



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111919137 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 10

(21) 申请号 201980023446.7

(22) 申请日 2019.03.27

(30) 优先权数据

62/651,209 2018.04.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.09.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2019/024343 2019.03.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/195054 EN 2019.10.10

(71) 申请人 欧普赛斯技术有限公司

地址 以色列霍隆

(72) 发明人 L·法比尼 M·J·多诺万

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

代理人 周阳君

(51) Int.Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

G01S 17/89 (2020.01)

G01S 17/50 (2006.01)

G05D 1/02 (2020.01)

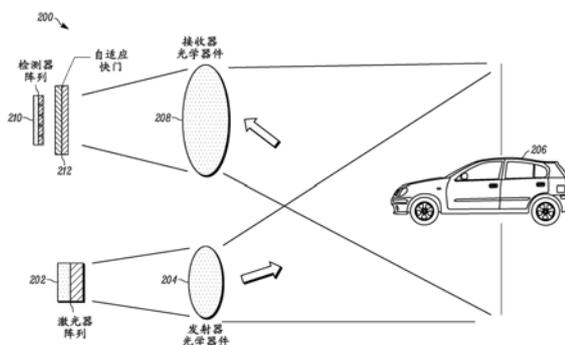
权利要求书4页 说明书13页 附图15页

(54) 发明名称

噪声自适应固态LIDAR系统

(57) 摘要

LIDAR系统包括光发射器,该光发射器包括多个激光器,每个激光器照射照射区域中的FOV。发射器控制器具有连接到相应的激光输入端的输出端。发射器控制器在输出端处生成电脉冲,使得激光器在照射区域中以期望的图案产生光。光接收器在照射区域中具有输入端FOV,并且包括多个检测器,每个检测器具有FOV并且被定位为检测照射区域上的光;以及TOF测量电路,其测量从激光器到检测器的TOF。接收器计算范围信息。定位在光发射器和光接收器之间的自适应光学快门具有透明或反射区域FOV,其中光学快门将光接收器的输入端处的照射限制为小于光接收器FOV的区域。



1. 一种光检测和测距 (LIDAR) 系统, 包括:

a) 包括多个激光器的光发射器, 所述多个激光器中的每个激光器照射照射区域中的视场;

b) 具有多个电输出端的发射器控制器, 所述发射器控制器的所述多个电输出端中的相应一个电输出端电连接到所述多个激光器中的相应一个激光器的输入端, 所述发射器控制器被配置为在所述多个电输出端处生成电脉冲, 使得所述多个激光器在照射区域中以期望的图案产生光;

c) 光接收器, 具有包括照射区域中的视场的输入端并且包括: 多个检测器, 每个检测器在照射区域中具有视场并且被定位为检测照射区域中的光; 以及飞行时间测量电路, 所述飞行时间测量电路测量光从所述多个激光器到所述多个检测器的飞行时间, 其中所述光接收器根据飞行时间测量结果来计算范围信息; 以及

d) 自适应光学快门, 被定位在所述光发射器和所述光接收器之间, 并且在照射区域中具有透明区域视场, 所述光学快门将所述光接收器的输入端处的照射限制为使得所述透明区域视场小于所述光接收器的输入端的视场。

2. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场小于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

3. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述自适应光学快门的透明区域视场不同于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

4. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述自适应光学快门的透明区域视场不同于所述多个检测器中的每个检测器的视场。

5. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述自适应光学快门的透明区域视场不同于所述多个激光器中的至少一些激光器的视场。

6. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场大于所述自适应光学快门的透明区域视场。

7. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述多个检测器中的每个检测器的视场大于所述自适应光学快门的透明区域视场。

8. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场小于所述自适应光学快门的透明区域视场。

9. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场大于所述自适应光学快门的透明区域视场。

10. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中选择所述自适应光学快门的透明区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率, 以实现所述光检测和测距系统的特定分辨率。

11. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中选择所述自适应光学快门的透明区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率, 以实现所述光检测和测距系统的特定动态范围。

12. 如权利要求1所述的光检测和测距系统, 其中选择所述自适应光学快门的透明区域视场与所述多个检测器中的至少一些检测器的视场的比率, 以实现所述光检测和测距系统的特定信噪比。

13. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学快门的透明区域视场与所述多个检测器中的每个检测器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定信噪比。

14. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述多个检测器的数量小于所述多个激光器的数量。

15. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学快门的透明区域视场被配置为小于照射区域中的期望图案的尺寸。

16. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述多个激光器中的至少两个激光器发射不同波长的光。

17. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学快门包括液晶快门。

18. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学快门包括标准具腔快门。

19. 如权利要求1所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学快门包括MEMS快门。

20. 一种光检测和测距(LIDAR)系统,包括:

a) 包括多个激光器的光发射器,所述多个激光器中的每个激光器照射照射区域中的视场;

b) 具有多个电输出端的发射器控制器,所述发射器控制器的所述多个电输出端中的每个电输出端电连接到所述多个激光器中的一个激光器的输入端,所述发射器控制器被配置为在所述多个电输出端处生成电脉冲,使得所述多个激光器在照射区域中以期望的图案产生光;

c) 光接收器,具有包括照射区域中的视场的输入端并且包括:多个检测器,每个检测器在照射区域中具有视场并且被定位为检测照射区域中的光;以及飞行时间测量电路,所述飞行时间测量电路测量光从所述多个激光器到所述多个检测器的飞行时间,其中所述光接收器根据飞行时间测量结果来计算范围信息;以及

d) 自适应光学镜,被定位在所述光发射器和所述光接收器之间,并且在照射区域中具有反射区域视场,所述光学镜将所述光接收器的输入端处的照射限制为小于所述光接收器的输入端的视场的区域。

21. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场小于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

22. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜的反射区域视场不同于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

23. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜的反射区域视场不同于所述多个检测器中的每个检测器的视场。

24. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜的反射区域视场不同于所述多个激光器中的至少一些激光器的视场。

25. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场大于所述自适应光学镜的反射区域视场。

26. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个检测器中的每个检测器的视场大于所述自适应光学镜的反射区域视场。

27. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场小于所述自适应光学镜的反射区域视场。

28. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场大于所述自适应光学镜的反射区域视场。

29. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学镜的反射区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定分辨率。

30. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学镜的反射区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定动态范围。

31. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学镜的反射区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率,以实现特定的分辨率。

32. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学镜的反射区域视场与所述多个检测器中的至少一些检测器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定信噪比。

33. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中选择所述自适应光学镜的反射区域视场与所述多个检测器中的所有检测器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定信噪比。

34. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个检测器的数量小于所述多个激光器的数量。

35. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜的反射区域视场被配置为小于照射区域中的期望图案的尺寸。

36. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜包括MEMS。

37. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述自适应光学镜包括数字微镜。

38. 如权利要求20所述的光检测和测距系统,其中所述多个激光器中的至少两个激光器发射不同波长的光。

39. 一种光检测和测距的方法,所述方法包括:

- a) 使用多个激光器在照射区域中以期望的图案照射视场;
- b) 定位光接收器,所述光接收器具有在照明区域中的视场的输入端并且包括多个检测器,所述多个检测器检测照明区域上的光,所述多个检测器中的每个检测器具有视场;
- c) 测量光从所述多个激光器到所述多个检测器的飞行时间;
- d) 根据飞行时间测量结果计算范围信息;以及
- e) 将光接收器的输入端处的照射限制为小于所述光接收器的输入端的视场的透明区域视场。

40. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场小于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

41. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场小于所述多个检测器中的所有检测器的视场。

42. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个激光器中的所有激光器的

视场小于所述多个检测器中的所有检测器的视场。

43. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述透明区域视场不同于所述多个检测器中的至少一些检测器的视场。

44. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述透明区域视场不同于所述多个激光器中的至少一些激光器的视场。

45. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述透明区域视场不同于所述多个激光器中的每个激光器的视场。

46. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场大于所述透明区域视场。

47. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个检测器中的每个检测器的视场大于所述透明区域视场。

48. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个检测器中的至少一些检测器的视场小于所述透明区域视场。

49. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个检测器中的每个检测器的视场小于所述透明区域视场。

50. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个激光器中的至少一些激光器的视场大于所述透明区域视场。

51. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中选择所述透明区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定分辨率。

52. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中选择所述自适应光学快门的透明区域视场与所述多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定动态范围。

53. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中选择所述透明区域视场与所述多个检测器中的至少一些检测器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定噪声比。

54. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中选择所述透明区域视场与所述多个检测器中的每个检测器的视场的比率,以实现所述光检测和测距系统的特定信噪比。

55. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个检测器的数量小于所述多个激光器的数量。

56. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述透明区域视场被配置为小于照射区域中的期望图案的尺寸。

57. 如权利要求39所述的光检测和测距方法,其中所述多个激光器中的至少两个激光器发射不同波长的光。

## 噪声自适应固态LIDAR系统

[0001] 本文使用的章节标题仅用于组织目的, 不应当被解释为以任何方式限制本申请中描述的主题。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请是于2018年4月1日提交的题为“Noise Adaptive Solid-State LIDAR System”的共同待决的美国临时专利申请序列号62/651,209的非临时申请。美国专利申请序列号62/651,209的全部内容通过引用并入本文。

### 背景技术

[0004] 自主、自我驾驶和半自主汽车使用诸如雷达、图像识别相机和声纳之类的不同传感器和技术的组合来检测和定位周围物体。这些传感器使得能够在驾驶员安全方面进行大量改进, 包括碰撞警告、自动紧急制动、车道偏离警告、车道保持辅助、自适应巡航控制和自动驾驶。在这些传感器技术当中, 光检测和测距 (LIDAR) 系统起着至关重要的作用, 它使得能够对周围环境进行实时、高分辨率的3D映射。为了解决日益复杂的一系列汽车应用需求, 要求LIDAR系统具有足够快的响应时间来响应快速移动的物体。LIDAR系统还必须具有足够的信噪比, 以使接收到的信号检测远处的物体。此外, 期望LIDAR系统具有高可靠性, 并具有最少的移动部件。

[0005] 另外, 在典型操作期间, LIDAR系统可能会遇到各种各样的条件以及对分辨率和速度的各种需求。因此, LIDAR系统需要具有适应不断变化的需求和环境的操作参数和能力。

### 附图说明

[0006] 在以下详细描述中, 结合附图, 更具体地描述了根据优选的和示例性实施例的本教导及其进一步的优点。本领域技术人员将理解的是, 下面描述的附图仅用于说明目的。附图不一定按比例绘制, 而是通常将重点放在说明教导的原理上。附图不旨在以任何方式限制申请人的教导的范围。

[0007] 图1A图示了已知的固态LIDAR系统的示意图。

[0008] 图1B图示了图1A的LIDAR系统的系统视场 (FOV) 的二维投射。

[0009] 图2图示了根据本教导的自适应FOV LIDAR系统的实施例的示意图。

[0010] 图3图示了根据本教导的自适应LIDAR系统的实施例的光接收器的示意图。

[0011] 图4A图示了根据本教导的使用自适应快门的配置的自适应LIDAR系统的实施例的示意图。

[0012] 图4B图示了根据本教导的使用自适应快门的另一个配置的自适应LIDAR系统的实施例的示意图。

[0013] 图5A图示了根据本教导的用于特定快门FOV的实施例的图2的LIDAR系统的系统FOV的二维投射。

[0014] 图5B图示了根据本教导的用于特定快门FOV的另一个实施例的图2的LIDAR系统的系统FOV的二维投射。

[0015] 图5C图示了根据本教导的用于特定快门FOV的又一个实施例的图2的LIDAR系统的系统FOV的二维投射。

[0016] 图6图示了根据本教导的使用自适应镜的自适应FOV LIDAR系统的实施例的示意图。

[0017] 图7A图示了本教导的自适应LIDAR系统的实施例的框图。

[0018] 图7B图示了结合图7A描述的接收器和TOF计算电子器件的实施例的详细框图。

[0019] 图8图示了根据本教导的实现LIDAR系统的算法的方法的实施例的流程图。

[0020] 图9图示了实现根据结合智能物体检测的本教导的噪声自适应固态LIDAR系统的算法的方法的实施例的流程图。

[0021] 图10图示了基于已知的微机电系统 (MEMS) 的扫描LIDAR系统的操作参数表。

### 具体实施方式

[0022] 现在将参考如附图中所示的本教导的示例性实施例更详细地描述本教导。虽然结合各种实施例和示例描述了本教导,但是并不意味着本教导限于这些实施例。相反,如本领域技术人员将认识到的,本教导包含各种替代、修改和等效物。能够访问本文教导的本领域普通技术人员将认识到其它实现、修改和实施例,以及其它使用领域,这些都在本文所述的本公开的范围之内。

[0023] 说明书中对“一个实施例”或“实施例”的引用意味着结合该实施例描述的特定特征、结构或特性被包括在本教导的至少一个实施例中。在说明书中各处出现的短语“在一个实施例中”不一定都指的是同一个实施例。

[0024] 应该理解的是,只要本教导保持可操作,本教导的方法的各个步骤就可以以任何顺序和/或同时执行。此外,应该理解的是,只要本教导保持可操作,本教导的设备和方法就可以包括任何数量或全部所述实施例。

