



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110506220 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 15

(21) 申请号 201880014734.1

(22) 申请日 2018.01.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110506220 A

(43) 申请公布日 2019.11.26

(30) 优先权数据
62/440818 2016.12.30 US
62/477740 2017.03.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.08.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/012116 2018.01.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/182812 EN 2018.10.04

(73) 专利权人 图达通智能美国有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 鲍君威 李义民 张锐

(74) 专利代理机构 北京市汉坤律师事务所
11602

专利代理师 王菲 张涛

(51) Int.Cl.
G01S 17/88 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101201403 A, 2008.06.18
CN 103750814 A, 2014.04.30
CN 103792544 A, 2014.05.14
CN 205643711 U, 2016.10.12
US 2002136251 A1, 2002.09.26
US 2008074640 A1, 2008.03.27
US 2008192228 A1, 2008.08.14
US 2013314694 A1, 2013.11.28
US 2015109603 A1, 2015.04.23
WO 2006088822 A2, 2006.08.24
WO 2010000751 A1, 2010.01.07
WO 2004065984 A1, 2004.08.05
US 2016259038 A1, 2016.09.08 (续)

审查员 张蜜儿

权利要求书4页 说明书15页 附图12页

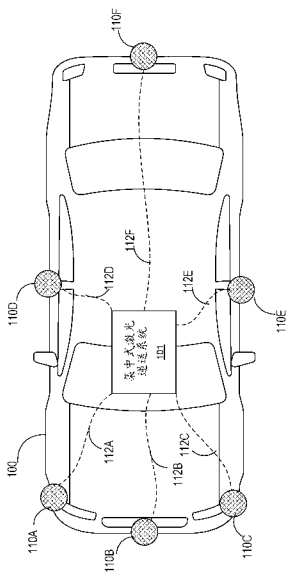
(54) 发明名称

多波长LiDAR设计

(57) 摘要

一种用于使得能够进行光检测和测距 (LiDAR) 扫描的方法由被布置或包括在交通工具中的系统来执行。所述方法包括接收第一激光信号。所述第一激光信号具有第一波长。所述方法进一步包括基于第一激光信号来生成第二激光信号。所述第二激光信号具有第二波长。所述方法进一步包括基于第二激光信号来提供多个第三激光信号; 以及将所述多个第三激光信号中的对应第三激光信号递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。LiDAR扫描仪中的每一个被布置在交通工具的分离的位置处, 使得LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围。LiDAR系统也可以使用

多波长来提供其它益处。



CN 110506220 B

[接上页]

(56) 对比文件

CA 2629319 A1, 2007.07.26
WO 2016162010 A1, 2016.10.13
US 2016003946 A1, 2016.01.07
US 2009051926 A1, 2009.02.26
CN 102648112 A, 2012.08.22
US 9086273 B1, 2015.07.21
US 2009147239 A1, 2009.06.11

CN 105490140 A, 2016.04.13

CN 1918466 A, 2007.02.21

CN 101034155 A, 2007.09.12

雷鸣, 吴琳琳, 刘生峰. 激光辅助智能车障碍物探测方法研究.《西安工业大学学报》.2015, 第35卷(第1期), 第39-44页.

陈利; 贾友; 张尔严. 激光雷达技术及其应用. 河南理工大学学报(自然科学版). 2009, (第05期), 全文.

1. 一种用于使得能够进行光检测和测距 (LiDAR) 扫描的方法, 所述方法由被布置或包括在安装对象中的系统来执行, 所述系统能够从单个激光源向多个LiDAR扫描仪提供激光信号, 所述方法包括:

接收第一激光信号, 所述第一激光信号具有第一波长, 其中所述第一波长在可由第一类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围内, 并且在可由第二类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围之外; 以及

修改所述第一激光信号来生成经修改的激光信号, 所述经修改的激光信号具有第二波长, 其中所述第二波长在可由所述第一类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围之外, 并且在可由所述第二类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围内;

划分所述经修改的激光信号以生成多个信号; 以及

将所述多个信号递送到安装在所述安装对象上或在所述安装对象附近的多个第二类型的LiDAR扫描仪, 其中所述多个信号中的每一个被递送到所述多个第二类型的LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述多个第二类型的LiDAR扫描仪中的每一个被布置在所述对象的分离的位置处, 使得所述多个第二类型的LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一个第二类型LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围。

3. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述第一波长是大约1550nm, 并且所述第二波长是大约775nm。

4. 根据权利要求1所述的方法, 其中修改所述激光信号来生成所述经修改的激光信号包括使用温度控制的周期性极化铌酸锂晶体。

5. 根据权利要求1所述的方法, 其中可由所述第一类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围包括可由基于InGaAs或SiGe的雪崩光电二极管检测的波长范围。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其中可由所述第二类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围包括可由基于硅的雪崩光电二极管检测的波长范围。

7. 根据权利要求1所述的方法, 进一步包括:

在生成所述经修改的激光信号之前, 对所述激光信号进行调制。

8. 一种用于使得能够进行光检测和测距的系统, 所述系统能够从单个激光源向多个LiDAR扫描仪提供激光信号, 包括:

多个光检测和测距 (LiDAR) 扫描仪, 其中所述多个LiDAR扫描仪中的每一个被布置在安装对象的分离的位置处, 使得所述多个LiDAR扫描仪中的每一个被配置成扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围;

频率修改器, 其被配置成:

接收由激光源发射的第一激光信号, 所述第一激光信号具有第一波长, 其中所述第一波长在可由第一类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围内, 并且在可由第二类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围之外;

通过修改所述第一激光信号来生成经修改的激光信号, 所述经修改的激光信号具有第二波长, 其中所述第二波长在可由所述第一类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围之外, 并且在可由所述第二类型的LiDAR扫描仪检测的波长范围内, 并且所述多个LiDAR扫描仪是多个第二类型的LiDAR扫描仪。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中所述系统用于与交通工具一起使用,或者被集成在交通工具中。

10. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述系统被布置在其中或与之集成的安装对象包括以下各项中的至少一个:

机器人;

启用安全监控的建筑物,其中所述多个LiDAR扫描仪被布置在建筑物的多个位置处;或
启用交通监控的道路,其中所述多个LiDAR扫描仪被布置在道路的多个交叉点或位置处。

11. 根据权利要求8所述的系统,其中所述系统包括第一激光和第二激光的混合配置,所述第二激光当所述激光信号或所述经修改的激光信号被所述系统中的不同LiDAR扫描仪共享时具有经修改的频率。

12. 根据权利要求8所述的系统,其中所述激光源可配置成以时间交错的方式被共享。

13. 根据权利要求8所述的系统,其中所述激光源可配置成基于所述多个LiDAR扫描仪中的一个LiDAR扫描仪的暗时间而被时间交错。

14. 根据权利要求8所述的系统,其中所述激光源可配置成基于由于外部环境所致的所述多个LiDAR扫描仪中的一个LiDAR扫描仪的优先级而被时间交错。

15. 一种计算机实现的方法,包括:

在具有光源和光检测器的光检测和测距(LiDAR)系统中,其中所述系统能够由单个光源来提供多个脉冲信号:

通过使用所述光源来以第一波长传送第一脉冲信号并且以不同于所述第一波长的第二波长来传送第二脉冲信号,所述第一波长被修改以生成所述第二波长,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号被同时或相继地传送;

通过使用所述光检测器来检测第一返回的脉冲信号,其对应于第一脉冲信号或第二脉冲信号;

基于第一返回的脉冲信号的波长来确定所返回的脉冲信号是对应于第一脉冲信号还是第二脉冲信号;

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第一脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第一范围;以及

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第二脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第二脉冲信号的定时来确定第二范围。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号以第一时间间隔而分离。

17. 根据权利要求15所述的方法,其中第一脉冲信号具有第一幅度,并且第二脉冲信号具有不同于第一幅度的第二幅度。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中第一幅度大于第二幅度。

19. 根据权利要求15所述的方法,所述光源进一步包括光纤,所述光纤在所述第一波长下具有第一增益特性,并且在所述第二波长下具有不同于第一增益特性的第二增益特性。

20. 根据权利要求15所述的方法,进一步包括:

通过使用所述光源来以所述第二波长传送第三脉冲信号并且以所述第一波长来传送

第四脉冲信号,第三脉冲信号以第二时间间隔与第二脉冲信号分离,并且第四脉冲信号以不同于第二时间间隔的第三时间间隔与第一脉冲信号分离;

通过使用所述光检测器来检测第二返回的脉冲信号,其对应于第三脉冲信号或第四脉冲信号;

基于第二返回的脉冲信号的波长来确定第二返回的脉冲信号是对应于第三脉冲信号还是第四脉冲信号;

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第三脉冲信号,基于接收到第三返回的脉冲信号和传送第三脉冲信号的定时来确定第三范围;以及

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第四脉冲信号,基于接收到第二返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第四范围。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中第三时间间隔大于第二时间间隔。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中所述光源包括第一种子和第二种子,所述第一种子被配置成以所述第一波长产生第一种子脉冲信号,所述第二种子被配置成以所述第二波长产生第二脉冲信号。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中所述光检测器包括第一检测器和第二检测器。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中二色性光学器件将具有所述第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器,并且将具有所述第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

25. 根据权利要求23所述的方法,其中色散元件将具有所述第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器,并且将具有所述第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中所述第一检测器和所述第二检测器共享透镜。

27. 一种光检测和测距 (LiDAR) 系统,所述系统能够由单个光源来提供多个脉冲信号,包括:

光源;

光检测器;

耦合到所述光源和所述光检测器的处理器;

利用计算机程序编码的存储器,所述计算机程序用于通过使用具有不同波长的脉冲信号来检测距对象的范围,所述计算机程序包括可由处理器执行以用于进行以下各项的指令:

通过使用所述光源来以第一波长传送第一脉冲信号并且以不同于所述第一波长的第二波长来传送第二脉冲信号,所述第一波长被修改以生成所述第二波长,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号被同时或相继地传送;

通过使用所述光检测器来检测第一返回的脉冲信号,其对应于第一脉冲信号或第二脉冲信号;

基于第一返回的脉冲信号的波长来确定所返回的脉冲信号是对应于第一脉冲信号还是第二脉冲信号;

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第一脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第一范围;以及

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第二脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第二脉冲信号的定时来确定第二范围。

28.根据权利要求27所述的LiDAR系统,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号以第一时间间隔而分离。

29.根据权利要求27所述的LiDAR系统,其中第一脉冲信号具有第一幅度,并且第二脉冲信号具有不同于第一幅度的第二幅度。

30.根据权利要求29所述的LiDAR系统,其中第一幅度大于第二幅度。

31.根据权利要求27所述的LiDAR系统,所述光源进一步包括光纤,所述光纤在所述第一波长下具有第一增益特性,并且在所述第二波长下具有不同于第一增益特性的第二增益特性。

