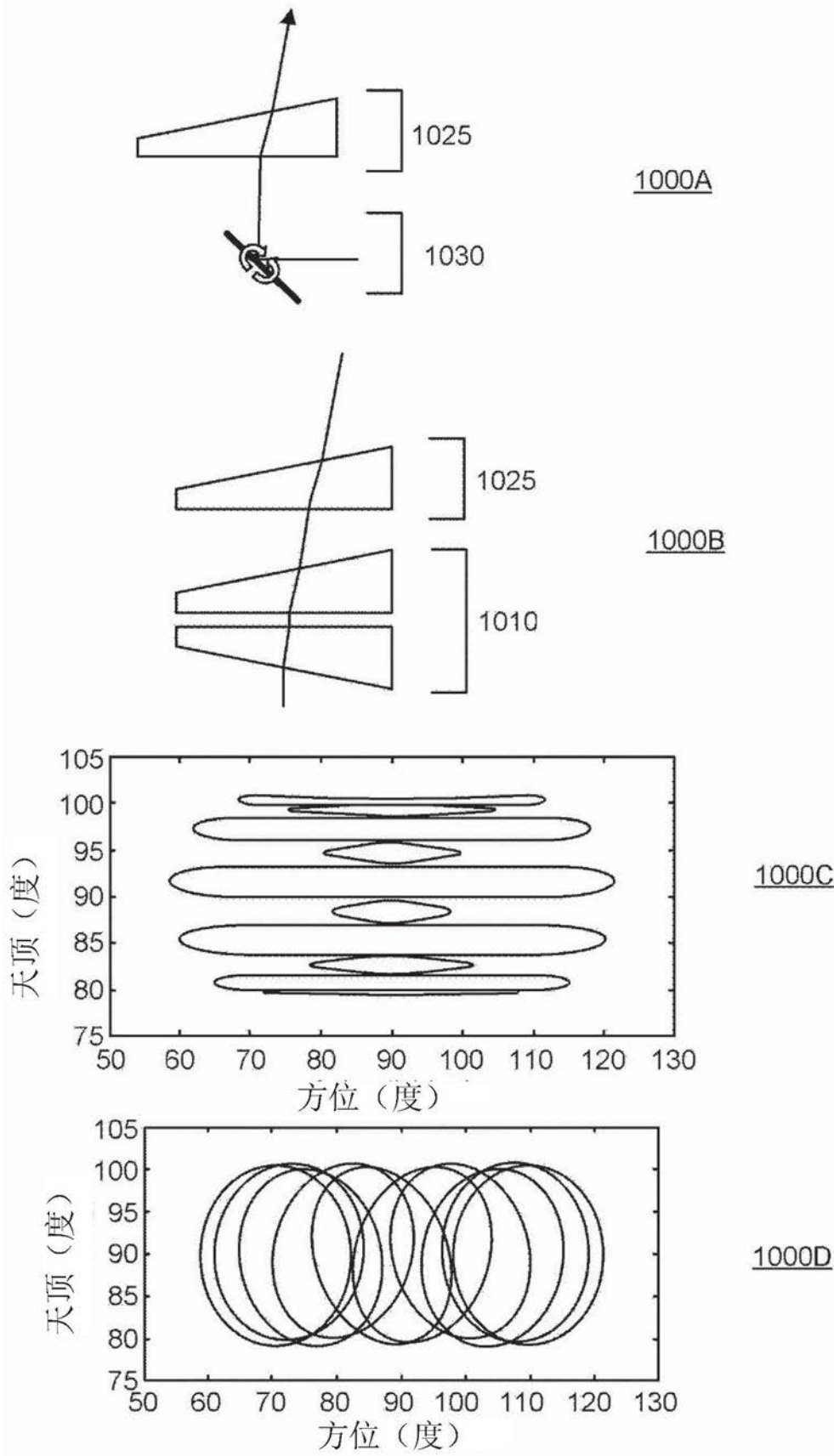


图10

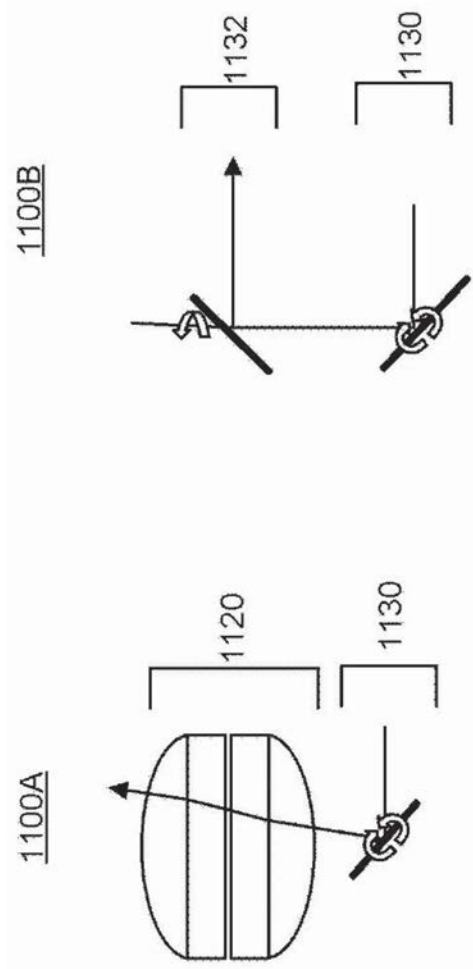