[0025] 本教导涉及测量到反射和/或散射光的各种物体或目标的距离的固态LIDAR系统。特别地,本教导描述了一种噪声自适应固态LIDAR系统,该系统能够减小接收到的测量信号中的噪声,从而使得能够改进SNR,并且因此具有更长的测量范围。

[0026] 汽车应用要求LIDAR系统的测量范围超过100米,以便提供足够的时间来响应快速移动的物体。例如,在未分开的高速公路上的相对车道上的两辆车可能会具有250km/h (150mph) 或更高的接近相对速度。以250km/h的速度,仅需1.44秒即可覆盖两辆车之间100米的间距。

[0027] 接收信号的信噪比 (SNR) 确定是否可以在特定距离处以特定错误率检测到物体。信号强度取决于发射的光功率。更高的发射功率提供了更强的反射返回信号,从而增加了范围。但是,汽车LIDAR系统通常限于1类(Class 1)眼睛安全标准,这限制了可以传输的最大允许光功率。通过在1类眼睛安全标准内操作,发出激光的产品在所有合理预期的使用条件下都被认为对眼睛是安全的。一旦达到1类眼睛安全发射光功率限制,就可以通过光接收器设计和/或信号处理改进来最好地实现SNR的进一步改进。对于在汽车应用中使用的LIDAR系统,非常期望该LIDAR系统是完全固态的且没有活动部件,以便最大程度地提高可靠性。还非常期望LIDAR系统能够适应不断变化的测量需求和条件。

[0028] 图1A图示了已知的固态LIDAR系统的示意图。图1A所示的系统不采用一次照射整

个系统视场的闪光发射器。而是,发射器阵列102中的每个单独的激光器都可以被独立地引发(fire),每个激光器发射的光束对应于仅对着整个系统视场的一部分的3D投射角。在转让给本受让人的美国专利公开号2017/0307736A1中详细描述了这种发射器的一个示例。美国专利公开号2017/0307736A1的全部内容通过引用并入本文。在一些实施例中,发射器阵列是规则间隔的阵列。在其它实施例中,发射器阵列是非规则形状的阵列。在各种实施例中,发射器阵列可以被配置为各种形状和尺寸。

[0029] 来自激光器阵列102中的激光器的光束共享发射器光学器件104,并且来自目标106的反射光共享接收器光学器件108。检测器阵列110是固态的,没有移动部件。与发射器阵列102具有单独的激光器相比,检测器阵列110通常具有更少数量的单独的检测器元件。LIDAR系统100的测量分辨率不是由检测器阵列110中的检测器元件的尺寸确定的,而是由发射器阵列102中的激光器的数量和各个光束的准直确定的。LIDAR系统100中的处理器执行飞行时间(TOF)测量,该飞行时间测量确定到目标106的距离,该目标106反射在检测器阵列110处检测到的来自激光器阵列102中的激光器的光束。

[0030] 如本领域技术人员所理解的,来自LIDAR系统中的各种光学元件内并通过这些光学元件的光的演化可以被描述为投射在光学系统中的特定参考平面上。在不失一般性的情况下,出于本公开的目的,该参考平面被认为是检测器阵列110的平面。从激光器阵列102发射的光通过LIDAR系统在参考平面上的投射在本文中被称为照射区域。检测器阵列110被定位在参考平面内以检测照射区域中的光。同样,为了简单起见,相对于特定目标范围描述了系统的操作,该特定目标范围是物体或目标可以位于的位置。如众所周知的,LIDAR系统可以在三个维度中操作,这意味着在多个目标范围跨2D平面获取测量点。这些在各种目标范围的测量产生通常被称为的3D测量点云。基于特定目标范围的描述的对3D操作的扩展是本领域技术人员很好理解的。

[0031] 当被激励时,发射阵列102中的激光器以在检测器阵列110的该平面处的照射区域内的图案生成光。该特定图案基于激光器阵列102中被激励使得它们产生如本文所述的光的特定元件。照射区域处的该图案假定在目标范围内跨2D平面的均匀反射。如本领域技术人员所理解的,在本文中对照射区域中的激光照射的特定图案的引用是由在目标范围内的这种均匀反射生成的图案。在操作期间,来自激光器阵列102的光学照射的仅一部分(或者在一些配置中甚至没有)将被反射回照射区域。在操作中落在检测器阵列110上的来自激光器阵列102的光学照射取决于目标范围内物体或目标106的形状和位置。

[0032] 图1B图示了图1A的LIDAR系统的系统视场150的二维投射。系统视场150图示了本文所指的照射区域。检测器阵列中单个检测器的视场由小正方形152表示。与发射器中的单个激光器相关联的照射测量点由圆圈154表示。阵列内单个检测器的尺寸在很大程度上取决于设备的电气特性。例如,随着雪崩光电二极管(APD)检测器的有源区域的尺寸增加,检测器的电容也增加,从而减小了设备的光电带宽。APD的带宽必须维持足够高,以不使接收到的信号衰减或失真。在激光脉冲宽度 $<10\text{nsec}$ 的LIDAR系统中,光电(O/E)带宽和APD电容的典型值分别为350MHz和小于2pF。一般而言,为了覆盖LIDAR系统的整个视场,同时维持可接受的电检测器性能,必须使用检测器阵列。阵列的整体物理尺寸和维度由所需的视场和接收器的光学透镜系统确定。

[0033] 在图1A-B所示的LIDAR系统100的实施例中,检测器阵列110中的检测器数量与发

射器阵列102中的激光器数量之比为一比九。这也可以通过系统视场150的二维投射看到。在这个实施例中,检测器阵列110是5x5阵列。与具有等效角分辨率的闪光系统相比,LIDAR系统100的检测器阵列成本可以更低,因为检测器的数量可以更少。LIDAR系统100的测量分辨率不是由检测器元件的尺寸确定的,而是由发射器阵列102中的激光器的数量和各个激光束的准直确定的。

[0034] 图1A-B图示了LIDAR系统100的关键方面。单个3D测量点,即LIDAR系统100的整个视场150中的小圆圈154,通过示出为黑圆圈的该测量点154突出显示。该测量点圆圈154与激光发射器阵列102中特定的单个激光一一对应。还可以看出,测量点154落在单个检测器内,其中由该单个检测器的小正方形152表示的视场已经被显示为具有粗体轮廓的正方形。例如,可以利用来自其视场由小圆圈154的15X15阵列表示的15X15激光器阵列的各个激光视场(在图1B中由小圆圈154示出)整体到达通过由包括阵列的所有二十五个小正方形152的大正方形156表示的整个检测器阵列的视场。由大正方形156表示的这个视场可以被称为光接收器的输入视场。它包括从目标范围在路径中的各种接收光学元件的任何变换。

[0035] LIDAR系统100的3D分辨率由发射器阵列102中的激光器的数量确定。如测量点圆圈154所示,每个激光器生成对应于空间中特定角点的光束。在图1B所示的实施例中,当与测量点圆154(阴影)相关联的单个激光器被照射时,照射区域中的图案为圆圈154的形状。被激发激光器照射的检测器的视场为正方形152的形状。

[0036] 在这种固态LIDAR系统100中,检测器阵列110的每个元件不需要其自己的单独接收电路,而是可以将检测器链接到公共接收电路,因为仅需要一个检测器即可测量任何时间点的给定激光发射脉冲。这在降低电路复杂性和成本方面提供了实质性的益处。但是,当所有检测器都链接到同一电路时,来自所有检测器的噪声会合并,并且增大的噪声将降低系统的灵敏度,从而减小测量范围。

[0037] 图2图示了根据本教导的自适应视场LIDAR系统200的实施例的示意图。图2中示出的实施例包括与结合图1A的LIDAR系统100描述的那些相似的发射器阵列202、发射光学器件204、目标206、接收光学器件208和检测器阵列210。然而,图2中所示的实施例包括放置在检测器阵列210前面的自适应光学快门212。与图1A的LIDAR系统100相比,自适应光学快门212通过减少到达检测器阵列210的环境光来改善系统性能。在户外操作的LIDAR系统200中,来自太阳的落在接收器上的环境光生成光信号,该光信号可以足够大以抑制或掩盖对接收到的激光脉冲的检测。自适应快门212可以用于阻挡至少一些环境光到达正在从发射阵列202发射的光束中检测测量光的一个或多个检测器。

[0038] 在一些实施例中,发射器阵列202包括多个激光器,其中每个激光器在被激活时生成照射照射区域中的视场的光束。发射器控制器(未示出)连接到发射器。结合图7A更详细地描述控制器。在许多实施例中,控制器能够单独控制多个激光器中的每个激光器。发射控制器因此可以以特定图案脉冲化多个激光器中的期望激光器,使得多个激光器在照射区域中生成具有基于被激活的特定激光器的对应特定图案的光。另外,光接收器中的检测器阵列210包括多个检测器,该多个检测器被定位为检测照射区域上的光。多个检测器中的每个检测器响应于落入其在照射区域中的各自视场内的检测到的光而生成电检测信号。检测到的光被传递到处理器和其它电路系统,包括飞行时间测量电路,该电路测量光从多个激光器到多个检测器的飞行时间。

[0039] 接收控制器中的处理器和其它电路系统计算从飞行时间测量到已经反射发射阵列202中由控制器选择的特定多个激光器生成的光的一个或多个物体的范围信息。以这种方式,基于系统的性能要求,生成不同尺寸和形状的视场和照射区域。例如,可以通过改变系统的视场的尺寸或形状来提供特定的测量分辨率和/或信噪比。在各种实施例中,使用了检测器阵列210中的各种数量的检测器和发射阵列202中的各种数量的激光器。而且,使用了检测器阵列210中的检测器数量与发射阵列202中的激光器数量的各种比率。

[0040] 本教导的一个特征是,发射器阵列202内的各个激光器或各个激光器组可以以不同的波长操作。本申请的受让人已经提出多源和多波长LIDAR系统。在转让给本受让人的美国专利公开号2017/0307736A1中描述了使用多个波长发射器的系统的一个示例。美国专利公开号2017/0307736A1的全部内容通过引用并入本文。在发射器中使用多个波长会导致出于各种目的而同时生成或单独生成具有不同波长的各种照射图案。例如,产生导致以不同波长在目标和/或检测器(即,照射区域)处的期望照射图案的光束可以用于实现各种性能指标,诸如生成降低处理要求和提高刷新率或帧速率的更高分辨率的测量结果。

[0041] 图3图示了本教导的自适应LIDAR系统的实施例的光接收器300的示意图。为了简单起见,这里示出了2D图,但原理同样适用于整个3D系统。检测器阵列302名义上放置在光接收器中的光学系统的像平面处。在一些实施例中,检测器阵列302不是波长敏感的。在其它实施例中,检测器阵列302是波长选择性的。接收光学系统由接收透镜310表示,但是可以包括多个透镜和/或其它光学元件。检测器阵列302的尺寸与光学系统的焦距结合确定了光接收器300的最大视场。

[0042] 示意图示出了成像到检测器阵列302中心的接收光束的射线迹线304,以及成像到检测器阵列302的最高点的接收光束的射线迹线306。接收器视场图像中的不同点到检测器阵列中的不同检测器取决于它们的角位置。检测器阵列302中心的射线迹线304与检测器阵列302的最高点的射线迹线306之间的角度308代表了光接收系统的最大视场的一半。

[0043] 从目标反射的接收光束在撞击检测器阵列302之前穿过一个或多个接收透镜310和自适应快门312。光学陷波滤波器314被定位在接收器透镜310的前面。该光学陷波滤波器314用于减少检测器阵列302上的太阳辐射。在晴天,在海平面上,最大太阳辐射约为 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 。通常,光学陷波滤波器314被设计为尽可能减少这种辐射并将光接收带宽限制在与发射器激光器的预期波长范围对应的波长区域。对于在 $\sim 900\text{nm}$ 波长下操作的LIDAR系统,20nm带宽光学陷波滤波器会将太阳辐射降低至总太阳辐射的2%以下。但是,即使在这种降低的水平下,晴天时入射在检测器阵列302中的检测器上的环境光也可能是显著的。

[0044] 本教导的一个特征是定位在被询问的物体与检测器阵列之间的自适应快门可以用于阻挡可能干扰测距测量的光。图4A-B提供了简化的3D表示来图示适应接收视场的概念。图4A图示了使用本教导的自适应快门402的自适应LIDAR系统400的实施例的配置的示意图。发射器404发射从目标物体反射的光脉冲,该光脉冲在图中表示为立方体406。由接收器透镜410捕获的来自目标物体的反射光408被聚焦到名义上位于像平面的检测器阵列412上。由于目标物体406仅占据接收器视场的一部分,因此仅需要2D检测器阵列412内的一个检测器元件414来捕获来自发射器404的从目标物体406反射的所有光。控制自适应快门402以阻挡从二维检测器阵列412的视场内的其它角度入射到检测器阵列412上的基本上所有光。这在图中由作为自适应快门402的一部分的较大不透明结构418内的较小的透明孔416

表示。在一些实施例中，发射器404是二维激光器阵列。在这些实施例中，对于激光器阵列中对应于不同3D测量点的不同激光器，LIDAR系统将改变自适应快门402，从而调整基本透明区域416的位置和尺寸，以对应于与在接收器视场内被激活的激光元件对应的当前3D测量点的角位置。