32.根据权利要求27所述的LiDAR系统,所述计算机程序进一步包括可由处理器执行以用于以下各项的指令:

通过使用所述光源来以所述第二波长传送第三脉冲信号并且以所述第一波长来传送第四脉冲信号,第三脉冲信号以第二时间间隔与第二脉冲信号分离,并且第四脉冲信号以不同于第二时间间隔的第三时间间隔与第一脉冲信号分离;

通过使用所述光检测器来检测第二返回的脉冲信号,其对应于第三脉冲信号或第四脉冲信号;

基于第二返回的脉冲信号的波长来确定第二返回的脉冲信号是对应于第三脉冲信号还是第四脉冲信号;

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第三脉冲信号,基于接收到第三返回的脉冲信号和传送第三脉冲信号的定时来确定第三范围;以及

根据确定了所返回的脉冲信号对应于第四脉冲信号,基于接收到第二返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第四范围。

33.根据权利要求32所述的LiDAR系统,其中第三时间间隔大于第二时间间隔。

34.根据权利要求27所述的LiDAR系统,其中所述光源包括第一种子和第二种子,所述第一种子被配置成以所述第一波长产生第一种子脉冲信号,所述第二种子被配置成以所述第二波长产生第二脉冲信号。

35.根据权利要求27所述的LiDAR系统,其中所述光检测器包括第一检测器和第二检测器。

36.根据权利要求35所述的LiDAR系统,其中二色性光学器件将具有所述第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器,并且将具有所述第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

37.根据权利要求35所述的LiDAR系统,其中色散元件将具有所述第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器,并且将具有所述第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

38.根据权利要求37所述的LiDAR系统,其中所述第一检测器和所述第二检测器共享透镜。

多波长LiDAR设计

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请对2016年12月30日提交的题为“Frequency Modified Laser For Centralized Laser Delivery System In 3d Lidar Design And Fabrication”的序列号为62/440,818的美国临时专利申请、以及2017年3月28日提交的题为“Frequency Modified Laser For Centralized Laser Delivery System In 3d Lidar Design And Fabrication”的序列号为62/477,740的美国临时专利申请要求优先权。这些申请的内容在此通过引用被并入以用于所有目的。

技术领域

[0003] 本公开内容总体上涉及激光扫描,并且更特别地涉及在光检测和测距(LiDAR)系统中对多波长光脉冲的使用。

背景技术

[0004] LiDAR系统对光脉冲进行扫描,以创建外部环境的图像或点云。一些典型的LiDAR系统包括光源、脉冲操纵系统和光检测器。光源生成光脉冲,所述光脉冲当从LiDAR系统传送时被脉冲操纵系统在特定方向上检测到。当所传送的光脉冲被对象散射时,所散射的光中的一些返回到LiDAR系统,作为所返回的脉冲。光检测器检测所返回的脉冲。通过使用在光脉冲被传送之后检测到所返回的脉冲所花费的时间,LiDAR系统可以沿着所传送的光脉冲的路径来确定与对象的距离。通过使用沿着不同路径的许多光脉冲,创建了周围环境的图像或点云。

发明内容

[0005] 本公开内容的示例针对一种用于使得能够进行光检测和测距(LiDAR)扫描的方法。所述方法可以由被布置在交通工具中或被包括在交通工具中的集中式激光递送系统来执行。所述方法包括接收具有第一波长的第一激光射束。所述第一波长在可由多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外。所述方法还包括基于第一激光射束来生成第二激光射束。所述第二激光射束具有第二波长。所述第二波长在可由所述多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内。所述方法进一步包括基于第二激光射束来提供多个第三激光射束;以及将所述多个第三激光射束中的对应第三激光射束递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。每个LiDAR扫描仪被布置在交通工具的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一LiDAR扫描仪大体上(substantial)不同的空间范围。

[0006] 在一些实施例中,对于位于系统的不同位置中的LiDAR扫描仪而言,所述系统在检测范围和刷新速率上的配置可以不同(例如,显著不同)。在一些示例中,激光系统可以用混合方式来配置。一些LiDAR扫描仪可以接收第一激光,并且一些LiDAR扫描仪可以接收经频率修改的第二激光。在该种类的混合激光系统中,例如,具有第一激光的LiDAR扫描仪中的检测器可能不响应于或检测与第二激光相关联的光,这是由于不同的响应波长范围所致;

并且类似地,具有第二激光的LiDAR扫描仪中的检测器可能不响应于或检测与第一激光相关联的光,这是由于不同的响应波长范围所致。在这种种类的配置中,在单个系统内的LiDAR扫描仪之间的串音(cross talk)可以被减小或最小化。

[0007] 此外,在一些实施例中,来自第一激光或第二激光的激光功率除了以固定的百分比而分布在每个扫描仪之间以外还可以用时间交错的方式被共享。每个扫描仪的占空比如果不在360度扫描中的话则它可以根据每个扫描仪的暗时间来确定,或者根据不同场景中的不同优先级来确定。在一些实施例中,由于单模光纤的受限的芯尺寸,如果要求射束品质和/或射束发散满足预定条件(例如设计规范),则由于光纤的该固有非线性效应,激光的峰值功率可能是受限的。为了适应该情形,在一些示例中,局部功率提升器可以被添加到系统以放大扫描仪位置处的激光功率,用以在递送光脉冲时避免超出功率限制。虽然以下描述使用交通工具作为示例,但是集中式激光递送系统和多个LiDAR可以被布置在以下各项中或与以下各项集成:机器人、用于安全监控目的的建筑物的多个位置、或者用于交通监控的道路的交叉点或某个位置等等。

[0008] 在本技术的另一实施例中,具有光源和光检测器的光检测和测距(LiDAR)系统通过使用所述光源来以第一波长传送第一脉冲信号并且以不同于第一波长的第二波长来传送第二脉冲信号。第一脉冲信号和第二脉冲信号被同时或相继地传送。所述光检测器检测第一返回的脉冲信号,其对应于第一脉冲信号或第二脉冲信号。LiDAR系统基于第一返回的脉冲信号的波长来确定所返回的脉冲信号是对应于第一脉冲信号还是第二脉冲信号。根据确定了所返回的脉冲信号对应于第一脉冲信号,LiDAR系统基于接收到所返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第一范围。根据确定了所返回的脉冲信号对应于第二脉冲信号,LiDAR系统基于接收到所返回的脉冲信号和传送第二脉冲信号的定时来确定第二范围。

附图说明

[0009] 图1A图示了被布置或被包括在交通工具中的示例性集中式激光递送系统和多个LiDAR扫描仪。

[0010] 图1B图示了根据本公开内容的示例的使得能够实现多个LiDAR扫描的示例性集中式激光递送系统的框图。

[0011] 图2图示了根据本公开内容的示例的示例性频率修改器。

[0012] 图3图示了根据本公开内容的示例的示例性循环器。

[0013] 图4A图示了根据本公开内容的示例的另一示例性集中式激光递送系统的框图。

[0014] 图4B图示了根据本公开内容的示例的另一示例性集中式激光递送系统的框图。

[0015] 图5图示了由被布置或被包括在交通工具中的集中式激光递送系统所执行的方法的示例性流程图。

[0016] 图6图示了示例性LiDAR系统。

[0017] 图7-11描绘了根据本技术的一些实施例的使用多波长的各种示例性LiDAR系统。

[0018] 图12描绘了示例性光源。

[0019] 图13描绘了针对波长范围的光纤增益简档。

具体实施方式

[0020] 在示例的以下描述中,参考了形成本文的一部分的附图,并且在附图中,作为图示而示出了可以被实践的具体示例。要理解的是,可以使用其它示例,并且可以做出结构性改变而不脱离所公开的示例的范围。

[0021] 当前,单个LiDAR扫描仪典型地被布置在自主交通工具内或被布置在自主交通工具的车顶的顶部上,以检测在交通工具的邻域中的对象。LiDAR扫描仪进行旋转以操纵激光射束来检测交通工具周围的对象。单个LiDAR扫描仪的检测覆盖和分辨率可能不令人满意或可能不满足对于全自动驾驶的要求。例如,单个LiDAR扫描仪可能仅仅检测位于距交通工具的某个距离处的对象,但是由于分辨率和检测覆盖限制而不能提供所述对象的进一步的信息(例如,高度、大小等等)。因而,通常期望的是具有多个LiDAR扫描仪。

[0022] 用于在交通工具上实现多个LiDAR扫描仪的当前技术可能需要每个LiDAR扫描仪具有其自己的激光源和光电检测器。随着LiDAR扫描仪的数目增加,这可能导致昂贵的系统,并且还可能功率效率的损失。因而,存在对于集中式激光递送系统的需要,所述集中式激光递送系统可以从单个激光源向多个LiDAR扫描仪提供激光信号。在光学传送中,可以针对具有例如大约1550nm的波长的激光信号执行激光信号的路由或递送。经常在光学电信中使用具有大约1550nm的波长的激光信号,以用于长距离信号传送并且用于数据调制。然而,检测1550nm波长的激光信号需要昂贵的InGaAs雪崩光电检测器(APD)。InGaAs APD可能具有比典型的硅APD更低的检测灵敏度和品质,所述硅APD更经常地被用作LiDAR扫描仪中的检测器。在一些示例中,InGaAs APD在标称操作条件下可具有 10^{-14} W/sqrt(Hz)的典型噪声等效功率、以及大约为10的固有雪崩增益。进一步地,阵列化的InGaAs检测器可能不容易得到。在另一方面,在1550nm波长带中,脉冲光纤激光或经光纤耦合的激光可具有良好的射束品质(例如 $M^2 < 1.2$);并且典型的峰值功率可以是大约2kW,其具有来自大约1-5ns的可调谐脉冲宽度。此外,在1550nm波长带中操作的设备的经光纤耦合的性质在组装过程中需要最小对准或者不需要任何对准,从而增强了可靠性和鲁棒性。

[0023] LiDAR设备典型地在大约600-1000nm或更特别地大约760-940nm的波长带内操作。在该波长带中,经常使用Si-APD和二极管激光。Si-APD具有比InGaAs APD更好的检测灵敏度和检测限制;并且相对不昂贵。例如,Si-APD在标称操作条件下可具有大约 10^{-15} W/sqrt(Hz)的典型噪声等效功率、以及大约为100的固有雪崩增益。Si-APD还可以用于容易地形成线性或2D检测器阵列。在一些示例中,基于Si的检测器的频谱可以是400nm到1100nm。此外,在该频谱范围内操作的典型的高功率脉冲二极管激光在具有三层或四层微堆叠结构的情况下可具有905nm的波长以及75W的最大峰值功率。典型的激光脉冲宽度是大约5-50nm。进一步地,在该波长带内操作的典型的高功率脉冲二极管激光由于其像散(astigmatic)性质而可能具有比脉冲光纤激光或经光纤耦合的激光的激光射束品质更差的激光射束品质(例如, M^2 是大约30)。