图11

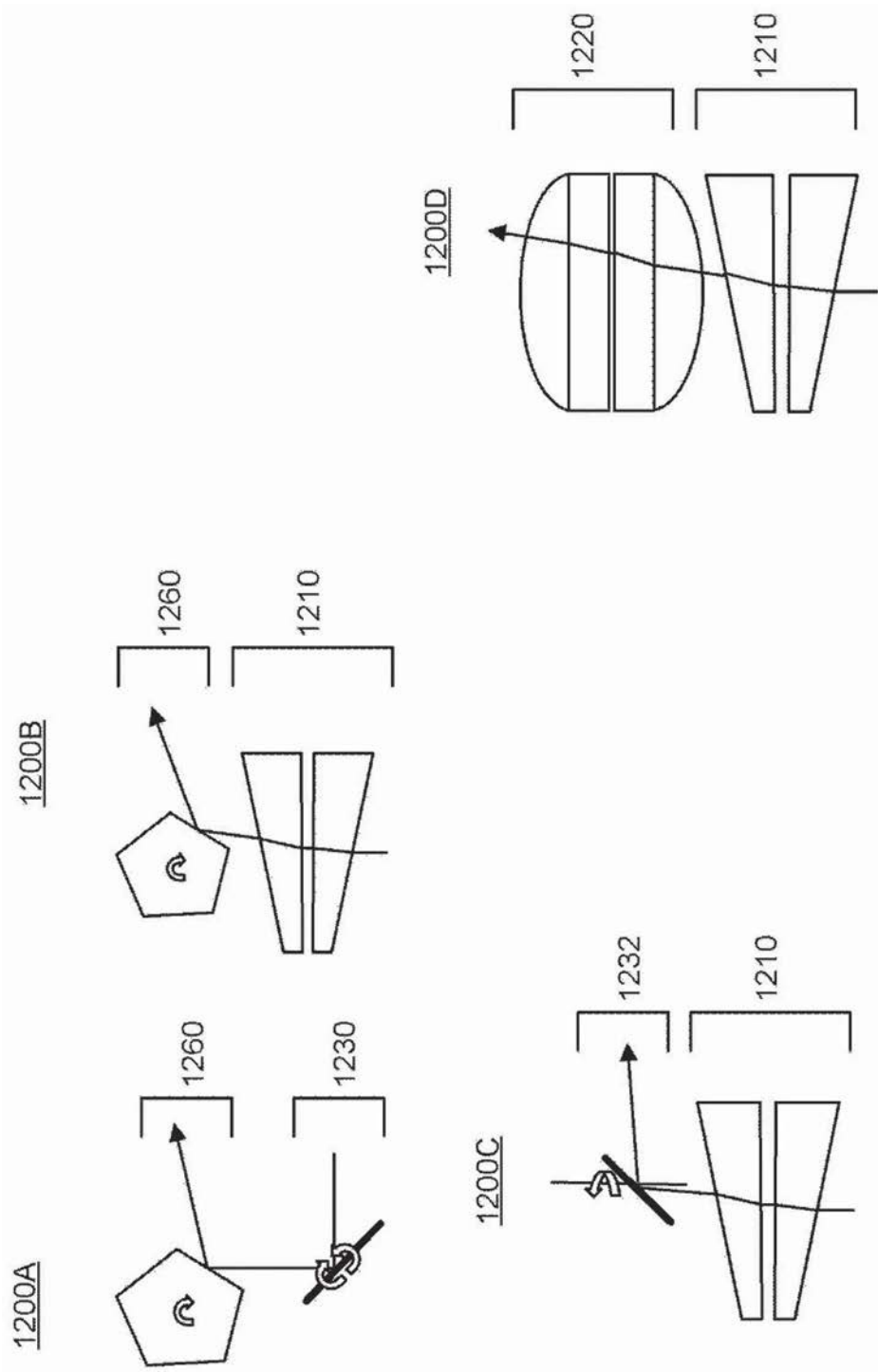


图12

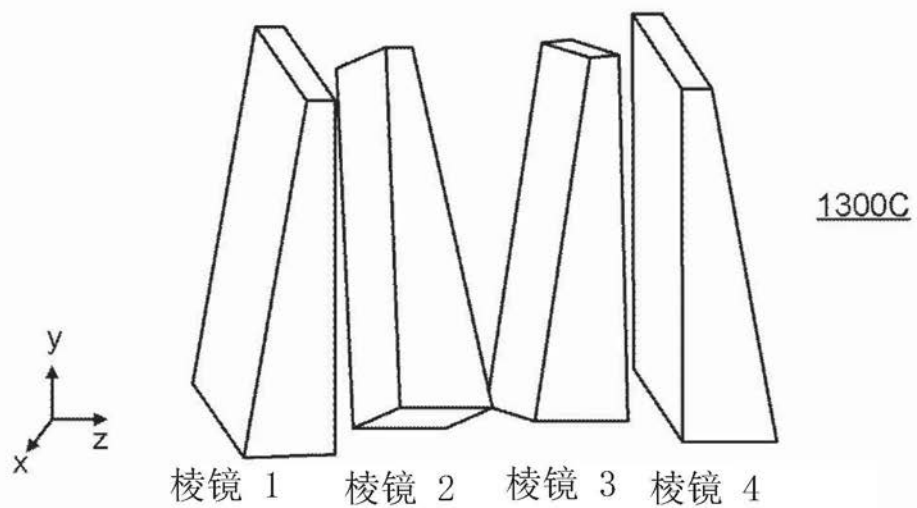