[0045] 图4B图示了使用本教导的自适应快门452的自适应LIDAR系统450的实施例的第二配置的示意图。在图4B所示的实施例中，发射器454(其可以是与图4A的发射器404在相同位置的相同发射器)生成从目标物体反射的光脉冲，该光脉冲在图中表示为立方体456。发射器454可以是激光发射器的二维阵列。立方体456表示的目标物体与图4A的立方体406表示的目标物体处于不同的位置。来自接收器透镜460捕获的由立方体456表示的目标物体的反射光458被聚焦到名义上定位在像平面处的检测器阵列462上。由于目标物体(立方体456)仅占据接收器视场的一部分，因此仅需2D检测器阵列462内的一个检测器元件464来捕获来自发射器454的从目标物体(立方体456)反射的所有光。

[0046] 控制自适应快门452以阻挡从二维检测器阵列462的视场内的其它角度入射到检测器阵列462上的所有光。这在图中由作为自适应快门452的一部分的较大不透明结构468内的较小的透明孔466表示。较小的透明孔466位于作为自适应快门452的一部分的较大不透明结构468内的不同位置。反射光458在二维检测器阵列462中的不同位置处冲撞到检测器元件464上。因此，图4A-B示出了在发射器404、454和检测器阵列412、462处于相同位置的情况下与视场中的物体406、456的两个不同位置对应的自适应快门402、452的两种不同配置。本领域技术人员将理解使用本教导的自适应快门可以产生背景光的阻挡和通过测量光的元件的不同配置。

[0047] 如本文所述的自适应光学快门可以以多种方式构造。例如，光学快门的一个实施例是液晶快门。液晶快门可以被配置为2D像素阵列，其中每个像素都可以被单独控制。与光应通过液晶快门的当前测量视场对应的那些像素将被控制为“打开”状态，而其余像素将处于“关闭”状态。“打开”状态的区域对应于透明区域视场。对于“打开”状态与“关闭”状态，报告的液晶光学快门的对比度高达1000:1。对于不同的实施例，可以基于处于“打开”或“关闭”状态的像素的区域的形状和尺寸来改变快门的“打开”和“关闭”状态区域的尺寸和形状。例如，参考图4B，“打开”状态是在图中由具有处于“关闭”状态的像素的大的不透明结构468内的相对小的透明孔466表示的像素区域。

[0048] 光学快门的另一个实施例是使用部分反射的微镜形成的标准具腔快门，其可以调谐以基于波长反射入射的激光。标准具腔快门由2D像素阵列组成，其中每个像素可以被单独调谐。每个像素根据LIDAR系统的要求进行调整，以反射或通过发射器的光。在这样的系统中，标准具还具有充当波长滤波器的附加优点。标准具快门的波长灵敏度与液晶快门不同，液晶快门在关注区域很大程度上对波长不敏感。多波长LIDAR中标准具腔快门的波长灵敏度也可以为LIDAR系统提供附加的灵活性，因为，与固定的薄膜滤波器不同，标准具腔可以按需调谐以通过或拒绝各种波长从而产生适用于视场和波长的自适应接收器。光学自适应快门的以上描述仅表示两个潜在示例。本领域技术人员将认识到的是，可以使用其它光学快门技术来实现本教导的自适应LIDAR系统。

[0049] 在基于硅的检测器技术的情况下，诸如硅APD或硅光电倍增器，光学快门的全部或部分可以潜在地集成到与包含检测器阵列的硅芯片相同的芯片中。利用液晶和基于微机电

系统 (MEMS) 的光学快门设备都是可能的。本领域技术人员将认识到的是,根据本教导,可以使用透射设备和反射设备来提供光学快门。例如,反射设备的有效透明区域是使光束的一部分从光发射器反射或传递到光接收器的区域。

[0050] 本教导的一个特征是可以基于快门的配置来控制系统性能。发射器和/或检测器为不同的快门视场提供不同的分辨率和信噪比。图5A图示了用于本教导的特定快门视场的实施例的图2的LIDAR系统的系统视场500的二维投射。系统视场500包括来自系统的各种部件提供的各种视场的贡献。在这个实施例中,从由发射器阵列中的每个激光元件产生的每个准直光束产生由圆圈502表示的激光视场的二维阵列。

[0051] 由15X15的圆圈502阵列所示的激光视场是由15X15的激光元件阵列产生的。各种实施例利用各种不同尺寸和形状的激光视场。单个检测器视场由较小的正方形504表示。对于5X5检测器阵列的这个实施例,整个检测器阵列视场由较大的正方形506表示。较大的正方形506包括5X5的小正方形504阵列。光学快门阻挡的视场由覆盖大部分检测器阵列的正方形区域508指示。光学快门透明视场由正方形510指示。光学快门将视场限制为由正方形510表示的尺寸,该尺寸小于检测器阵列的总视场,即大正方形506,但大于落在由正方形510表示的由快门提供的透明视场之下的由较小正方形512表示的单个检测器元件的视场。单个激活的激光元件生成光束,该光束在圆圈514所示的特定视场上提供测量信号。在这种情况下,被激励的激光器阵列在照射区域中的照射图案是圆圈514,其落在阵列中由正方形512表示的单个检测器的视场内。在这种配置中,环境光将落在用于激光脉冲测量的检测器元件以及周围的一些检测器上,因为快门的视场大于单个检测器的视场。但是,它将基本上被阵列中其它不在快门的透明视场,即正方形510内的检测器阻挡。

[0052] 图5B图示了用于本教导的特定快门视场的另一个实施例的图2的LIDAR系统的系统视场530的二维投射。系统视场530包括来自二维阵列中的激光元件生成的每个光束的并且示为小圆圈532的视场。小正方形534表示各个检测器的视场。大正方形536表示整个检测器阵列的视场。大正方形538是整个光学快门的视场,而正方形540是快门的透明区域。光学快门的维度被确定为将由正方形540表示的透明视场限制为小于特定单个检测器元件544的视场的尺寸。光学快门的维度也被确定为不衰减来自生成由圆圈542表示的光束视场的激光发射器脉冲的接收光。与图5A所示的系统的快门配置相比,图5B的LIDAR系统的快门配置具有改进的信噪比性能,这至少是因为图5B中的快门减少了更多的落入到检测器阵列上的环境光,而不会衰减接收到的发射光脉冲功率。换句话说,快门阻挡更多的干涉光,而不阻挡测量信号光(即,信号光保持不变)。一般而言,使用图5B中所示的教导,可以选择快门的透明区域视场与检测器阵列中的多个检测器中的至少一个的视场的比率,以取决于系统的具体要求来实现LIDAR系统的特定分辨率。

[0053] 图5C图示了根据本教导的用于特定快门视场的另一个实施例的图2的LIDAR系统的系统视场560的二维投射。如同图5A-B中所示的投射一样,存在表示为圆圈562的激光测量视场、由小正方形564表示的各个检测器视场、表示为大的正方形566的整个2D检测器视场,以及表示为大的正方形568的整个快门视场。快门的打开状态在由正方形572表示的有源检测器视场和由圆圈574表示有源激光测量点附近产生小正方形570。

[0054] 光学快门将透明区域视场限制为由小正方形570表示的尺寸,该尺寸小于由正方形572表示的单个检测器的视场,并且也小于由圆圈574表示的由激光发射器脉冲照射的视

场。在这种配置中,只有左上象限所表示的发射脉冲的四分之一命中检测器阵列。图5C的光学快门配置实施例的LIDAR系统具有比结合图5A或图5B所示的实施例描述的快门配置大四倍的3D测量分辨率,这是因为光学快门允许对由圆圈574表示的单个激光脉冲的视场的子集进行采样。现在,图5C中系统的3D测量分辨率由光学快门配置确定,而不是由系统中激光器的数量或每个激光光束的准直确定。当然,需要进行性能权衡。图5C中所示的LIDAR系统将具有较低的信噪比,因为只有一部分接收到的激光脉冲用于飞行时间测量。一般而言,使用图5C中所示的教导,可以选择光学快门的透明区域视场与激光器阵列中的多个激光器中的至少一个的视场的比率,以取决于系统的具体要求(诸如,期望的SNR)实现LIDAR系统的特定分辨率。

[0055] 为了更清楚地了解LIDAR系统光学部件的不同视场的影响,定义了以下参数:(1)  $FOV_T$  = 发射器中单个激光元件的发散(投射圆锥);(2)  $FOV_D$  = 检测器阵列中单个检测器元件(例如,像素)的视场;以及(3)  $FOV_S$  = 作为透明区域视场的与光学快门或反射镜的单个像素的有效光圈对应的视场。

[0056] 对于本教导的LIDAR系统的许多实施例, $FOV_T$ 小于 $FOV_D$ 。 $FOV_T$ 小于 $FOV_D$ 是本教导的固态LIDAR系统实施例与已知的所谓基于闪光的LIDAR系统之间的主要区别。在基于闪光的LIDAR中, $FOV_T > FOV_D$ 。这些闪光LIDAR系统的测量分辨率由 $FOV_D$ 确定,并使用1D或2D检测器阵列进行同时3D测量。作为对照,对于本教导的LIDAR系统的许多实施例,与基于闪光的LIDAR相比,因为 $FOV_T < FOV_D$ ,因此信噪比性能显著提高。

[0057] 另外,本教导的一个特征是本教导的LIDAR系统的一些实施例实现具有独立于 $FOV_T$ 和 $FOV_D$ 的 $FOV_S$ 的快门或反射镜。即,在各种实施例中, $FOV_S$ 可以不同于 $FOV_T$ 或 $FOV_D$ 。对于配置有 $FOV_S < FOV_D > FOV_T$ 的LIDAR系统,与没有自适应快门/反射镜的系统相比,通过抑制检测器上的环境太阳噪声,信噪比性能得到改善。对于配置有 $FOV_S < FOV_T > FOV_D$ 的LIDAR系统,3D测量分辨率由自适应快门/反射镜确定,从而使得能够实现更高的测量分辨率。在这种情况下,通常会降低信噪比,因为即使正在进行对环境太阳噪声的附加抑制,也仅使用了一部分发射器光。

[0058] 图6图示了根据本教导的使用自适应镜602的自适应FOV LIDAR系统600的实施例的示意图。在这个实施例中,自适应镜602用于控制冲撞到检测器614上而不是光学快门上的光的视场。可以是激光器阵列的发射器604发射由发射光学器件608投射到目标范围的光束606。发射光学器件608可以是单个透镜,或者它可以包括多个透镜和/或本领域中已知的其它光学元件。物体610在目标范围反射光。反射光由接收光学器件612收集并投射到自适应镜602上。接收光学器件612可以是单个透镜、多个透镜和/或包括投射从物体610反射的光的其它光学元件。自适应镜602选择性地将反射光投射到检测器614。检测器614可以是检测器元件的阵列。如本文所述,自适应镜的将光反射到检测器的区域将被认为是透明区域。该区域也被称为反射区域视场。

[0059] 自适应镜602以如下方式构造:创建反射镜的2D矩阵,其可以可以在一个方向上反射一部分光,同时不同方向上偏转其余的光的方式来控制。对应于用于测量的期望视场的光被自适应镜反射到检测器614。因此,自适应镜602在检测器614处生成反射区域视场,从而将光接收器的输入端处的照射限制在小于光接收器视场的区域。自适应2D反射镜602的配置取决于阵列的粗糙度(例如,期望的像素数),并且可以以多种方式构造。

[0060] 在一个实施例中,根据本教导的自适应视场LIDAR系统接收器利用具有45度x 30度视场的光接收器。该实施例包括具有多个激光器的发射器,每个激光器具有~0.25度的视场。对于具有1920x1080像素的可以在接收器的45度x30度视场上进行自适应反射的自适应镜,10x9像素的区域将对应于0.25x0.25度视场。因此,为了捕获单个激光器的全反射功率,您需要使用 $10 \times 9 = 90$ 个像素。但是,我们总是可以选择使用更多或更少的像素来反射来自单个激光器的光束。在先进的LIDAR系统中,接收器必须具有大的动态范围来捕获来自远距离低反射率物体的小返回信号以及来自近距离高反射率物体的大信号。经常靠近的物体会以对检测器过高的光输入功率使接收器饱和。

[0061] 在具有自适应镜的LIDAR系统的这种实施例中,我们可以选择通过使用比对应于全返回脉冲视场的反射镜少的反射镜来衰减激光脉冲。例如,这种实施例可以支持仅具有一个反射光束的反射镜的配置,这将导致来自激光脉冲的返回光的1/90到达检测器。这样的系统可以用于进一步改善LIDAR系统的动态范围,并且特别地,可以基于光学快门的透明区域视场与多个激光器中的至少一些激光器的视场的比率来提供LIDAR系统的期望动态范围。在该特定实施例中,视场的值仅用于说明本教导,并且可以使用许多其它值。

[0062] 许多不同类型的MEMS或甚至混合结构可以用于构造自适应2D反射镜602。使用具有高像素计数的MEMS制造技术的自适应镜的一个示例是德州仪器(Texas Instruments, TI)制造的DLP6500数字微镜器件。DLP6500包含超过200万个微镜。DLP6500的高像素计数将允许实现具有确定如结合图5C所示的实施例描述的3D测量分辨率的自适应镜的LIDAR系统。应该理解的是,图6中所示的自适应LIDAR系统的实施例仅旨在表示本教导的一些特征。在执行所需光束操纵功能的实际光学设计中,将包括附加的光学元件,诸如透镜和棱镜。