[0024] 因而,存在对于集中式激光递送系统的需要,所述集中式激光递送系统可以使用由基于高品质光纤的激光所提供的1550nm波长激光信号来执行数据调制、以及向多个LiDAR扫描仪的激光信号递送,同时使用高品质Si-APD,所述高品质Si-APD在大约760-940nm的波长下操作以获得高检测灵敏度。将基于光纤的激光与Si-APD组合可以改善3D LiDAR性能。3D LiDAR扫描仪可以检测并且分析对象或环境以收集对象的数据,诸如距离、

形状、尺寸、外观(例如颜色)等等。所收集的数据可以用于构造数字三维模型。此外,基于光纤的激光源可以显著地减小对准要求并且改善制造效率。进一步地,将具有经修改的波长(例如半波长)的基于光纤的激光与阵列化硅检测器组合还使得能够构建闪光类型的LiDAR,其可以避免或最小化常规LiDAR设计中的机械扫描。进一步地,集中式激光递送系统提供灵活的系统分区,其允许易碎的模块或子系统被布置在受控环境内。这减小了总体系统要求。例如,激光光源可以被安装在交通工具客舱内;并且传感器的激光光操纵部分可以被安装在车顶上、挡风玻璃后面、或被嵌入在保险杠中。

[0025] 图1A图示了被布置或被包括在交通工具100中的示例性集中式激光递送系统101和多个LiDAR扫描仪。如在图1中所示,集中式激光递送系统101和多个LiDAR扫描仪110A-F(共同作为LiDAR扫描仪110)被布置在交通工具100中。在一些实施例中,集中式激光递送系统101可以在预定位置处被布置在交通工具100处,或在预定位置处与所述交通工具100集成。所述预定位置可以在例如交通工具的中心处,使得所述多个LiDAR扫描仪110A-F均匀地分布在集中式激光递送系统101的预定位置周围以接收激光信号。在一些示例中,集中式激光递送系统101还可以被布置在方便的位置处,诸如被布置在交通工具100的控制电路的领域中。要领会的是,集中式激光递送系统101可以被布置在交通工具100的任何所期望的位置中。

[0026] 在一些实施例中,取决于交通工具100的状态,集中式激光递送系统101可以将激光信号提供给所述多个LiDAR扫描仪110A-F中的一个或多个。例如,交通工具100可能向前移动并且因而可能需要检测位于交通工具100前方以及两侧的对象,但是可能不需要检测位于交通工具100后面的对象。因此,集中式激光递送系统101可以将激光信号提供给LiDAR扫描仪110A-E,而不是LiDAR扫描仪110F,所述LiDAR扫描仪110F被配置成检测位于交通工具100后面的对象。作为另一示例,交通工具100可能向后移动并且可能需要检测位于交通工具100后面的对象。因此,集中式激光递送系统101可以将激光信号提供给LiDAR扫描仪110F。

[0027] 在一些实施例中,集中式激光递送系统101可以通过使用一个或多个通道112A-F(共同作为通道112)来提供激光信号。通道112可以是例如光纤通道。通道112可以是柔性的,并且因而可以使得能够将激光信号路由或递送到交通工具100的任何LiDAR扫描仪。在一些实施例中,通道112可以包括单模光纤和/或多模光纤。通道112可以传送具有任何期望波长(例如,大约1550nm)的激光信号。激光信号是通过使用激光射束来承载信息的信号。激光信号可以包括一个或多个激光脉冲、光子或射束。激光信号可以是经调制或未经调制的。激光信号还可以具有任何波长和功率。

[0028] 图1B图示了根据本公开内容的示例的使得能够实现多个LiDAR扫描的示例性集中式激光递送系统101的框图。在一些实施例中,集中式激光递送系统101包括调制器102、频率修改器104、分离器(splitter)106和多个隔离器108A-E。调制器102可以从激光源(未示出)接收激光信号132。在一些示例中,激光信号132可以具有特定的波长(例如,1550nm)以用于减小或最小化用于传送激光信号的通道的损耗或吸收。激光信号132可以包括例如1550nm的脉冲激光,所述脉冲激光由脉冲光纤激光或经光纤耦合的激光(例如,具有经光纤耦合的输出的自由空间体(free space bulk)激光)所提供。调制器102可以执行对激光信号132的编码。例如,调制器102可以执行开-关键控(OOK)调制。对激光信号132的编码还可

以使用伪随机位串行 (PRBS) 码来增强LiDAR扫描仪的抗干扰性。此外,分离器106可以被可配置的光学分插 (add-drop) 模块 (OADM)、光学开关、或可以被电控制的光学定向耦合器所替代。

[0029] 在一些实施例中,调制器102可以是光学调制器,其包括例如幅度调制器、相位调制器和/或偏振调制器。在一些示例中,调制器102可以是电光调制器,其包括一个或多个普克尔 (Pockel) 单元,以及可选地附加光学元件,诸如偏振器。在一些示例中,调制器102还可以是声光调制器或磁光调制器。

[0030] 在一些实施例中,如图1B中所示,可以由调制器102针对激光信号132执行调制,并且因此经调制的信号可以被提供给所有LiDAR扫描仪。在一些实施例中,如图3中所示,可以在由每个单独的通道传送到对应LiDAR扫描仪的激光信号上执行调制。因此,在每个单独的通道中所传送的激光信号具有不同的编码 (例如,使用不同的PRBS码),从而进一步增强了LiDAR扫描仪之间的抗干扰性。下面更详细地描述了图3。

[0031] 参考回到图1B,频率修改器104可以接收激光信号134 (经调制的信号) 或激光信号132 (未经调制的信号); 并且修改所接收的激光信号的频率 (或波长)。例如,激光信号134可以具有1550nm的波长,所述波长是用于光学电信的典型波长。在一些示例中,频率修改器104可以使激光信号134的频率加倍 (即,使波长减小一半)。因而,如果激光信号134具有大约1550nm的波长,则频率修改器104可以生成具有大约775nm的波长的激光信号136。在一些示例中,激光信号136可以具有在大约775-785nm范围内的波长,并且具有大约1.5kW的峰值功率。

[0032] 图2图示了示例性的频率修改器104,其可以包括温度控制的周期性极化铌酸锂 (PPLN) 晶体202。PPLN晶体可以用于执行非线性波长转换,诸如频率加倍、不同的频率生成、和频生成 (sum frequency generation)、四波混合、光学参数振荡和/或其它非线性过程。在一些实施例中,改变PPLN晶体的温度可以使输入光子的相位匹配条件变化,这更改了PPLN晶体中的极化的周期性。例如,通过将PPLN的温度改变成特定温度,频率修改器104可以基于具有大约1550nm波长的输入激光信号来生成具有大约775nm波长的激光信号。因而,激光信号的频率被有效地加倍。如上所述,775nm波长的激光信号在Si-APD的大约600-1000nm的检测范围内,并且因此可以被基于Si-APD的LiDAR扫描仪检测。在一些示例中,使用PPLN晶体的频率修改可以具有对于提供激光信号来实现LiDAR扫描的目的而言可接受或令人满意的转换效率 (例如,在大约500W峰值功率水平下为80-90%)。

[0033] 在一些实施例中,频率修改器104可以被放置在温度控制的环境中,所述温度控制的环境被布置在交通工具100内。例如,可以在烘箱 (oven) 中包含或隔离PPLN晶体,所述烘箱的温度可以被控制到预定温度或一温度范围。

[0034] 参考回到图1B,分离器106接收具有经修改的波长 (例如,大约775nm) 的激光信号136,并且可以基于激光信号136来生成多个激光信号138A-E。例如,如图1B中所示,分离器106可以将激光信号136划分成多个激光信号138A-E,其中的每一个都被提供给相应的隔离器108A-E。在一些实施例中,分离器106可以包括无源设备,诸如射束分离器 (例如,射束分离立方体、二色性镜像棱镜、或者镜或棱镜的任何期望布置)。分离器106还可以包括有源设备,所述有源设备提供经划分的激光信号的放大或增强。

[0035] 如图1B中所示,在一些实施例中,集中式激光递送系统101可以包括一个或多个隔

隔离器108A-E(共同作为隔离器108)。相应地,隔离器108A-E中的每一个可以接收对应的激光信号138A-E,并且可以提供输出激光信号142A-E。如上所述,激光信号138A-E中的每一个可以是经调制且经频率修改的信号。在一些示例中,隔离器108A-E允许在仅一个方向上传送激光信号。例如,隔离器108A允许将激光信号138A传送到LiDAR扫描仪110A,但是将会阻止向后行进到分离器106的任何激光信号或光。隔离器108A因而可以防止不想要的反馈,诸如散射或反射的激光信号或光。在一些示例中,隔离器108可以允许将返回信号递送到检测器。隔离器108可以包括以下各项中的一个或多个:偏振相关的隔离器、偏振无关的隔离器、和/或任何其它类型的隔离器。例如,偏振相关的隔离器可以包括输入偏振器、法拉第旋转器、和输出偏振器。偏振无关的隔离器可以包括输入双折射楔(wedge)、法拉第旋转器、和输出双折射楔。

[0036] 参考图1A和1B,在一些实施例中,激光信号142A-E中的每一个可以被提供给相应的LiDAR扫描仪110A-E,以用于执行激光扫描,从而检测交通工具100周围的对象。可以通过使用相应的通道112A-E来提供激光信号142A-E。如上所述,通道112A-E可以是例如光纤通道。通道112A-E是柔性的,并且因而可以使得能够将激光信号142A-E路由或递送到交通工具100的它们相应的LiDAR扫描仪。在一些示例中,通道112可以具有在数米范围内的长度。在一些示例中,LiDAR扫描仪110可以包括扫描光学器件(例如,双重振荡平面镜、多面镜、双轴扫描仪)、光电检测器(例如,Si-APD、SiMP)、接收器电子器件和/或定位和导航系统。要领会的是,在交通工具100中可以使用任何数目的隔离器108、LiDAR扫描仪110和通道112,以使得能够扫描期望范围的空间距离/角度以用于检测交通工具100周围的对象。

[0037] 参考图1B和3,在一些实施例中,可以结合集中式激光递送系统101使用一个或多个循环器。例如,一个或多个循环器可以被布置在隔离器108与LiDAR扫描仪110之间。循环器可以是非相互(non-reciprocal)的三端口或四端口设备(例如,波导循环器),其中进入任何端口的激光信号被传送到旋转中的下一个端口。循环器的端口是其中外部通道或波导连接到循环器的点。