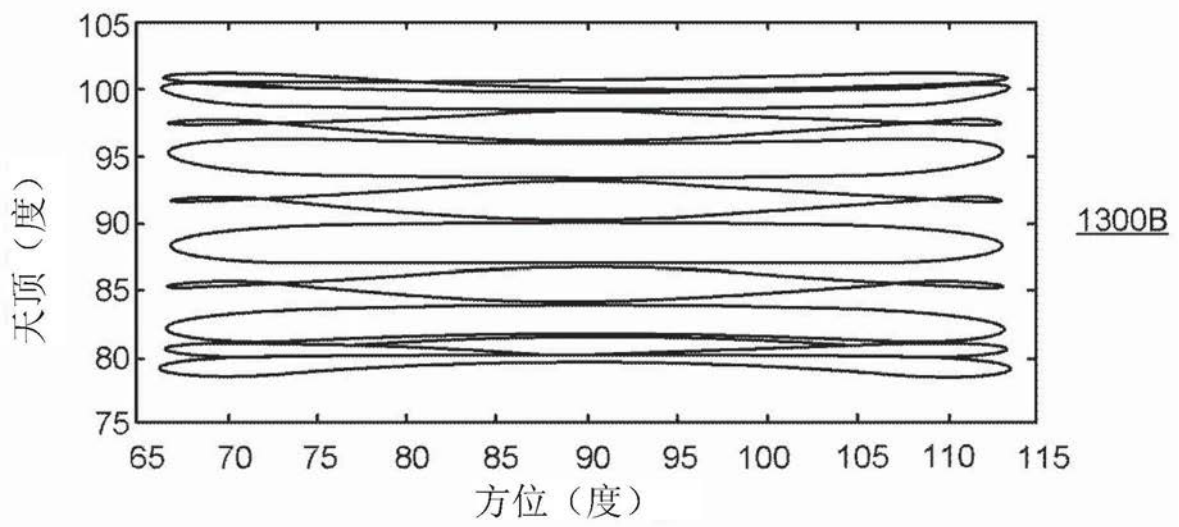
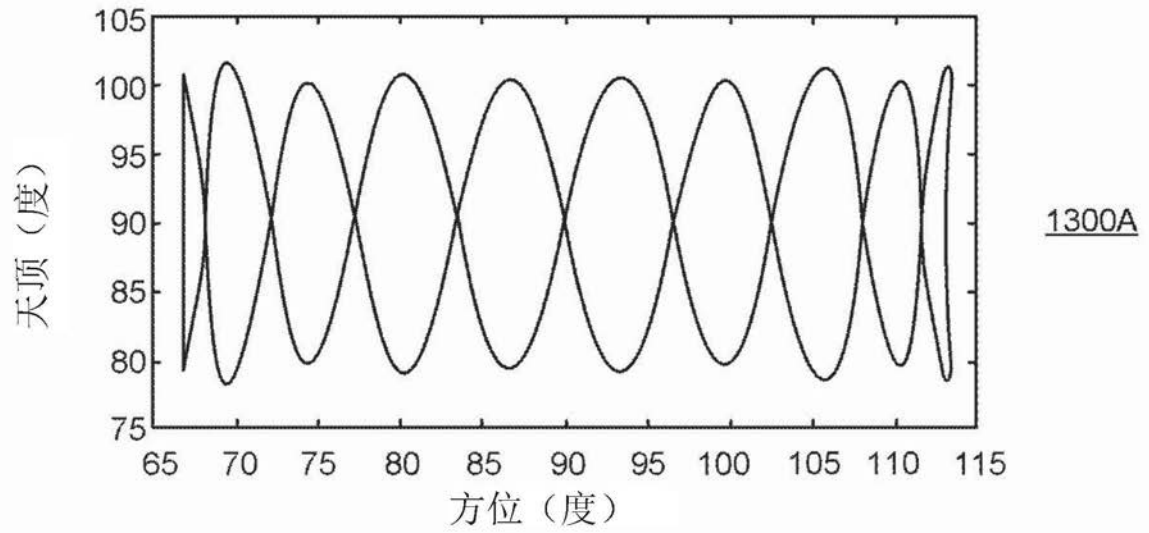


图13