[0063] 图7A图示了根据本教导的自适应LIDAR系统700的实施例的框图。LIDAR系统700具有六个主要部件:(1)控制器和接口电子器件702;(2)包括激光驱动器704的发射电子器件;(3)激光器阵列706;(4)接收和飞行时间计算电子器件708;(5)检测器阵列710;以及(5)自适应快门/反射镜712。控制器和接口电子器件702控制LIDAR系统700的整体功能,并将数字通信提供给主机系统处理器714。发射电子器件704控制激光器阵列706的操作并设置激光引发的图案。接收和飞行时间计算电子器件708从检测器阵列710接收电检测信号,然后处理这些电检测信号以通过飞行时间计算来计算范围距离。接收电子器件708还基于从控制器和接口电子器件702和/或发射电子器件704接收的信息来控制自适应快门712。在一些实施例中,控制器和接口电子器件直接控制自适应快门/反射镜而不是接收电子器件。在图7A的LIDAR系统中未示出下游发射和接收光学器件以及定位在目标范围的物体。

[0064] 自适应LIDAR系统700因此包括光发射器,该光发射器包括激光器阵列706中的多个激光器,其中激光器阵列706中的多个激光器中的每一个照射视场。具有多个电输出端的发射器控制器连接到激光器阵列706。在图7A所示的实施例中,发射器控制器包括控制器和接口电子器件702中的元件以及发射电子器件和激光驱动器704中的元件。激光驱动器704能够单独激活激光器阵列706中的激光元件。因此,发射器控制器包括多个电输出端,其中多个电输出端中的各个电输出端连接到阵列706中的多个激光器中的各个激光器的输入端。在替代实施例中,发射器控制器包括多个电输出端,该多个电输出端使用矩阵寻址以任意期望的配置连接到阵列706中的多个激光器的输入端,其中矩阵寻址根据期望的寻址方案对行和列进行寻址。

[0065] 参考图2和图7A,在一些实施例中,发射器控制器被配置为在多个电输出端生成电脉冲,以激活阵列202、706中的激光器,使得多个激光器在检测器阵列210、710的平面内的照射区域中生成期望图案的光。检测器阵列210、710具有视场,该视场包括定位为检测跨照射区域的光的多个检测器中的每个检测器的视场。阵列210、710中的检测器连接到接收电子器件708,其包括飞行时间测量电路708,该飞行时间测量电路708确定光从阵列706中的多个激光器到阵列710中的多个检测器的飞行时间。接收电子器件708还从飞行时间测量结果计算范围信息。定位在光发射器和光接收器之间的自适应快门212、712在照射区域中具有透明区域视场,并限制光接收器输入端处的照射,使得透明区域视场小于光接收器的输入端的视场。

[0066] 图7B图示了结合图7A描述的接收器和飞行时间计算电子器件750的实施例的详细框图。接收前端752电连接到检测器阵列(未示出)的输出端。接收前端包括输入放大器754,该输入放大器754将信号发送到各种电路(一些可选),诸如时间数字转换器(TDC)756、振幅采样器758和模数转换器760。这些电路与数据处理器762通信。数据处理器762连接到数据监视和数字通信接口764以及控制和同步逻辑电路766,该控制和同步逻辑电路766也连接到数据监视和数字通信接口764。

[0067] 来自检测器阵列的接收电检测信号被输入到接收器前端752,并被发送到输入放大器754,该输入放大器754在进一步处理之前对来自检测器的接收电检测信号进行升压。然后,从该放大器输出的信号被分到几个不同的电路。在各种实施例中,时间-数字转换器756、振幅采样器758和模数转换器760这三个可能的电路可以一起使用或以任何组合使用。时间-数字转换器756是专用电路,其识别输入信号何时超过某个振幅阈值,然后提供该事件的时间的数字表示。对于飞行时间测量系统,事件通常对应于反射发射脉冲的到达,而该到达的时间对应于物体的距离。振幅信号块758是由与时间-数字转换器756相同的事件触发的电路,但是不是记录时间,而是记录振幅。模数电路760将接收到的模拟电检测信号转换成与某个采样率对应的数字信号。然后,将从接收器前端接收到的已处理信号输入到与触发和同步锁定电路766对接的数据处理电路762。然后,数据监视和数字通信接口764将信号发送到控制器和接口电子器件,如图7A所示。

[0068] 在图7B所示的接收电子器件和飞行时间计算电路750的实施例中,来自检测器阵列的输入被输入到单个飞行时间测量电路。所有检测器的连接方式应使其输出端合并,并直接连接到单个飞行时间测量电路。该特征简化了飞行时间电路并降低了成本。但是,来自所有检测器的噪声会在该系统中合并并且降低测量信号的信噪比。图7A中所示的自适应快门/反射镜用于通过减少检测器阵列上不对应于当前测量点的那些部分上的照射来最小化太阳辐射对系统的噪声贡献。

[0069] 在本教导的接收电子器件和飞行时间计算电路的其它实施例中,不是所有检测器都被组合成单个TOF测量电路,而是检测器的一些子集可以被分组,每个子集具有其自己的TOF电路。在这些实施例中,自适应快门/反射镜用于限制落到组成如由共享的飞行时间测量电路定义的一个子集的一部分检测器上的光。

[0070] 本领域的技术人员将认识到的是,图示LIDAR系统的功能的图7A-B中所示的框图并不将本教导限制于任何特定的硬件配置。例如,这些电路中的每个电路可以是单独的电路或集成的电路。同样,发射和接收块可以在单独的印刷电路板组件(PCBA)和/或单独的模

块上。对于接收电子块,前端的全部或一部分可以是直接附接到检测器阵列的集成电路的一部分,或者这些电路可以与其它电路一起位于PCBA上。在一些实施例中,控制器功能可以与现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)或类似类型的集成或混合设备内的一些或所有发射和接收电子器件组合。

[0071] 图8图示了根据本教导的实现LIDAR系统的算法的方法800的实施例的流程图。在方法800的第一步骤802中,控制器被初始化。控制器可以是连接到噪声自适应固态LIDAR系统的发射器阵列和检测器阵列两者的任何控制器。例如,控制器可以是结合图7A描述的控制器。

[0072] 在方法800的第二步骤804中,由控制器选择用于生成3D点云的期望照射图案。照射图案包括可以随时间变化的特定照射空间形状。控制器被配置为使各个激光器或激光器组脉冲化开和关,以在检测器阵列上的目标范围和相关照射区域处提供期望的照射图案。在一些实施例中,图案是一行中每个激光器元件的简单逐行扫描,连续重复以提供均匀的刷新率。在其它实施例中,图案是伪随机的,其中系统以仍然起作用以随着时间的推移均匀地覆盖整个发射器阵列的全部视场的不连续方式从测量点移动到测量点。

[0073] 在该方法的第三步骤806中,控制器基于期望的图案来选择要引发的单个激光器或激光器组。然后在步骤四808中,控制器将自适应快门/反射镜配置为阻止检测器阵列中不需要测量反射的发射激光脉冲的部分的照射。

[0074] 在方法800的第五步骤810中,LIDAR系统引发在第三步骤806中选择一个或多个激光器。在方法800的第六步骤812中,LIDAR系统在受控检测器阵列处接收来自引发的激光器的光脉冲,并计算飞行时间和根据需要对振幅/时间进行采样。系统确定在第七步骤814中是否实现了脉冲求平均。如果实现了脉冲求平均,那么该方法循环回到方法的第五步骤810和第六步骤812,引发相同的激光器或激光器组,并对来自该激光器或激光器组的接收信号进行测量,根据需要通过期望数量的求平均进行多次。例如,在根据本教导的一种特定方法中,求平均引发多达四个脉冲以便改善SNR。在根据本教导的其它特定方法中,求平均引发更多数量的脉冲,例如多达二十五个或更多个脉冲。引发更多数量的脉冲会花费更长的时间段,但是与脉冲求平均相比,在SNR方面提供更大的改善。

[0075] 因此,在本教导的一些实施例中,使用特定视场中的多个激光脉冲的多个测量点的组合被平均以确定物距从而改善信噪比。来自同一激光器的多个脉冲在检测器处求平均以增加信号。各种实施例使用不同数量的脉冲。虽然更多的脉冲会导致更好的信噪比,但是系统受基于系统刷新率所允许的时间可以平均多少个脉冲的限制。在一些实施例中,使用四个或更多个脉冲。在其它实施例中,使用十个或更多个脉冲,并且在还有的其它实施例中,使用多于二十五个脉冲。

[0076] 在方法800的第八步骤816中,在获得单个激光器或多个激光器的期望数量的脉冲之后,系统可以应用数字信号处理从而以某种方式操纵数据。在处理之后,控制器在方法800的第九步骤818中存储和/或传送数据。在方法800的第十步骤820中,做出停止或继续的决定。然后,在方法800的第三步骤806,控制器移动到图案中的下一个激光器上。系统连续操作以扫过期望的图案,直到在方法800的第十一步骤822处停止。

[0077] 图9图示了用于实现结合智能物体检测的本教导的噪声自适应固态LIDAR系统的算法的方法900的实施例的流程图。方法900的几个步骤与结合图8描述的方法800类似或相

同。在方法900的第一步骤902中,系统被初始化。在方法900的第二步骤904中,由控制器选择用于生成3D点云的期望照射图案。在方法900的第三步骤906中,控制器基于期望的图案来选择要引发的单个激光器或激光器组。然后,在第四步骤908中,控制器将自适应快门/反射镜配置为阻挡检测器阵列中不需要测量反射的发射激光脉冲的部分的照射。

[0078] 在方法900的第五步骤910中,LIDAR系统引发已在第三步骤906中选择一个激光器或激光器组。在方法900的第六步骤912中,LIDAR系统在受控检测器阵列处接收引发的激光脉冲,并计算飞行时间并根据需要对振幅/时间进行采样。然后,系统确定在方法900的第七步骤914中是否实现了脉冲求平均,并且循环回方法900的第五步骤910,直到已经引发期望数量的脉冲。在方法900的第八步骤916中,在获得单个激光器或激光器组的期望数量的脉冲之后,系统应用数字信号处理以各种方式操纵数据。在处理之后,控制器在方法900的第九步骤918中存储和/或传送数据。

[0079] 在方法900的第十步骤920中,做出停止或继续方法900的决定。如果决定继续方法900,那么系统移动到方法900的第十一步骤922,在该步骤中执行智能物体检测和图案调整。在方法900的第十一步骤922中,控制器具有分析3D点云并做出决定来调整激光引发的图案以及进行脉冲求平均以解决特定规则和/或优化总体性能的能力。例如,一个规则可以是:如果控制器确定物体可能潜在地与车辆碰撞,那么LIDAR系统“锁定”在该物体上并改变引发图案和/或视场,以便提高该物体的刷新率和/或测量准确度。在另一个实施例中,控制器可以基于各种标准,诸如计算出的检测概率、错误率、到每个激光器测得的物体的距离和/或环境条件,为每个单独的激光器调整脉冲求平均的数量或引发图案。然后,如果做出停止决定,那么系统移动到方法900的第十二步骤924以结束方法900。

[0080] 与使用机械扫描的已知LIDAR系统相比,实现结合图9描述的本教导的噪声自适应固态LIDAR系统的算法的固态LIDAR系统配置具有显著的性能优势。例如,在已知的LIDAR系统中使用的一些机械扫描仪包括旋转电机、MEMS反射镜和检流计。在机械扫描LIDAR系统中,由于必须物理移动反射镜或电机,因此无法在视场内在任何时间任意测量不同的点。因此,例如,当与根据本教导的LIDAR系统相比时,能够用于求平均的脉冲的数量受到很大限制。结合图10说明这一点。

[0081] 图10图示了已知的基于MEMS的扫描LIDAR系统的操纵参数表1000。从表1000中列出的参数中,我们可以确定系统实现脉冲求平均的能力。要使光进出150米,所需时间为一微秒。因此,在不考虑处理开销的情况下,系统可以引发脉冲并能够明确识别每个脉冲的反射的最大速率为1MHz。系统针对指定的视场产生的测量点数,以及角分辨率为每帧25,000个点。刷新率为30Hz时,系统必须能够在一秒钟内测量750K个点。

[0082] 当我们将该所需的3D点测量速率与光速限制的1MHz最大脉冲速率进行比较时,我们可以清楚地理解,对于这样的系统,脉冲求平均不能均匀地实现,因为即使所有点的两倍脉冲求平均也将需要1.5MHz脉冲速率,这会将最大范围从150m减小到100m。而且,由于反射镜总是在移动,因此没有两个点相同地重叠,这对脉冲求平均施加了另一个限制。在如表1000所述配置的LIDAR系统中,从一个点移动到下一个相邻点(0.2°)所花费的时间等于1.3微秒。由于我们只能每1.0微秒引发一个脉冲,因此,对多个脉冲求平均也需要大量的时间求平均。到引发第二个脉冲时,系统扫描机构已基本移动到下一个测量位置。在150m处0.2°的角旋转对应于在该范围内的绝对距离的0.5m。因此,在这些已知的机械扫描LIDAR系统

中,显然对于细长物体,诸如人,无法以最大期望距离实现脉冲求平均。

[0083] 与这些已知的基于MEMS的扫描LIDAR系统相比,根据本教导的LIDAR系统和操作方法可以在最大期望距离下执行脉冲求平均,因此,可以基于各种标准,诸如计算出的检测概率、错误率、到每个激光器测得的物体的距离和/或环境条件,为每个单独的激光器改变脉冲求平均的数量和引发图案。