[0038] 参考图3,循环器310可以用于构建同轴收发器。例如,如图3中所示,循环器310可以接收输入信号312,其可以是激光信号142(在图1B中示出)。循环器310可以将输入信号312旋转到下一个端口,并且传送扫描信号314以检测LiDAR扫描仪的检测范围内的对象。在扫描信号314遇到对象之后,返回信号316可以经由自由空间光学器件而被收集并且在循环器310的另一端口处被接收到,所述循环器310然后将返回信号316旋转到下一个端口以将信号318提供给检测器以用于进一步处理。检测器可以是Si-APD或硅光电倍增管(SiPM)检测器。SiPM检测器可以具有针对较短波长(例如,比大约905nm的典型LiDAR应用波长更短的波长)的良好响应性,并且用于进一步改善检测灵敏度。

[0039] 参考图1B,要领会的是,各种其它光学组件(诸如,组合器、光学放大器和/或高速幅度/相位调制器)也可以被布置在集中式激光递送系统101和/或LiDAR扫描仪110A内,或结合集中式激光递送系统101和/或LiDAR扫描仪110A来使用。

[0040] 例如,在某些境况下,当由于扫描范围要求而需要额外的激光功率时,可以将局部功率提升器添加到LiDAR扫描仪的附近位置(例如,在扫描仪110A-E中的一个或多个的位置处或所述位置附近)。

[0041] 图4A图示了根据本公开内容的示例的另一示例性集中式激光递送系统401的框

图。如图4A中所示,集中式激光递送系统401可以包括分离器406、多个调制器402A-E(共同作为调制器402)、多个频率修改器404A-E(共同作为频率修改器404)以及多个隔离器408A-E(共同作为隔离器408)。分离器406、调制器402、和隔离器408可以类似于以上结合图1B所描述的那些,并且因此不进行重复描述。

[0042] 在一些实施例中,在集中式激光递送系统401中,分离器406可以被布置在调制器402和频率修改器404之前。例如,分离器406可以从激光源(未示出)接收激光信号432,其可以具有大约1550nm的波长。基于激光信号432,分离器406可以生成多个激光信号434A-E,其中的每一个分别被提供给调制器402A-E。通过将分离器406布置在调制器402A-E中的每一个之前,被提供给每个LiDAR扫描仪的激光信号可以被单独地调制。例如,由相应的调制器402A-E所生成的激光信号436A-E中的每一个可以具有不同的编码,并且进而每个LiDAR扫描仪可以被提供有带不同编码(例如,利用不同的伪随机位串行(PRBS)码进行编码)的激光信号。针对每个LiDAR扫描仪单独地对激光信号进行编码可增强LiDAR扫描仪的抗干扰性。例如,相邻的LiDAR扫描仪(例如,图1A中所示的LiDAR扫描仪110A和110B)可能具有部分重叠的扫描范围,使得不期望的返回信号可能被相邻的LiDAR扫描仪接收到。这些不期望的返回信号可能干扰相邻的LiDAR扫描仪。通过针对每个LiDAR扫描仪单独地对激光信号进行编码,可以减小来自不期望的返回信号的干扰。

[0043] 参考图4A,经单独调制的激光信号436A-E可以被提供给相应的频率修改器404A-E。频率修改器404A-E可以分别生成激光信号438A-E。激光信号438A-E可具有与激光信号436A-E的波长不同的波长。例如,激光信号436A-E可具有大约1550nm的波长,而激光信号438A-E可具有大约775nm的波长。激光信号438A-E然后可以分别被提供给隔离器408A-E,并且进而被提供给相应的LiDAR扫描仪。在图4A中,分离器406可以是例如OADM、开关或定向耦合器。根据系统和局部扫描仪要求,可以将频率修改器404A-E保持在适当的地方或者将其移除。

[0044] 要领会的是,除了在集中式激光递送系统101或401中所示的配置之外,集中式激光递送系统可具有各种不同的配置。例如,图4B图示了根据本公开内容的示例的另一示例性集中式激光递送系统451的框图。在图4B中,单个频率修改器454可以被布置在分离器456和调制器452A-E之前。频率修改器454可以接收由基于光纤的激光源所提供的1550nm激光信号,并且生成具有大约775-785nm波长的激光信号463。在该配置中,可以仍在被提供给每个单独的LiDAR扫描仪的每个激光信号上执行调制,而同时减小所需要的频率修改器的数目。此外,分离器456可以被例如可配置的OADM、光学开关、或可以被电控制的光学定向耦合器所替代。

[0045] 图5图示了根据本公开内容的示例的用于使得能够进行光检测和测距(LiDAR)扫描的示例性过程500。在框502处,接收第一激光信号。在一些示例中,第一激光信号具有第一波长(例如,大约1550nm),并且第一波长在可由多个LiDAR扫描仪检测的波长范围(例如,600nm-1000nm)之外。

[0046] 在框504处,基于第一激光信号来生成第二激光信号。在一些示例中,第二激光信号具有第二波长(例如,大约775nm),并且第二波长在可由所述多个LiDAR扫描仪检测的波长范围(例如,大约600nm-1000nm)内。在一些示例中,可由多个LiDAR扫描仪检测的波长范围(例如,大约600nm-大约1000nm)包括可由基于硅的雪崩光电二极管检测的波长范围。在

一些示例中,在生成第二激光信号之前,对第一激光信号进行调制。

[0047] 在框506处,可以基于第二激光信号而提供多个第三激光信号。可以通过使用分离器来提供第三激光信号。在框508处,所述多个第三激光信号中的对应第三激光信号可以被递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。在一些示例中,LiDAR扫描仪中的每一个被布置在交通工具的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围。

[0048] 因此,根据上文,本公开内容的一些示例针对一种用于使得能够进行光检测和测距(LiDAR)扫描的方法,所述方法由被布置或包括在交通工具中的系统来执行,所述方法包括:接收第一激光信号,所述第一激光信号具有第一波长,其中所述第一波长在可由多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外;基于第一激光信号来生成第二激光信号,所述第二激光信号具有第二波长,其中所述第二波长在可由所述多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内;基于第二激光信号来提供多个第三激光信号;以及将所述多个第三激光信号中的对应第三激光信号递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。其中LiDAR扫描仪中的每一个被布置在交通工具的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围。

[0049] 本公开内容的一些示例针对一种用于使得能够进行光检测和测距的系统,所述系统被布置或被包括在交通工具中,所述系统包括:多个光检测和测距(LiDAR)扫描仪,其中LiDAR扫描仪中的每一个被布置在交通工具的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个被配置成扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围;频率修改器,其被配置成接收由激光源发射的第一激光信号,所述第一激光信号具有第一波长,其中所述第一波长在可由多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外;基于第一激光信号来生成第二激光信号,所述第二激光信号具有第二波长,其中所述第二波长在可由所述多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内;光学地耦合到频率修改器的分离器,所述分离器被配置成基于第二激光信号来提供多个第三激光信号;以及多个激光递送通道,其中所述激光递送通道中的每一个被配置成将所述多个第三激光信号中的对应第三激光信号递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。

[0050] 多波长光脉冲还可以用于在LiDAR系统中提供其它优点。一些LiDAR系统使用光的飞行时间来确定在所述光的路径中距对象的距离。例如,参考图6,LiDAR系统600(其包括例如激光递送系统(例如,激光源,诸如光纤激光)、射束操纵系统(例如,一个或多个镜的系统)、以及光检测器系统(例如,具有一个或多个光学器件的光子检测器))沿着如通过系统600的LiDAR扫描仪的操纵所确定的路径604来传送光脉冲602。当光脉冲602到达对象606时,光脉冲608将沿着路径610被反射回到系统600。可以测量(例如,通过处理器或LiDAR系统内的其它电子器件)从所传送的光脉冲602离开LiDAR系统600时到所返回的脉冲608到达回到LiDAR系统600时的时间。与光速的知识相组合的该飞行时间可以用于确定从LiDAR系统600到对象606的距离。附加地,通过引导许多光脉冲来扫描外部环境并且使用传送角以及对象与LiDAR系统之间的所确定的距离,可以精确地绘制出在扫描范围(视野)内所覆盖的周围环境的图像(例如,可以创建点云)。

[0051] 绘图中的点的密度等于脉冲数目除以视野。考虑到视野是固定的,为了增大点密度,LiDAR系统应当更频繁地开射(fire)脉冲,换言之,需要更高重复率的激光。然而,通过

发送更频繁的脉冲,LiDAR系统能够检测的最远距离被限制,这是因为来自较远对象的所返回的信号在系统开射了下一个脉冲之后被接收到,并且所述返回可能会被混淆。为了针对相对远的距离得到足够的点密度,LiDAR系统以500kHz与1MHz之间的重复率来传送激光脉冲。基于对于脉冲返回到LiDAR系统所花费的时间,LiDAR系统能够检测的最远距离针对500kHz和1MHz分别是300米和150米。在500kHz重复率的情况下的LiDAR系统的点密度是在1MHz情况下的点密度的一半。本公开内容引入了用于实现如下LiDAR系统的实践方法:所述LiDAR系统具有高的点密度以及用于测量远距离中的对象的能力。

[0052] 在图7中,LiDAR系统600具有沿着路径702的所传送的光脉冲700。对象704沿着路径708将光脉冲706反射回到LiDAR系统600。当光脉冲602和700在时间上被太接近地传送时,可能会出现问題。例如,如果在光脉冲608在LiDAR系统600处被接收回之前,在光脉冲602之后传送了光脉冲700,则有必要解疑所返回的脉冲是来自光脉冲602还是700。即使在光脉冲602之后传送光脉冲700,如果对象704比对象606更接近,则可能会在光脉冲608之前接收到光脉冲706。因此,LiDAR系统600必须在确定与对象的距离(以及可选地,方向)之前确定什么所传送的光脉冲是造成所返回的脉冲的原因。

[0053] 在本技术的一些实施例中,通过使用不同的光波长来解决以上问题。例如,在图7中,LiDAR系统600以第一波长传送光脉冲602,并且以不同于第一波长的第二波长来传送光脉冲702。在一些情况中,LiDAR系统600可以使用上述频率修改器技术来生成多个波长。在其它情况中,LiDAR系统600可以使用其它技术(例如,使用多个激光源)来为不同的脉冲生成不同的波长。当不同的波长被用于所传送的脉冲时,LiDAR系统600可以使用所接收的脉冲的波长来确定对应的所传送的脉冲。下面描述了用于基于所返回的光脉冲的波长来确定哪个所传送的光脉冲对应于所返回的光脉冲的技术。

[0054] 在一些情况中,光脉冲602和光脉冲700除了波长之外具有大体上相同的其它特性(例如,幅度、宽度等等),但是在一些情况中,光脉冲在其它方面上不同可能是有利的。例如,在图8中,两个光脉冲602和800具有不同的幅度(以及不同的波长)使得所返回的脉冲802和608将也具有不同的幅度。这例如在需要动态范围的应用中是有用的。在扫描位置中,传送高幅度和低幅度脉冲(例如,当距对象的估计距离未知时)。如与基于较低幅度光脉冲的所返回的脉冲相比,较高幅度光脉冲将从遥远的对象提供更强对应的所返回的脉冲(其更容易由检测器检测到)。相反的情况也是正确的。如与基于较高幅度光脉冲的所返回的脉冲相比,较低幅度光脉冲将从更接近的对象提供更温和对应的所返回的脉冲(其不会使检测器饱和)。这可以确保无论对象是近还是远,所返回的脉冲都将产生可由LiDAR系统600的检测器检测到但是不会使检测器饱和的信号。因为不同幅度的两个(或更多个)光脉冲使用不同的波长,所以对于LiDAR系统600而言直接的是确定哪个所传送的光脉冲对应于哪个所返回的脉冲。