[0084] 等效形式

[0085] 虽然结合各种实施例描述了申请人的教导,但是并不旨在将申请人的教导限于这样的实施例。相反,如本领域技术人员将认识到的,申请人的教导涵盖可以在其中进行各种替代、修改和等同形式而不脱离本教导的精神和范围。

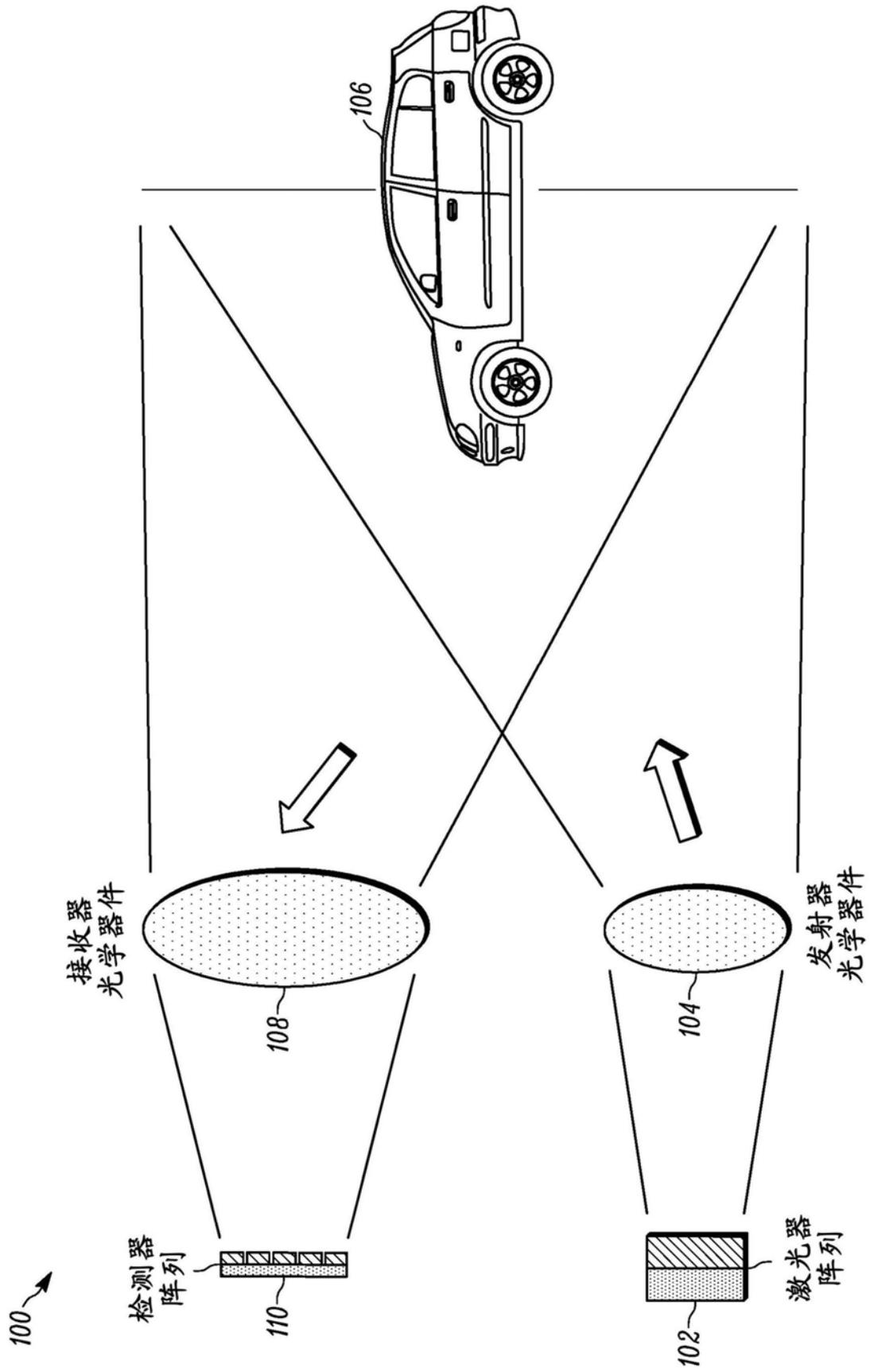


图1A

150

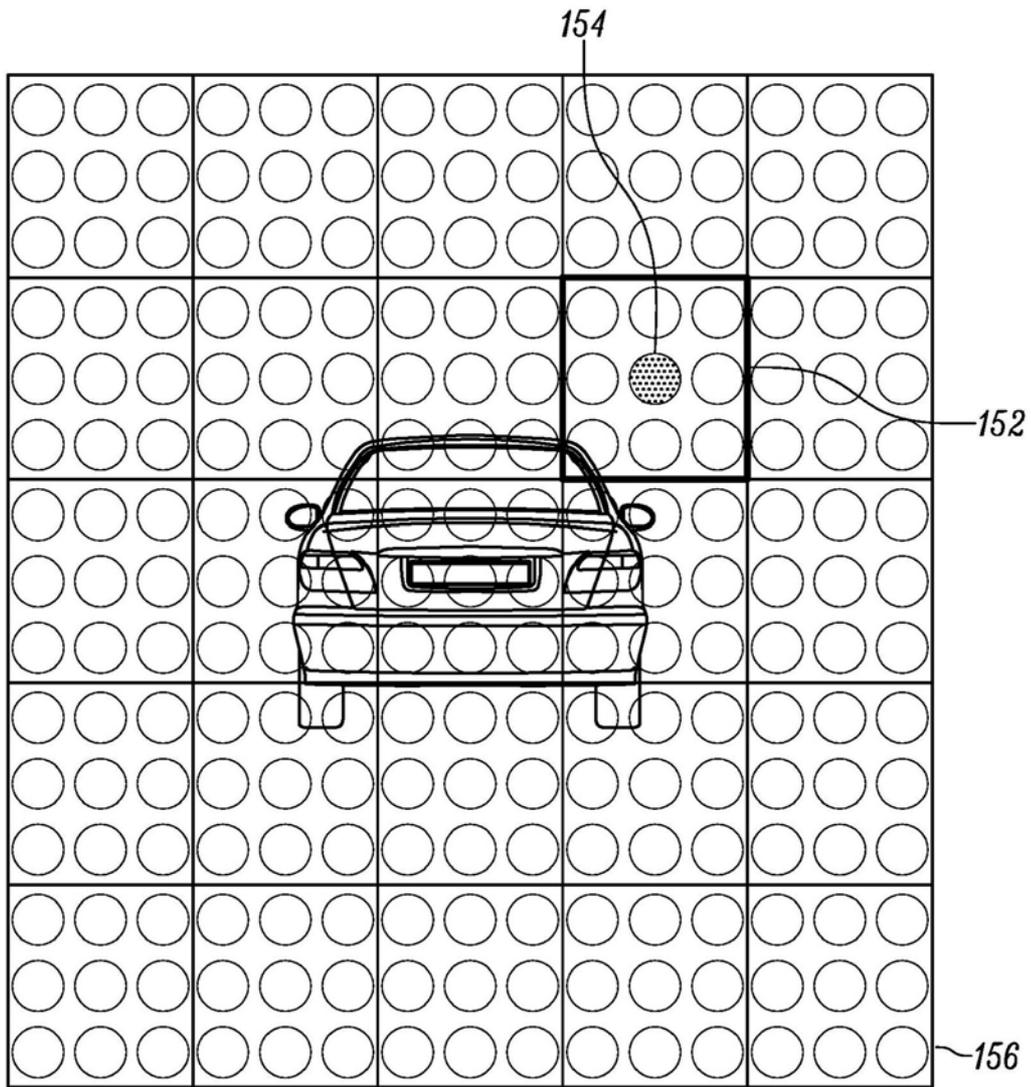


图1B