[0055] 不同幅度和/或波长的光脉冲不需要在与关于图8所描述的相同方向上交替或传送。代替地,它们可以以任何有用的扫描模式而被传送。例如,在图9A-9B中,基于距对象的预期范围来选择光脉冲的幅度。特别地,在图9A(其是LiDAR系统600的侧视图)中,所传送的光脉冲800、900和902全部具有大体上相同的幅度,并且在以较高幅度传送光脉冲602之前被顺序地传送。光脉冲800、900和902可以具有不同或相同的波长(但是一般不同于光脉冲602的波长)。LiDAR系统600然后可以重复该光脉冲序列(例如,沿着新的扫描方向)或使用

不同的光脉冲序列(例如,基于距新的扫描方向上的对象的新的预期范围)。如从图9A中的侧面所查看到的,光脉冲全部沿着路径604被传送,并且光脉冲906、904、802和608沿着路径610被接收。当从上方查看时,LiDAR系统600可以在不同的方向上操纵这些脉冲(并且它们可以从不同的对象反射离开)。在图9B(其是LiDAR系统600的顶视图)中,光脉冲602、800、900和902分别沿着路径604a、604b、604c和604d被传送。高幅度光脉冲602沿着路径604a被传送,这是因为它在击中对象606之前具有最长的距离。虽然脉冲被描绘为以顺序的方式被相继传送,但是不必是这种情况。例如,光脉冲602和800可以被同时传送使得这些脉冲重叠(这也适用于图8中所描绘的配置)。

[0056] 所返回的脉冲的波长可以通过使用各种技术来确定。例如,LiDAR系统的检测器可以提供与所返回的脉冲的波长相关的信息。在图10中,LiDAR系统600包括检测器系统,所述检测器系统使用两个检测器以及一个或多个二色性光学元件,诸如滤光器或镜,以确定所返回的脉冲的波长。LiDAR系统600包括传送器1002,传送器1002传送均具有不同波长的光脉冲1004和1006。这些光脉冲从对象1008反射离开以产生光脉冲1010和1012,它们行进回到LiDAR系统600。光脉冲1010行进通过二色性元件1014,这是因为二色性元件1014具有针对光脉冲1010的波长的高透射率。这允许检测器1016(在透镜1017后方)检测光脉冲1010,并且对于LiDAR系统600而言确定所返回的脉冲的波长。相比之下,二色性元件1014反射光脉冲1012,这是因为二色性元件1014具有针对光脉冲1012的波长的高反射率。这允许光脉冲1014被反射到检测器1018(在透镜1019后方),并且对于LiDAR系统600而言能够确定所返回的脉冲的波长。图11描绘了检测器1016和1018的可替换的配置。代替于使用二色性元件,使用色散(dispersion)元件1100(例如,棱镜或光栅)以将光脉冲1010和1012分别引导至检测器1016和1018。在该配置中,两个检测器共享透镜1102,这可以降低检测器系统的总体复杂度和成本。在一些情况中,检测器1016和1018可以是相同的检测器(例如,使用相同检测器的不同部分)。

[0057] 图12描绘了示例性光源1200,其是脉冲传送器(例如,LiDAR系统600的传送器1002,参见图6-11)的部分。光源1200使用种子1202来生成具有一个或多个波长(例如,1550nm)的初始光脉冲,其经由光纤1203被提供给波长-划分复用器(WDM)1204。泵1206还经由光纤1205将(不同波长、诸如980nm的)激光功率提供给WDM 1204。WDM 1204的输出被提供给预放大器1208(其包括一个或多个放大器),所述预放大器1208经由光纤1209而将其输出提供给组合器1210。组合器1210还经由光纤1211来从泵1212取得激光功率,并且经由光纤1213而将脉冲提供给提升器放大器1214,所述提升器放大器1214在光纤1215上产生输出光脉冲。输出光脉冲然后可以由LiDAR系统的一个或多个反射组件的系统(例如,一个或多个镜和/或其它光学组件(诸如一个或多个色散光学器件)的系统)操纵以便扫描外部环境。光源1200可以基于在所述源中使用的光纤的光纤增益简档(例如,用于与关于图8-9所描述的技术一起使用)来产生不同幅度的脉冲。例如,图13示出了示例简档增益,其示出了具有不同波长的脉冲如何具有不同的特性。因此,可以选择光纤使得具有不同波长的两个脉冲的响应具有期望的幅度比。

[0058] 尽管已经参考附图充分描述了本公开内容的示例,但是要注意的是,对于本领域技术人员而言,各种改变和修改将变得显而易见。这种改变和修改将被理解为被包括在所附权利要求限定的本公开内容的示例的范围内。例如,虽然集中式激光递送系统和多个

LiDAR在被布置在交通工具中的上下文中被讨论,但是它们还可以被布置在任何其它系统或设备(诸如机器人)、用于安全监控目的的建筑物的多个位置、或用于交通监控的道路的交叉点或某个位置等等中。例如,在建筑物中,一个或多个LiDAR扫描仪可以被布置在建筑物的每个期望位置(例如,前门、后门、电梯等等)处,以提供3D LiDAR扫描以用于安全监控目的。集中式激光递送系统可以被布置在中心位置(例如,建筑物的控制室)处,以将激光信号提供给多个LiDAR扫描仪。在另一示例中,一个或多个LiDAR扫描仪可以被布置在道路的每个交叉点处以监控交通状况,并且集中式激光递送系统可以被布置在中心位置(例如,交通控制中心)处,以将激光信号提供给多个LiDAR扫描仪。

[0059] 示例性的方法、非暂时性计算机可读存储介质、系统和电子设备在以下各项中陈述:

[0060] 1. 一种用于使得能够进行光检测和测距(LiDAR)扫描的方法,所述方法由被布置或包括在安装对象中的系统来执行,所述方法包括:

[0061] 接收第一激光信号,所述第一激光信号具有第一波长,其中所述第一波长在可由第一多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内,并且在可由第二多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外;以及

[0062] 基于第一激光信号来生成第二激光信号,所述第二激光信号具有第二波长,其中所述第二波长在可由所述第一多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外,并且在可由所述第二多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内。

[0063] 2. 项1的方法,所述方法进一步包括:

[0064] 基于第一激光信号来提供多个第三激光信号;

[0065] 基于第二激光信号来提供多个第四激光信号;以及

[0066] 将所述多个第三激光信号中的对应第三激光信号或所述多个第四激光信号中的对应第四激光信号递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪,其中LiDAR扫描仪中的每一个被布置在交通工具的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个能够扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围。

[0067] 3. 项1或项2的方法,其中所述第一波长是大约1550nm,并且所述第二波长是大约775nm。

[0068] 4. 项1-3中任一项的方法,其中基于第一激光信号来生成第二激光信号使用温度控制的周期性极化铌酸锂晶体。

[0069] 5. 项1-4中任一项的方法,其中可由所述第一多个LiDAR扫描仪检测的波长范围包括可由基于InGaAs或SiGe的雪崩光电二极管检测的波长范围。

[0070] 6. 项1-5中任一项的方法,其中可由所述第二多个LiDAR扫描仪检测的波长范围包括可由基于硅的雪崩光电二极管检测的波长范围。

[0071] 7. 项1-6中任一项的方法,进一步包括:

[0072] 在生成第二激光信号之前,对第一激光信号进行调制。

[0073] 8. 一种用于使得能够进行光检测和测距的系统,包括:

[0074] 多个光检测和测距(LiDAR)扫描仪,其中LiDAR扫描仪中的每一个被布置在安装对象的分离的位置处,使得LiDAR扫描仪中的每一个被配置成扫描与另一LiDAR扫描仪大体上不同的空间范围;

[0075] 频率修改器,其被配置成:

[0076] 接收由激光源所发射的第一激光信号,所述第一激光信号具有第一波长,其中所述第一波长在可由第一多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内,并且在可由第二多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外;

[0077] 基于第一激光信号来生成第二激光信号,所述第二激光信号具有第二波长,其中所述第二波长在可由所述第一多个LiDAR扫描仪检测的波长范围之外,并且在可由所述第二多个LiDAR扫描仪检测的波长范围内。

[0078] 9. 项8的系统,其中所述频率修改器包括:

[0079] 光学地耦合到频率修改器的第一分离器,所述第一分离器被配置成基于第一激光信号来提供多个第三激光信号;以及

[0080] 光学地耦合到频率修改器的第二分离器,所述第二分离器被配置成基于第二激光信号来提供多个第四激光信号;以及

[0081] 所述系统进一步包括:

[0082] 多个激光递送通道,其中所述激光递送通道中的每一个被配置成将所述多个第三或第四激光信号中的对应的第三或第四激光信号递送到所述多个LiDAR扫描仪中的相应LiDAR扫描仪。

[0083] 10. 项8或9的系统,其中所述系统用于与交通工具一起使用,或者被集成在交通工具中。

[0084] 11. 项8到10中任一项的系统,其中,所述系统被布置在其中或与之集成的安装对象包括以下各项中的至少一个:

[0085] 机器人;

[0086] 启用安全监控的建筑物,其中所述多个LiDAR扫描仪被布置在建筑物的多个位置处;或

[0087] 启用交通监控的道路,其中所述多个LiDAR扫描仪被布置在道路的多个交叉点或位置处。

[0088] 12. 项8至11中任一项的系统,其中所述系统包括第一激光和第二激光的混合配置,所述第二激光当它被所述系统中的不同LiDAR扫描仪共享时具有经修改的频率。

[0089] 13. 项8至12中任一项的系统,其中所述激光源可配置成以时间交错的方式被共享。

[0090] 14. 项8至13中任一项的系统,其中所述激光源可配置成基于多个单独的LiDAR扫描仪的暗时间而被时间交错。

[0091] 15. 项8至14中任一项的系统,其中所述激光源可配置成基于由于外部环境所致的每个单独的LiDAR扫描仪的优先级而被时间交错。

[0092] 16. 一种计算机实现的方法,包括:

[0093] 在具有光源和光检测器的光检测和测距(LiDAR)系统中:

[0094] 通过使用所述光源来以第一波长传送第一脉冲信号并且以不同于第一波长的第二波长来传送第二脉冲信号,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号被同时或相继地传送;