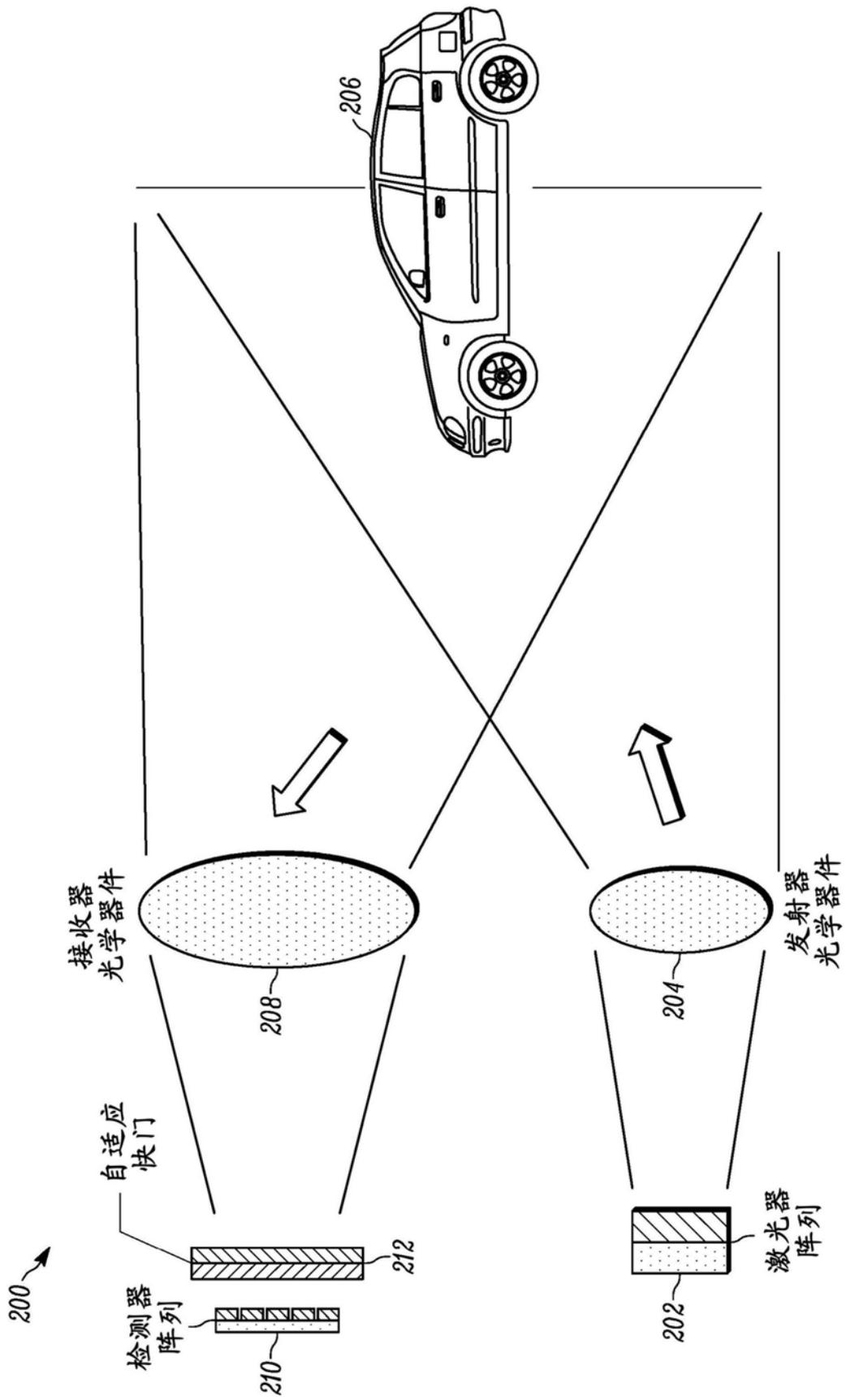


图2

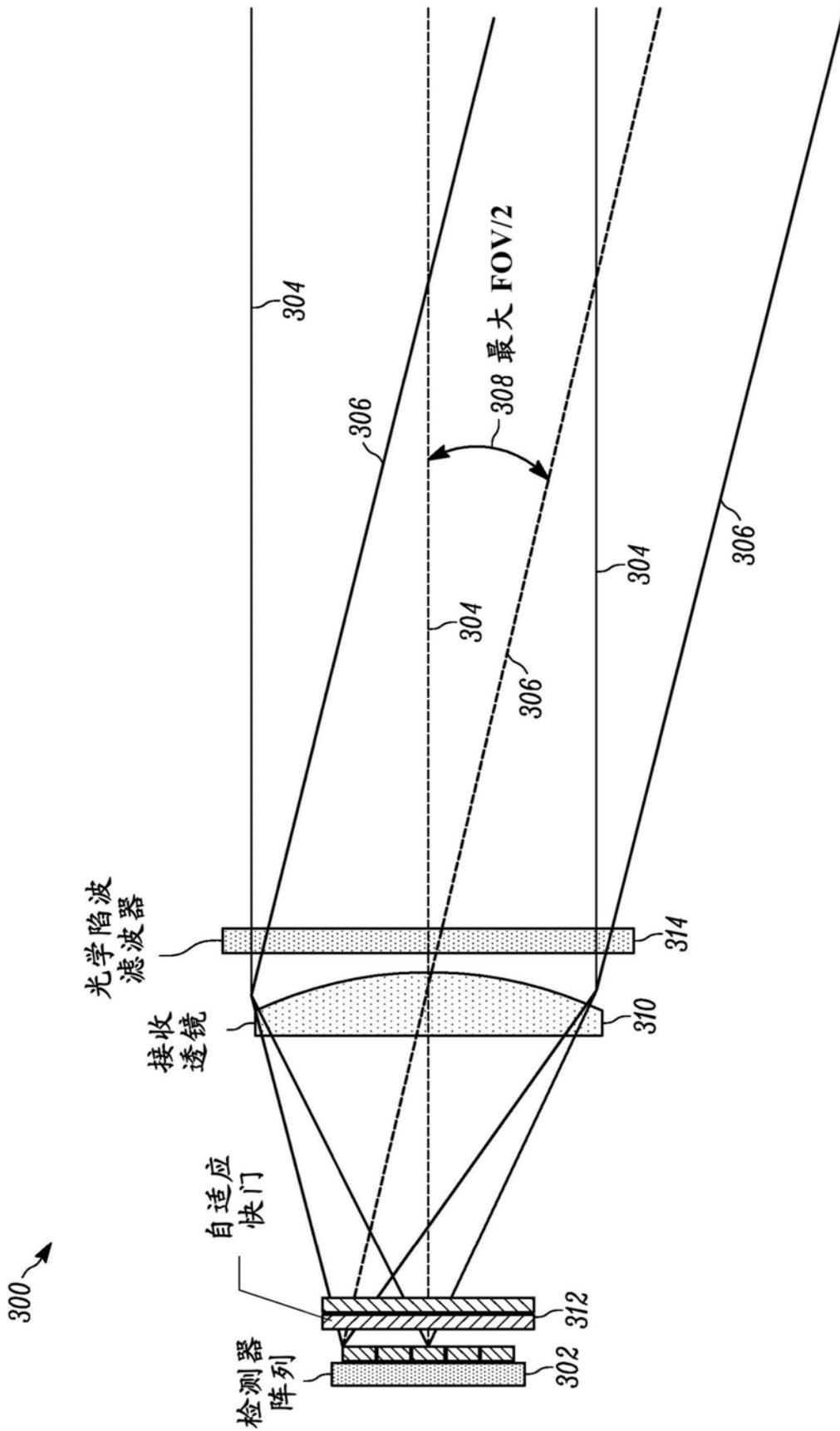


图3

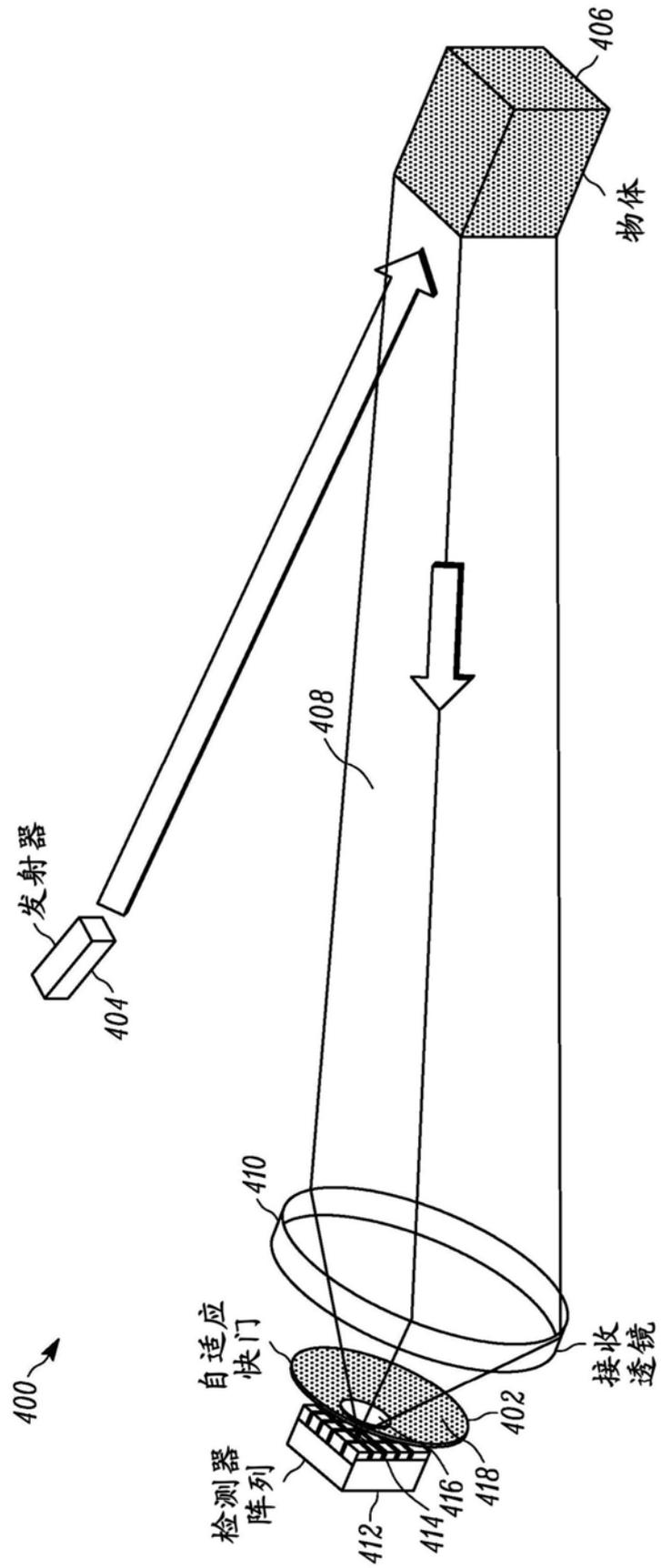


图4A

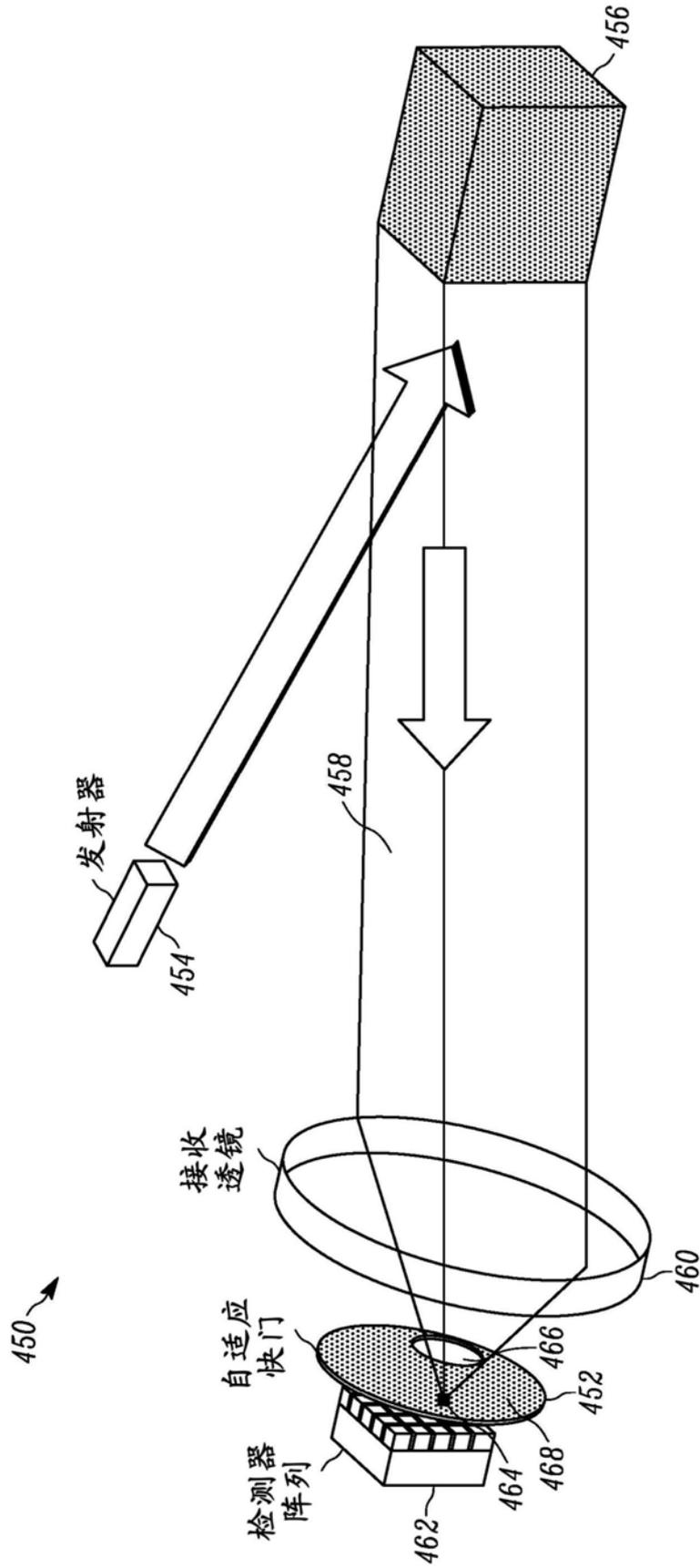


图4B

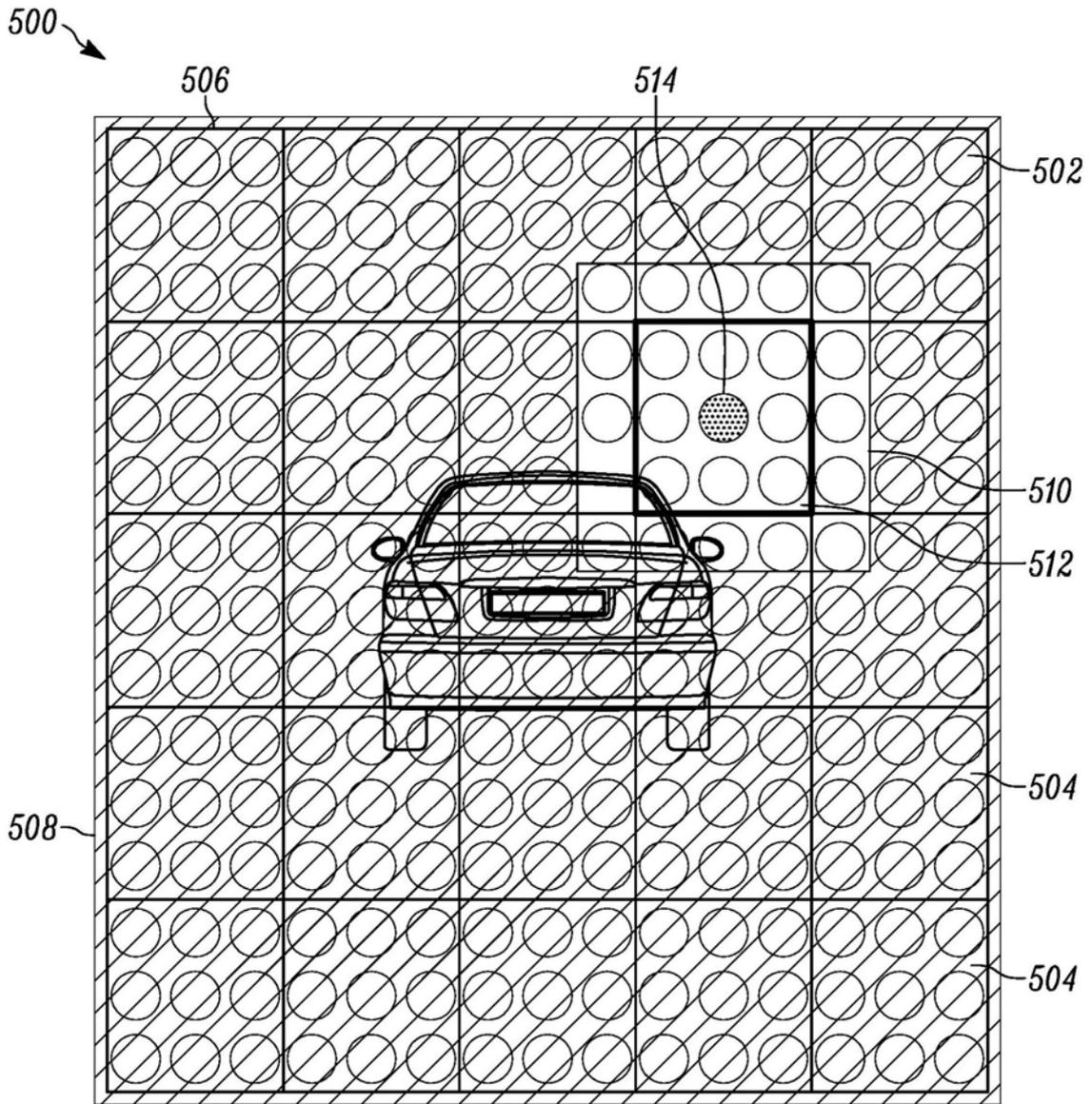