[0095] 通过使用所述光检测器来检测第一返回的脉冲信号,其对应于第一脉冲信号或第二脉冲信号;

[0096] 基于第一返回的脉冲信号的波长来确定所返回的脉冲信号是对应于第一脉冲信号还是第二脉冲信号；

[0097] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第一脉冲信号，基于接收到所返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第一范围；以及

[0098] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第二脉冲信号，基于接收到所返回的脉冲信号和传送第二脉冲信号的定时来确定第二范围。

[0099] 17. 项16的方法，其中第一脉冲信号和第二脉冲信号以第一时间间隔而分离。

[0100] 18. 项16-17中任一项的方法，其中第一脉冲信号具有第一幅度，并且第二脉冲信号具有不同于第一幅度的第二幅度。

[0101] 19. 项18的方法，其中第一幅度大于第二幅度。

[0102] 20. 项16-19中任一项的方法，所述光源进一步包括光纤，所述光纤在第一波长下具有第一增益特性，并且在第二波长下具有不同于第一增益特性的第二增益特性。

[0103] 21. 项16-20中任一项的方法，进一步包括：

[0104] 通过使用所述光源来以第二波长传送第三脉冲信号并且以第一波长来传送第四脉冲信号，第三脉冲信号以第二时间间隔与第二脉冲信号分离，并且第四脉冲信号以不同于第二时间间隔的第三时间间隔与第一脉冲信号分离；

[0105] 通过使用所述光检测器来检测第二返回的脉冲信号，其对应于第三脉冲信号或第四脉冲信号；

[0106] 基于第二返回的脉冲信号的波长来确定第二返回的脉冲信号是对应于第三脉冲信号还是第四脉冲信号；

[0107] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第三脉冲信号，基于接收到第三返回的脉冲信号和传送第三脉冲信号的定时来确定第三范围；以及

[0108] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第四脉冲信号，基于接收到第二返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第四范围。

[0109] 22. 项21的方法，其中第三时间间隔大于第二时间间隔。

[0110] 23. 项16-22中任一项的方法，其中所述光源包括第一种子和第二种子，所述第一种子被配置成以第一波长产生第一种子脉冲信号，所述第二种子被配置成以第二波长产生第二脉冲信号。

[0111] 24. 项16-23中任一项的方法，其中所述光检测器包括第一检测器和第二检测器。

[0112] 25. 项24的方法，其中二色性光学器件将具有第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器，并且将具有第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

[0113] 26. 项24的方法，其中色散元件将具有第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器，并且将具有第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

[0114] 27. 项26的方法，其中所述第一检测器和所述第二检测器共享透镜。

[0115] 28. 一种光检测和测距 (LiDAR) 系统，包括：

[0116] 光源；

[0117] 光检测器；

[0118] 耦合到所述光源和所述光检测器的处理器；

[0119] 利用计算机程序编码的存储器，所述计算机程序用于通过使用具有不同波长的脉

冲信号来检测距对象的范围,所述计算机程序包括可由处理器执行以用于进行以下各项的指令:

[0120] 通过使用所述光源来以第一波长传送第一脉冲信号并且以不同于第一波长的第二波长来传送第二脉冲信号,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号被同时或相继地传送;

[0121] 通过使用所述光检测器来检测第一返回的脉冲信号,其对应于第一脉冲信号或第二脉冲信号;

[0122] 基于第一返回的脉冲信号的波长来确定所返回的脉冲信号是对应于第一脉冲信号还是第二脉冲信号;

[0123] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第一脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第一范围;以及

[0124] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第二脉冲信号,基于接收到所返回的脉冲信号和传送第二脉冲信号的定时来确定第二范围。

[0125] 29. 项28的LiDAR系统,其中第一脉冲信号和第二脉冲信号以第一时间间隔而分离。

[0126] 30. 项28-29中任一项的LiDAR系统,其中第一脉冲信号具有第一幅度,并且第二脉冲信号具有不同于第一幅度的第二幅度。

[0127] 31. 项30的LiDAR系统,其中第一幅度大于第二幅度。

[0128] 32. 项28-31中任一项的LiDAR系统,所述光源进一步包括光纤,所述光纤在第一波长下具有第一增益特性,并且在第二波长下具有不同于第一增益特性的第二增益特性。

[0129] 33. 项28-32中任一项的LiDAR系统,所述计算机程序进一步包括可由处理器执行以用于以下各项的指令:

[0130] 通过使用所述光源来以第二波长传送第三脉冲信号并且以第一波长来传送第四脉冲信号,第三脉冲信号以第二时间间隔与第二脉冲信号分离,并且第四脉冲信号以不同于第二时间间隔的第三时间间隔与第一脉冲信号分离;

[0131] 通过使用所述光检测器来检测第二返回的脉冲信号,其对应于第三脉冲信号或第四脉冲信号;

[0132] 基于第二返回的脉冲信号的波长来确定第二返回的脉冲信号是对应于第三脉冲信号还是第四脉冲信号;

[0133] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第三脉冲信号,基于接收到第三返回的脉冲信号和传送第三脉冲信号的定时来确定第三范围;以及

[0134] 根据确定了所返回的脉冲信号对应于第四脉冲信号,基于接收到第二返回的脉冲信号和传送第一脉冲信号的定时来确定第四范围。

[0135] 34. 项33的LiDAR系统,其中第三时间间隔大于第二时间间隔。

[0136] 35. 项28-34中任一项的LiDAR系统,其中所述光源包括第一种子和第二种子,所述第一种子被配置成以第一波长产生第一种子脉冲信号,所述第二种子被配置成以第二波长产生第二脉冲信号。

[0137] 36. 项28-35中任一项的LiDAR系统,其中所述光检测器包括第一检测器和第二检测器。

[0138] 37. 项36的LiDAR系统,其中二色性光学器件将具有第一波长的所返回的脉冲引

导至所述第一检测器,并且将具有第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

[0139] 38. 项36的LiDAR系统,其中色散元件将具有第一波长的所返回的脉冲引导至所述第一检测器,并且将具有第二波长的所返回的脉冲引导至所述第二检测器。

[0140] 39. 项38的LiDAR系统,其中所述第一检测器和所述第二检测器共享透镜。

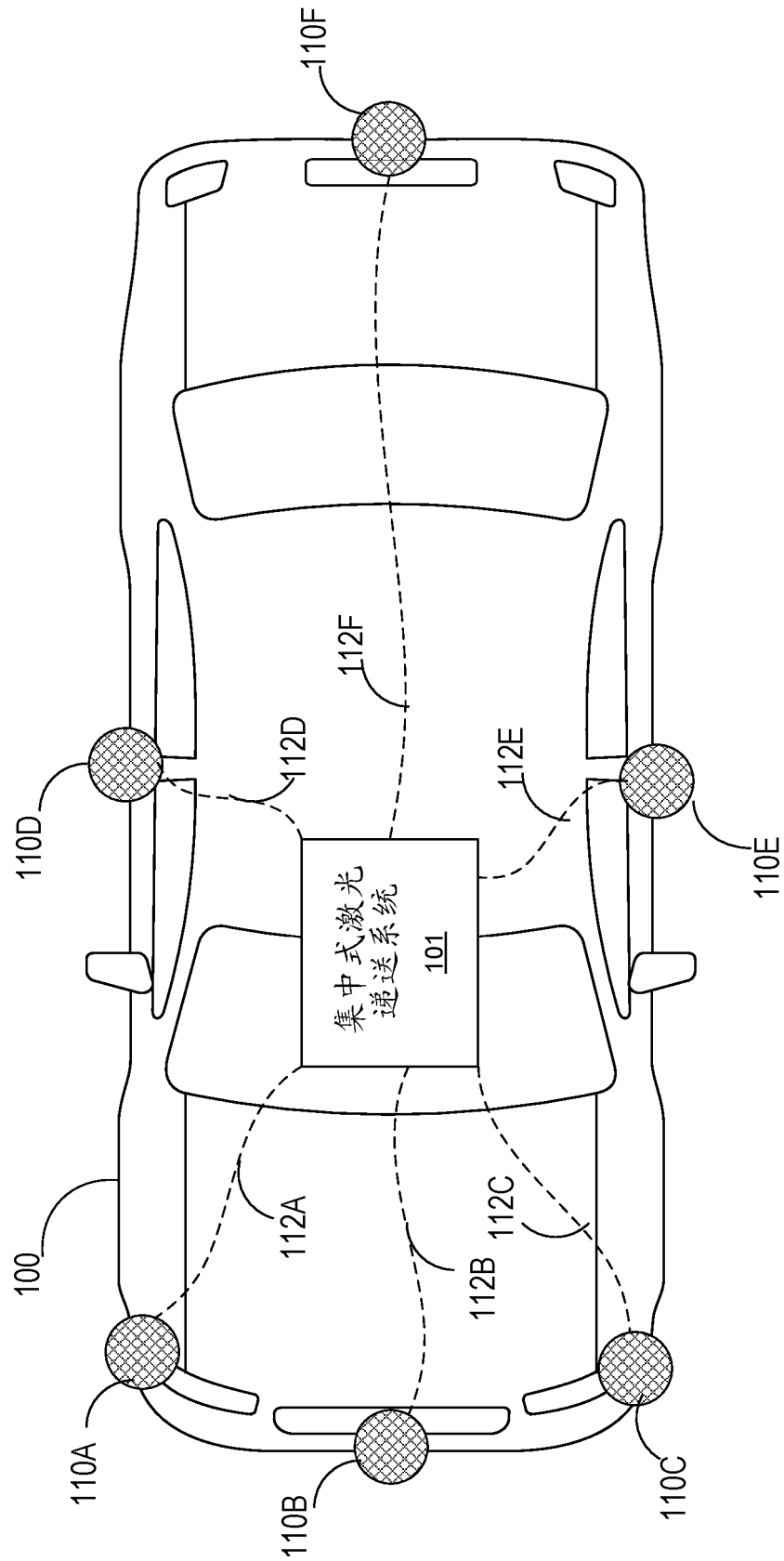


图 1A

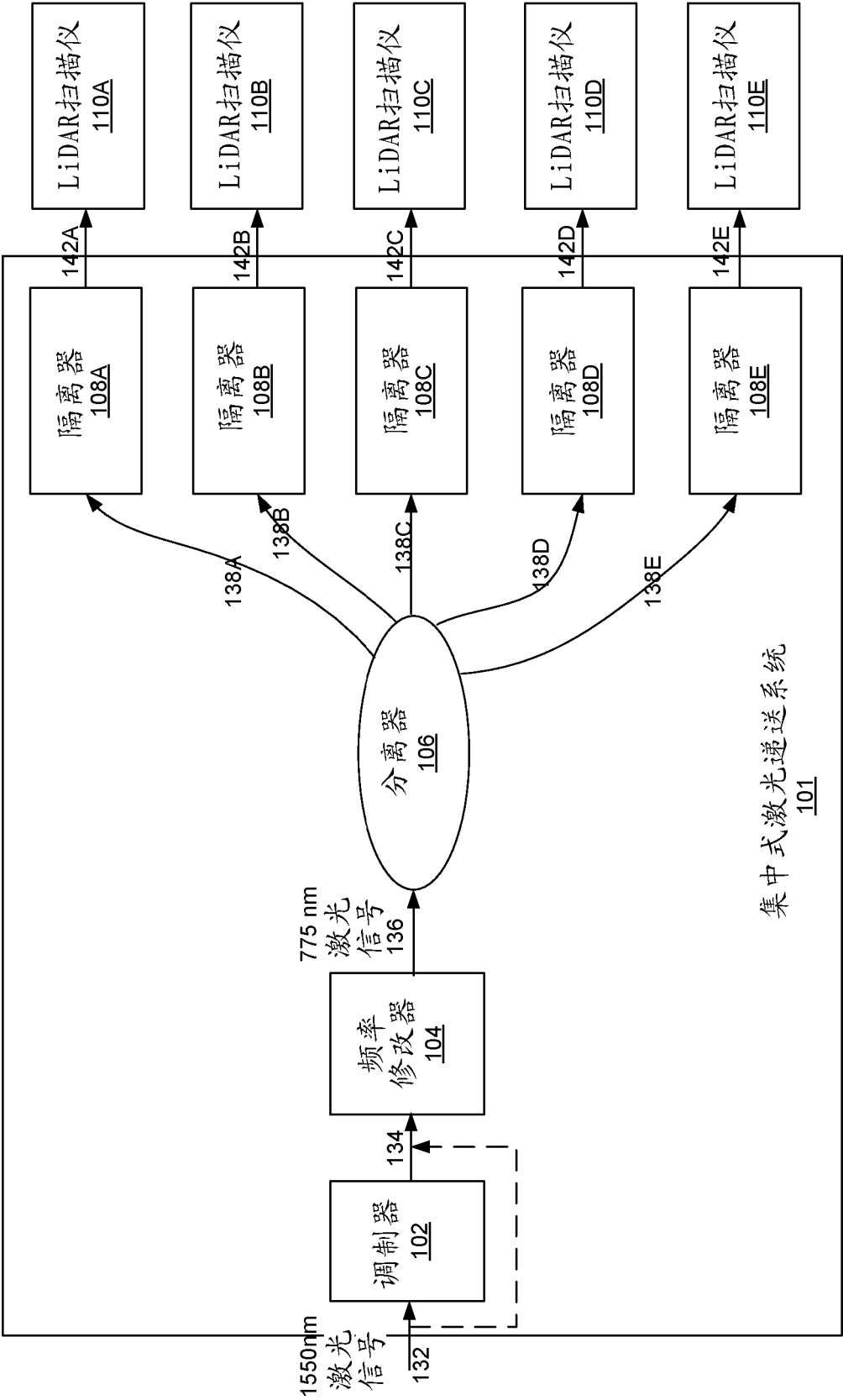


图 1B

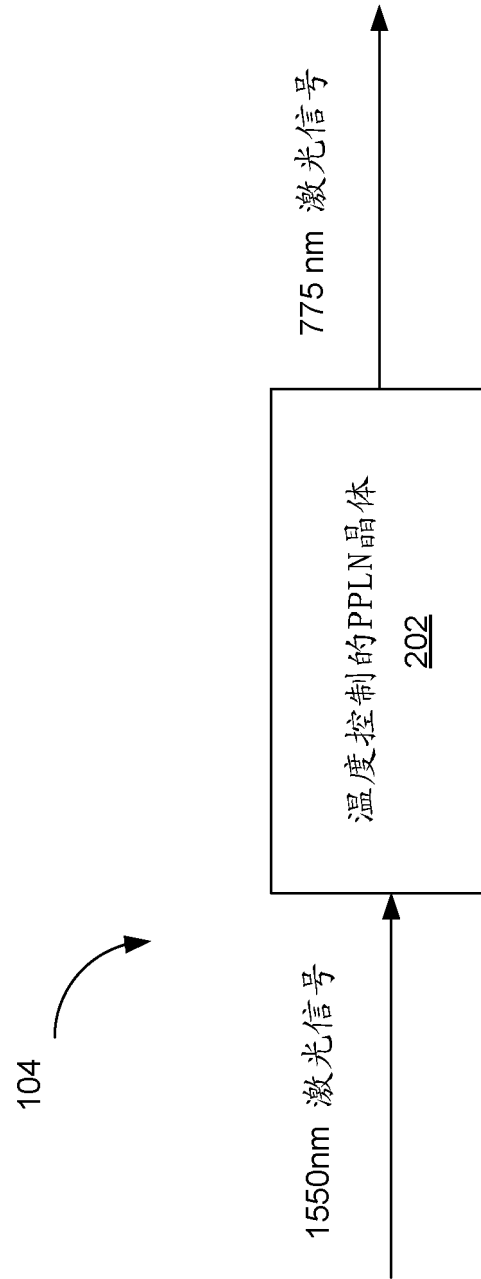


图 2

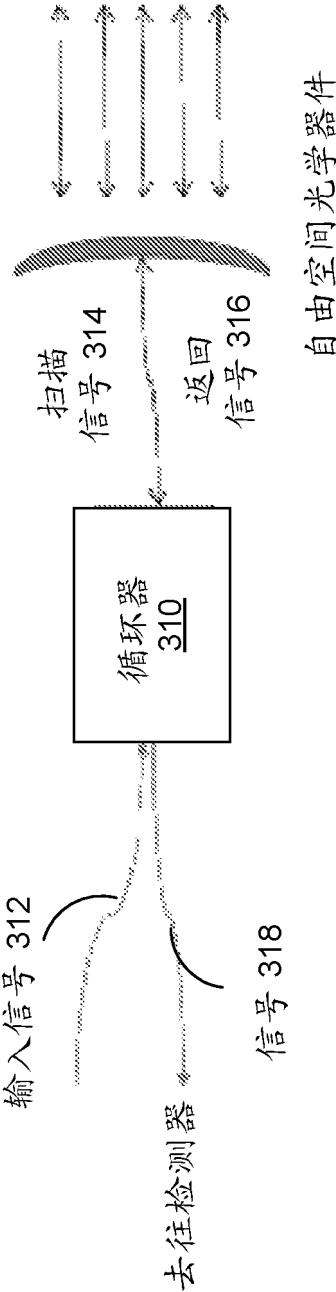


图 3

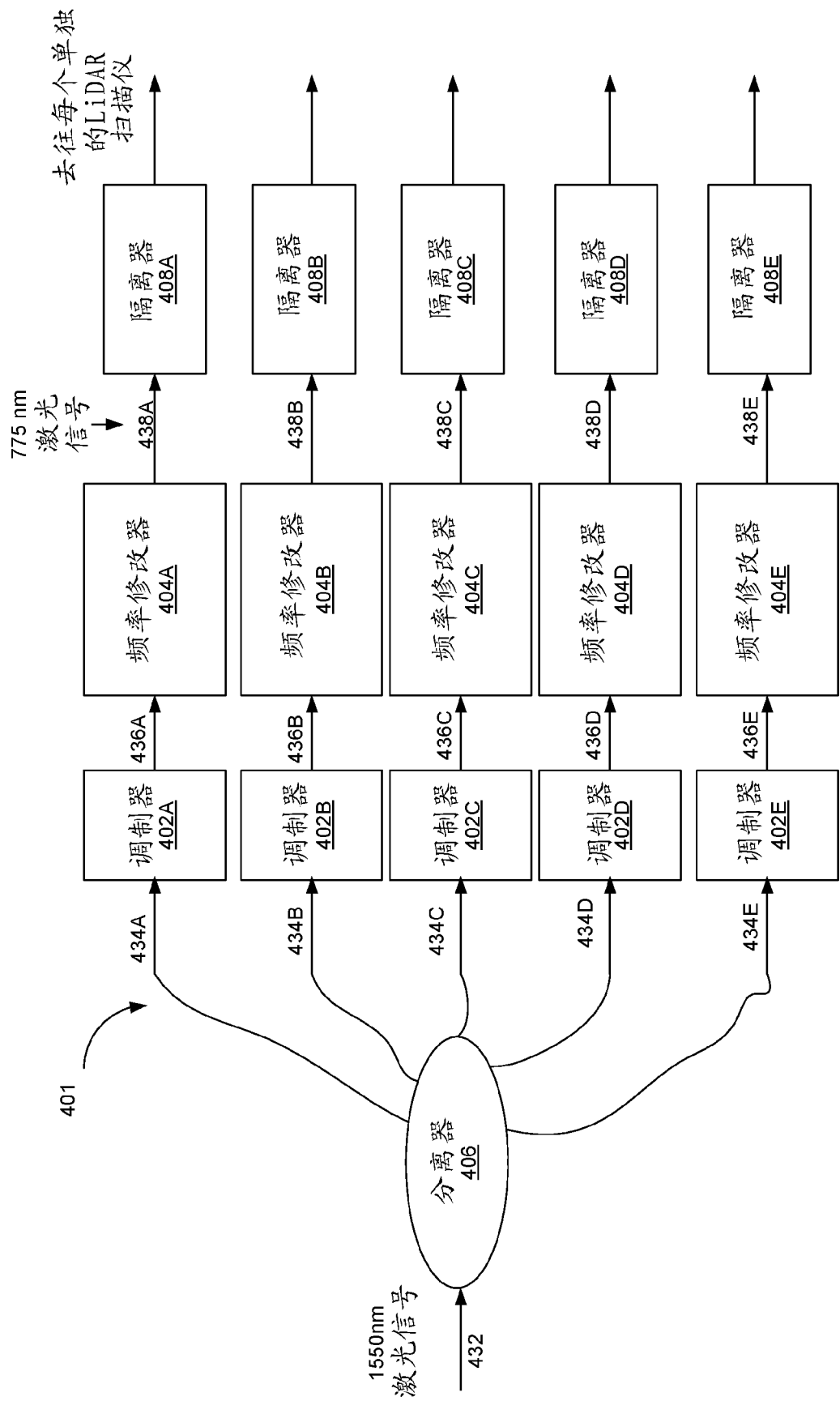