图5A

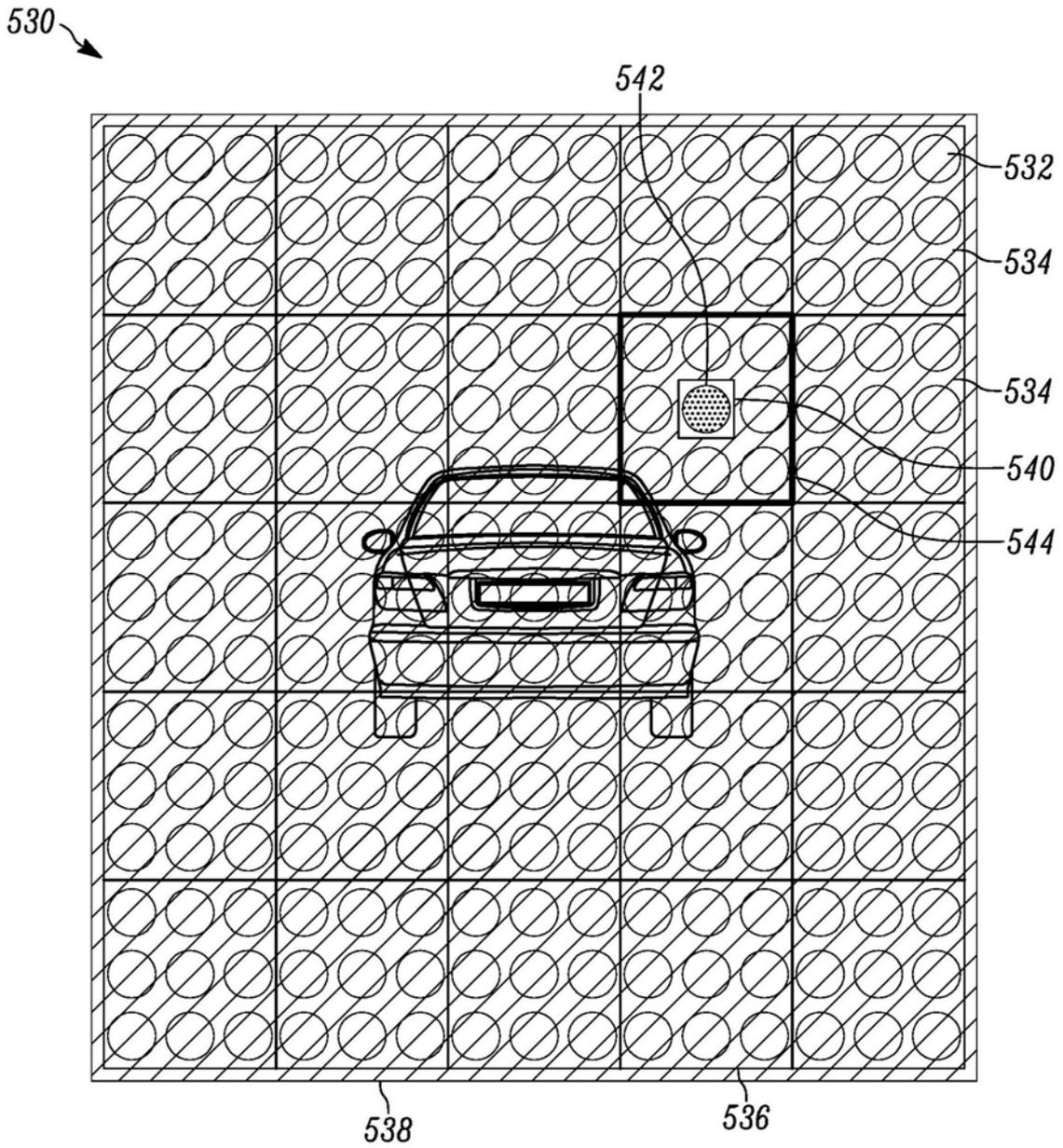


图5B

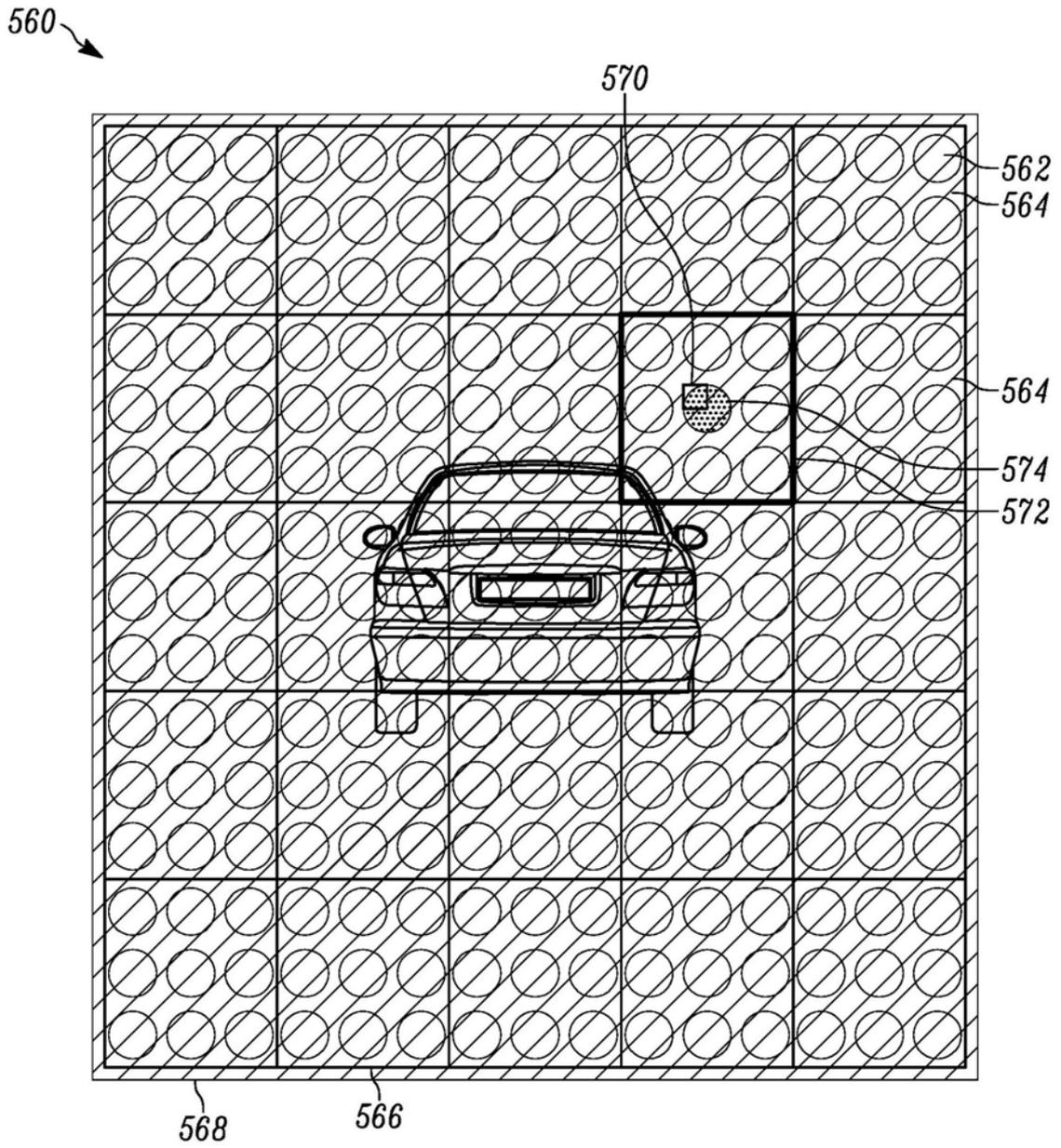


图5C

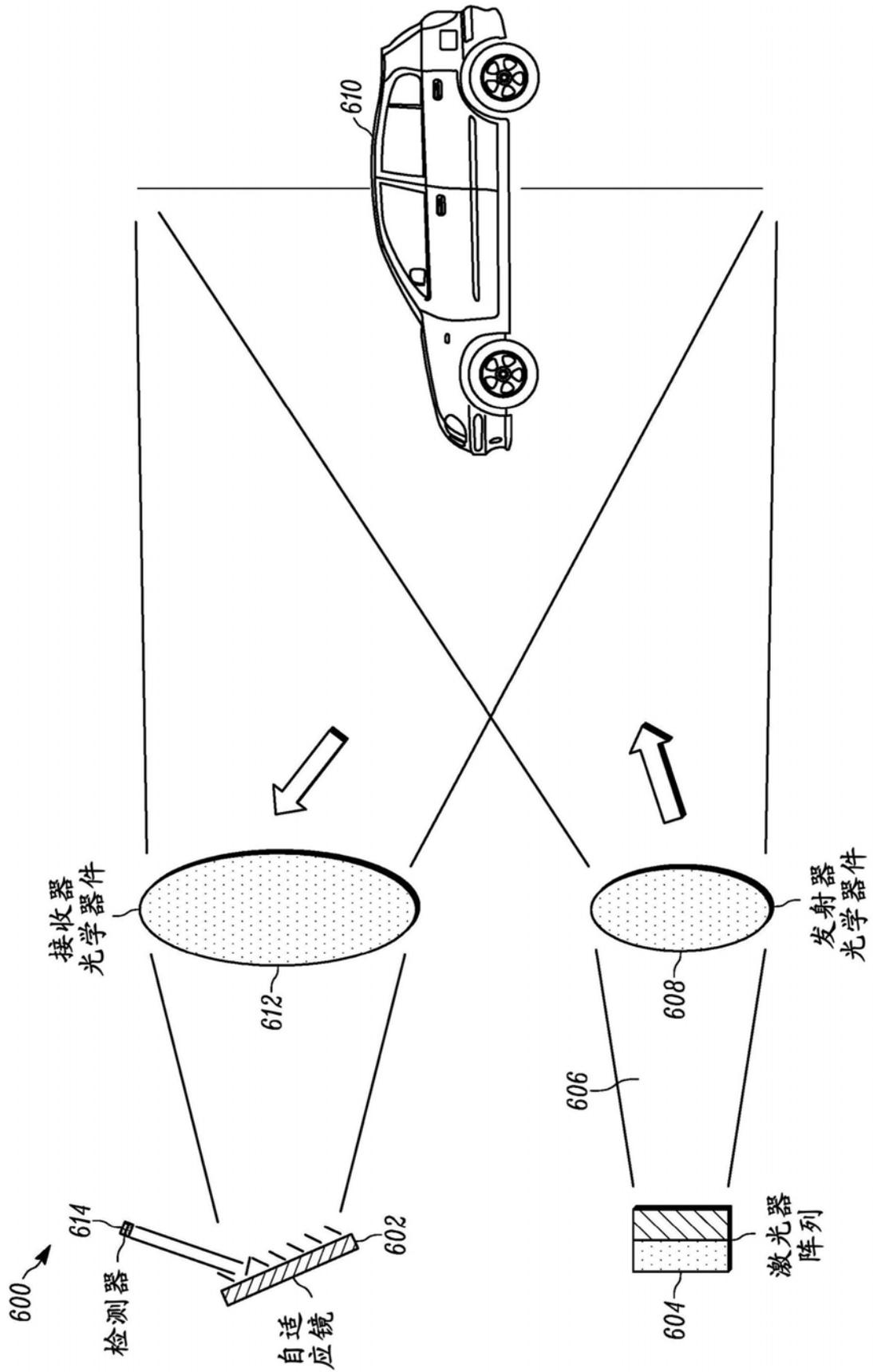


图6

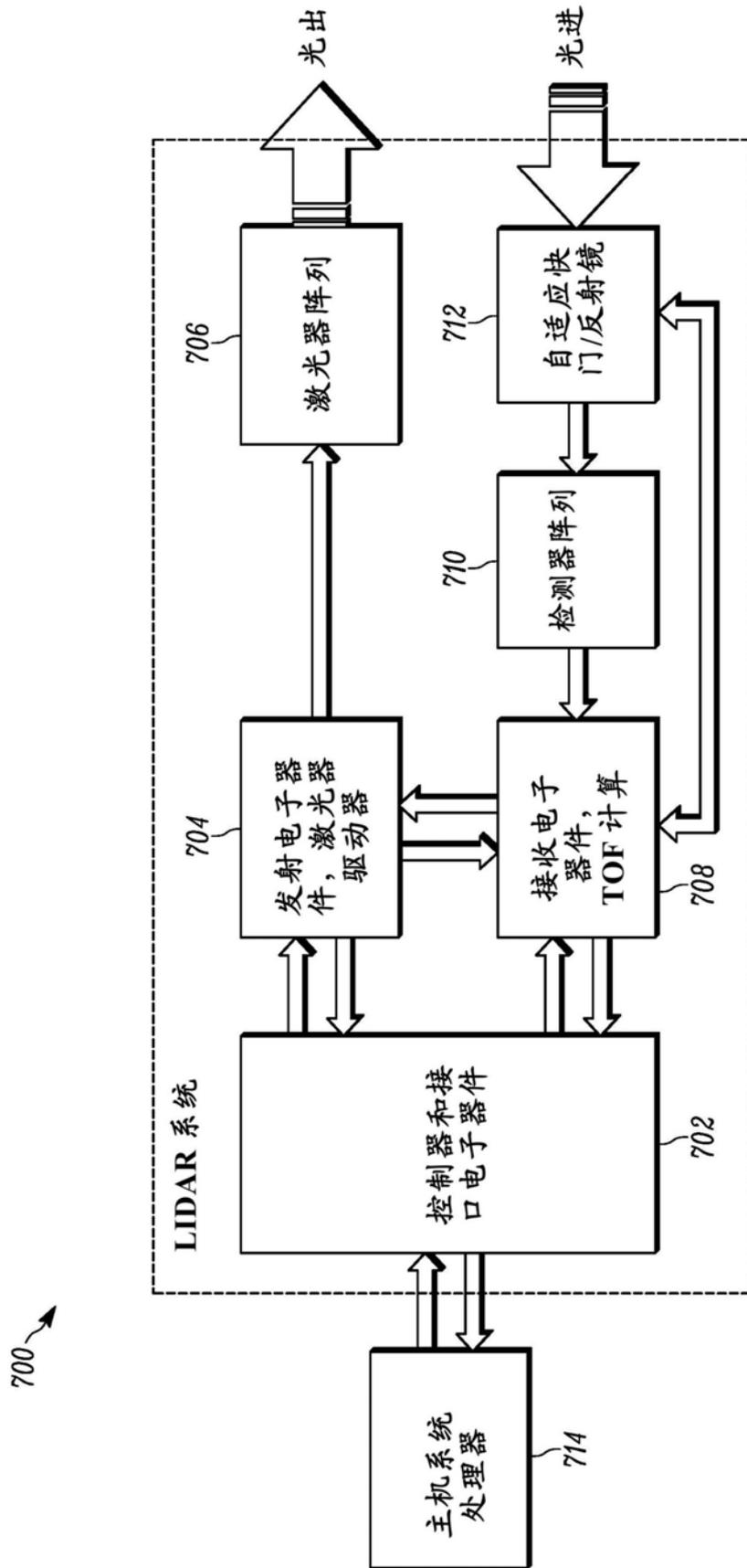


图7A

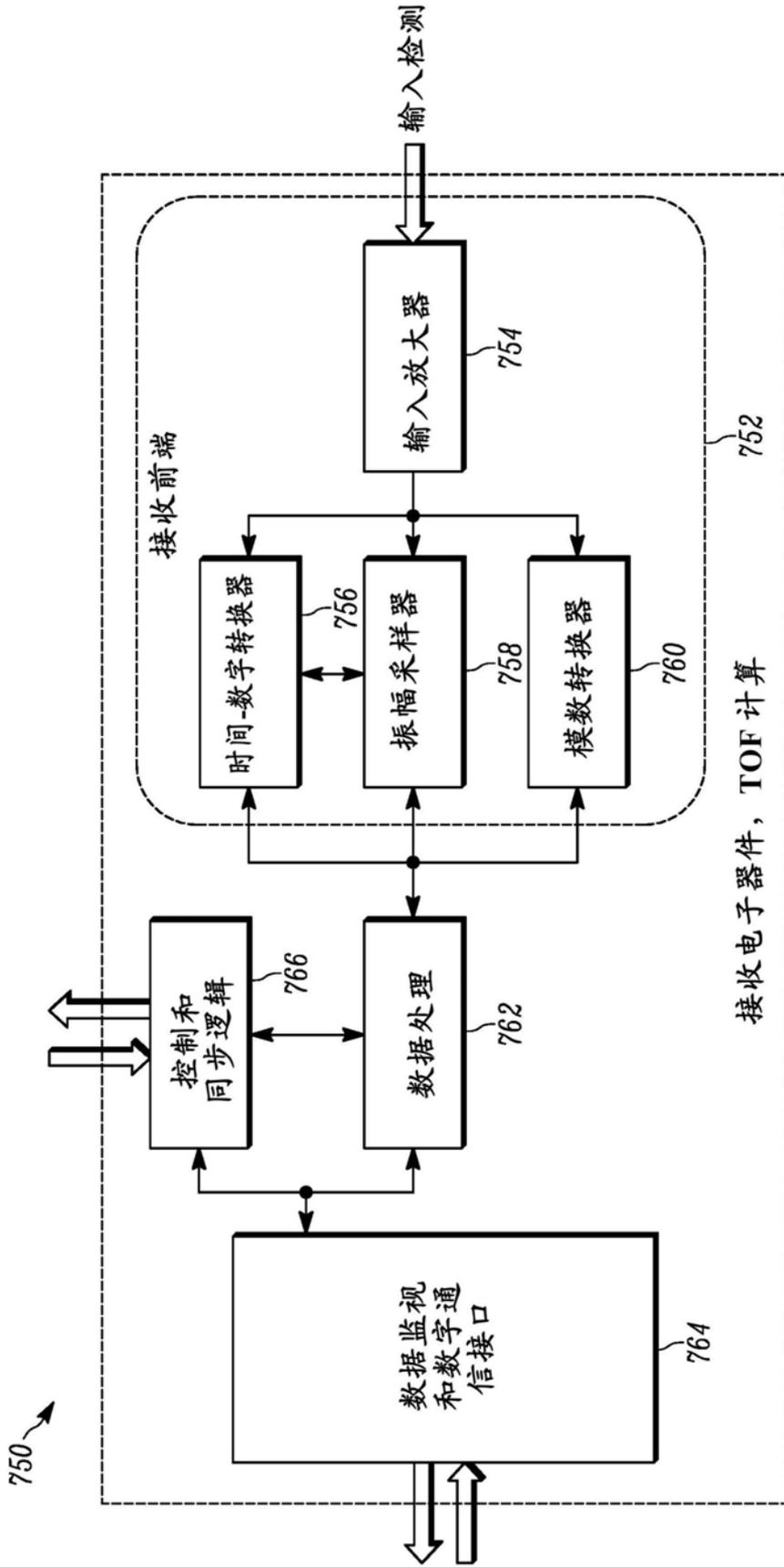


图7B

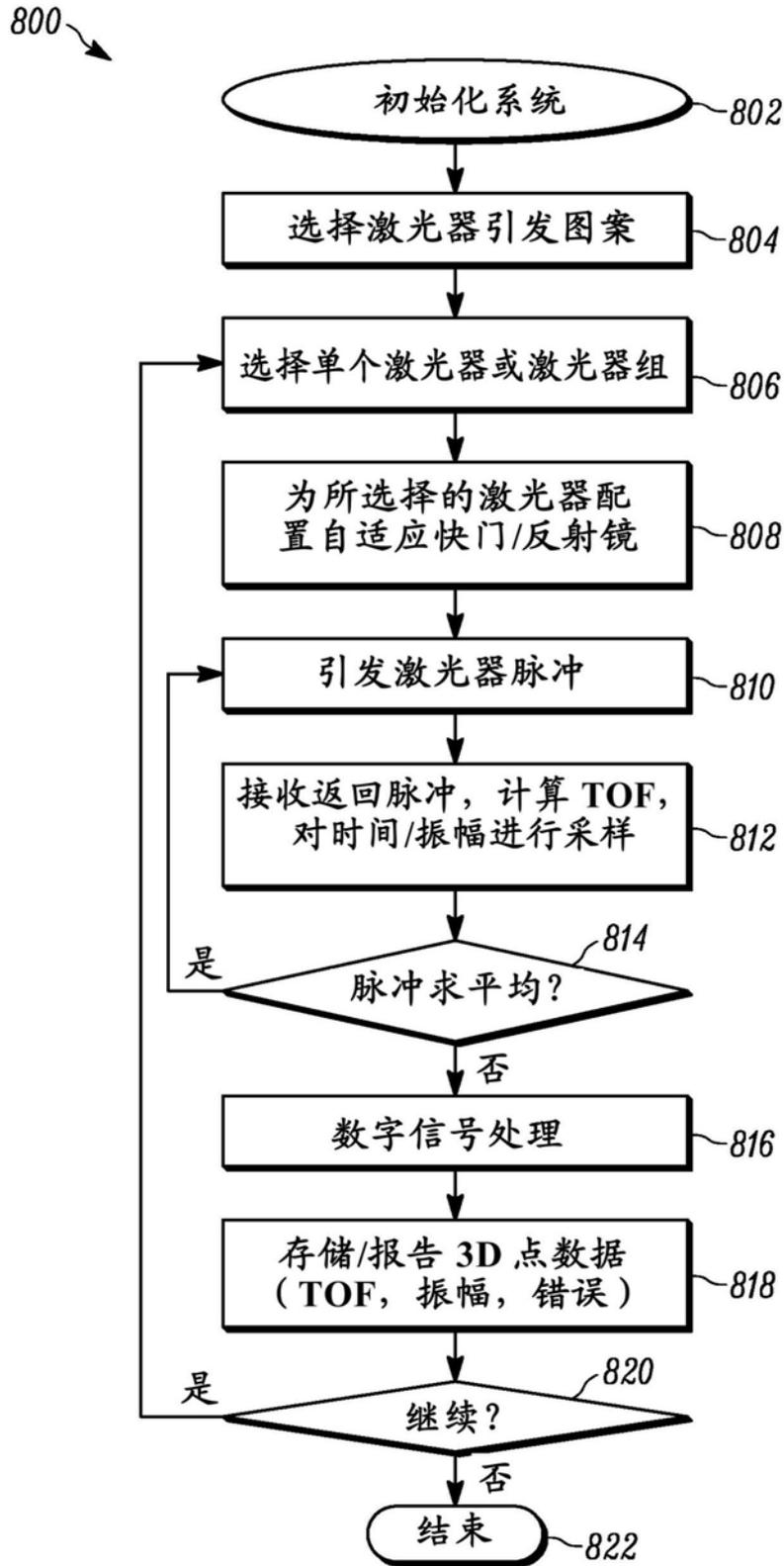


图8

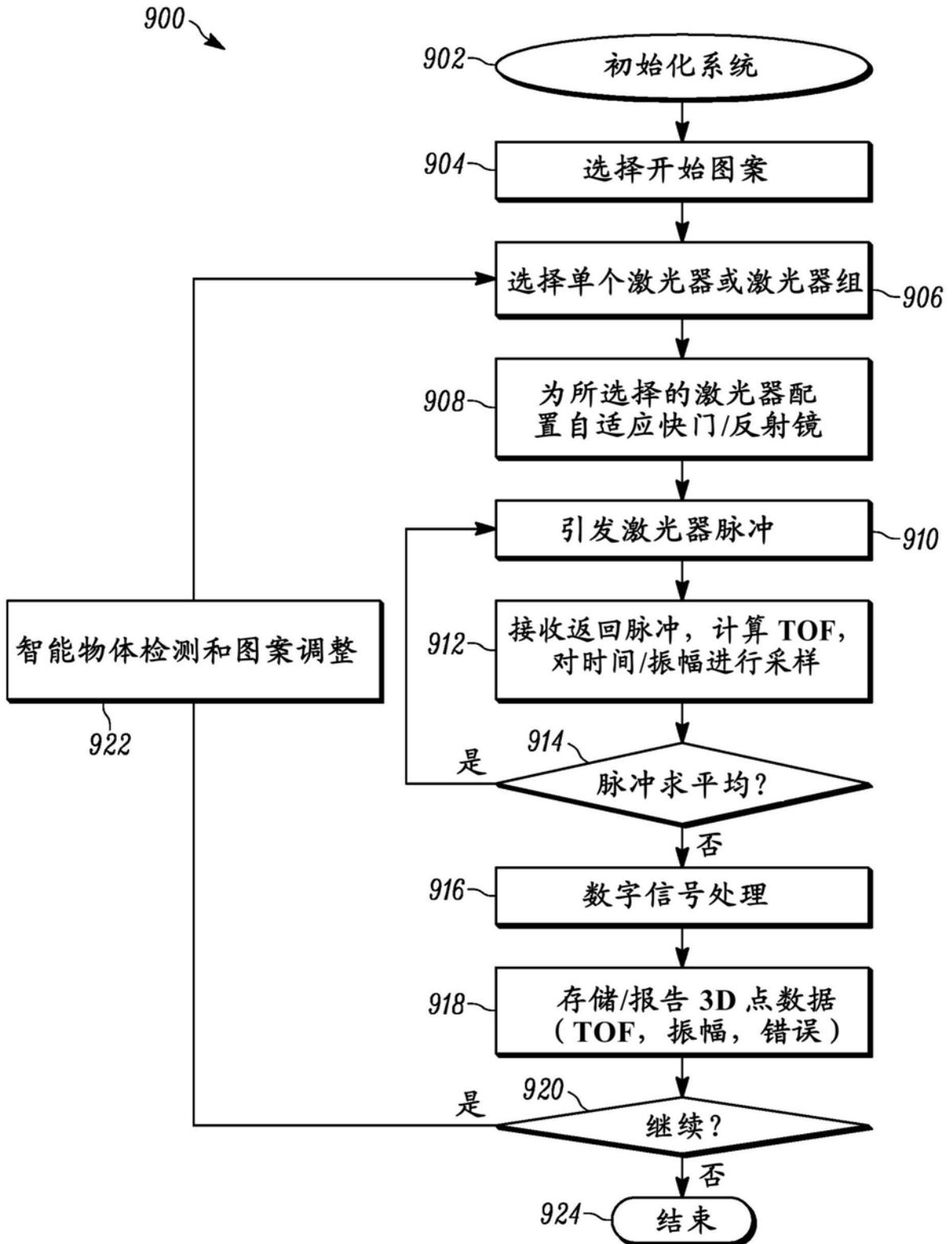


图9

1000 

参数	值
激光器的数量	1
水平 FOV	40°
垂直 FOV	25°
最大测量范围	150m
系统刷新率	30 Hz
水平角分辨率	0.2°
垂直角分辨率	0.2°

图10