图 4A

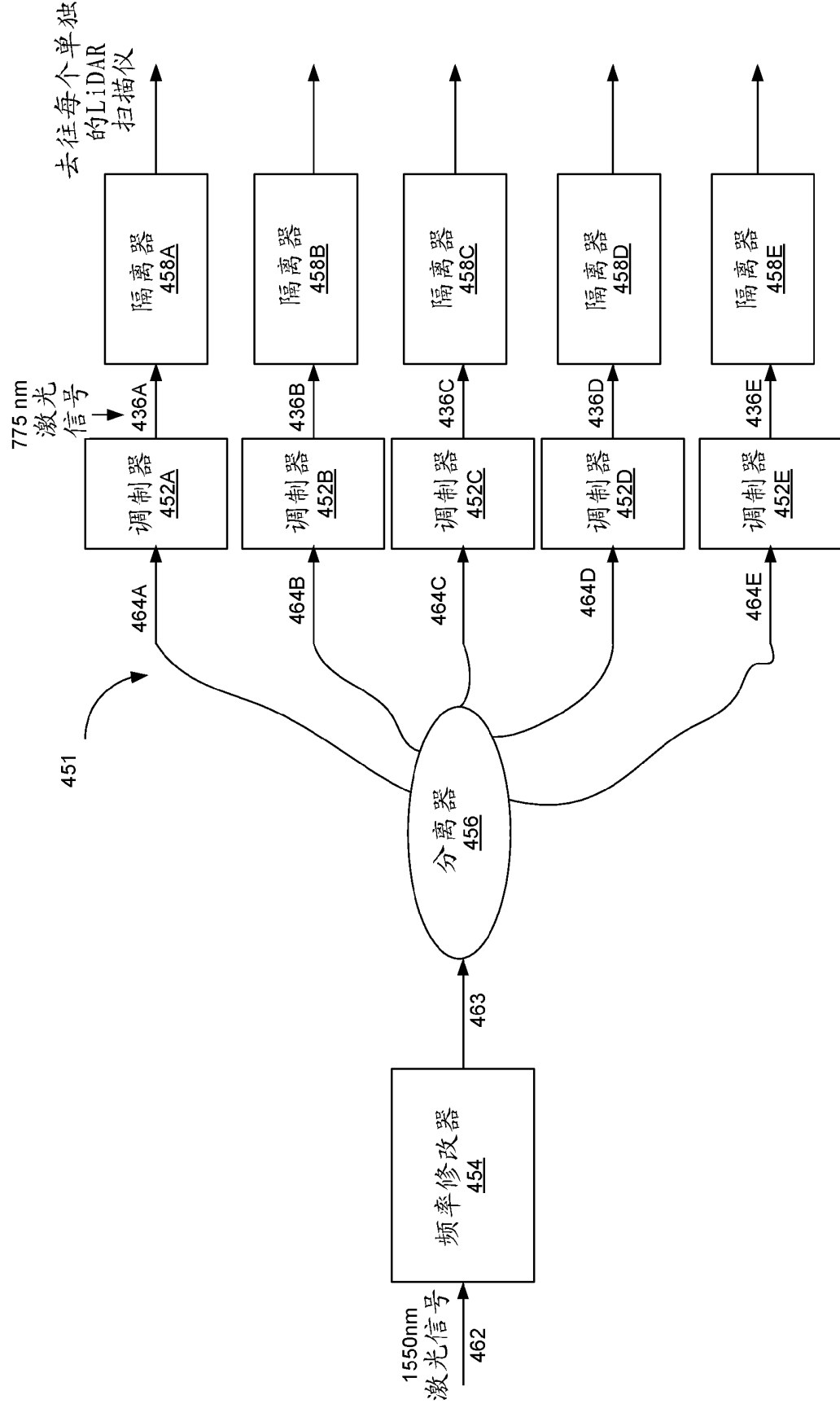


图 4B

500

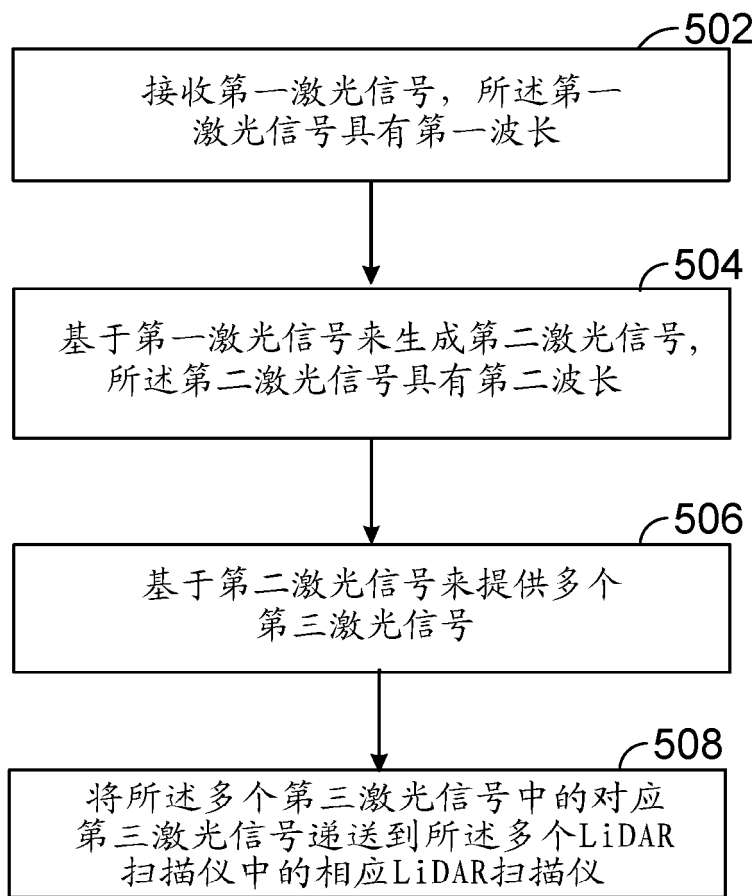


图 5

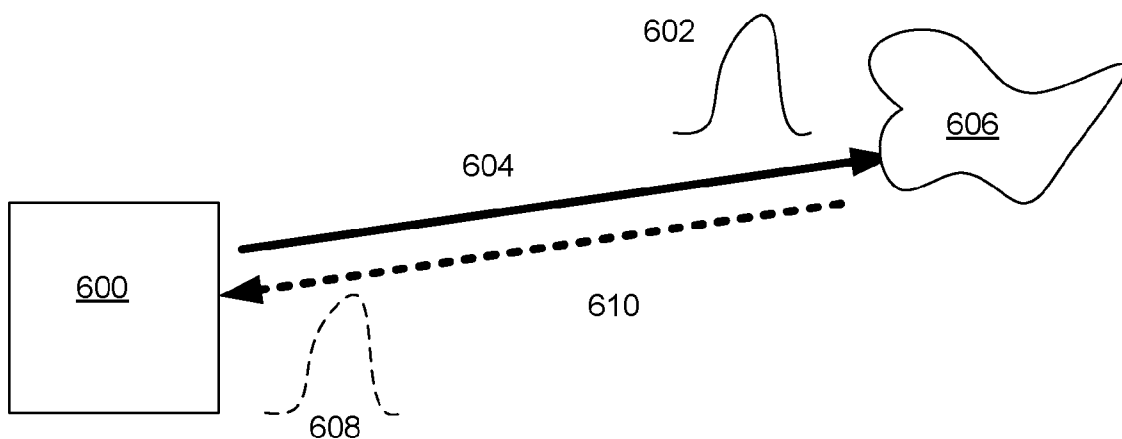


图 6

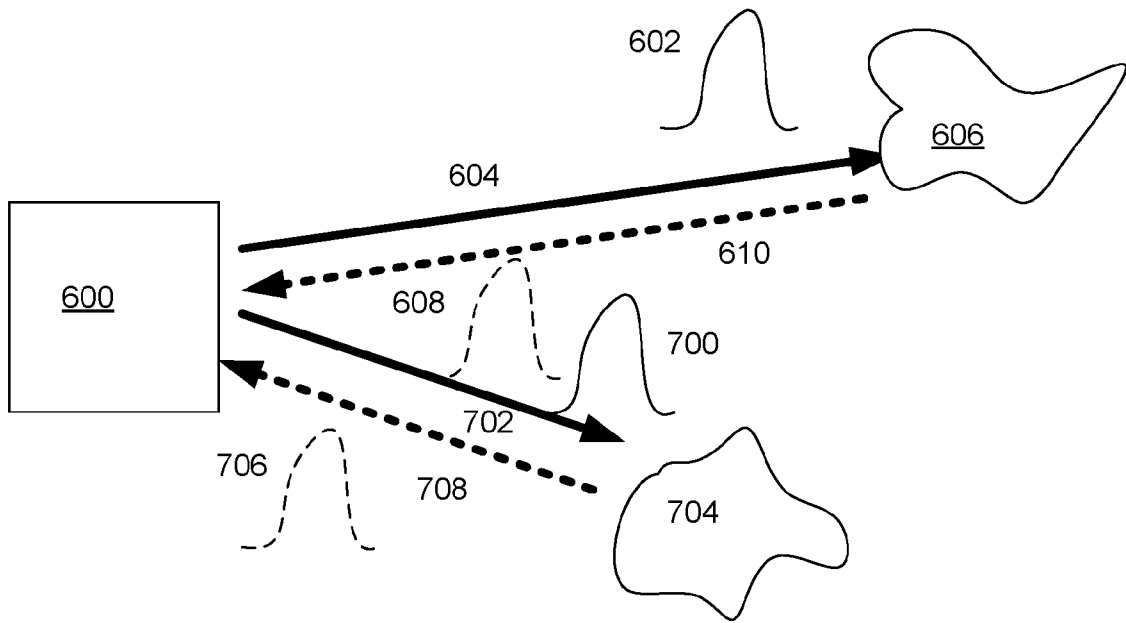


图 7

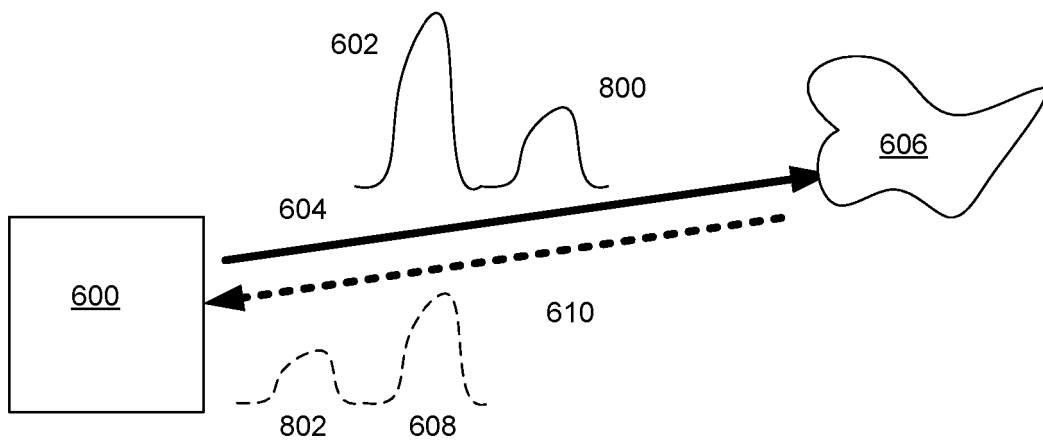


图 8

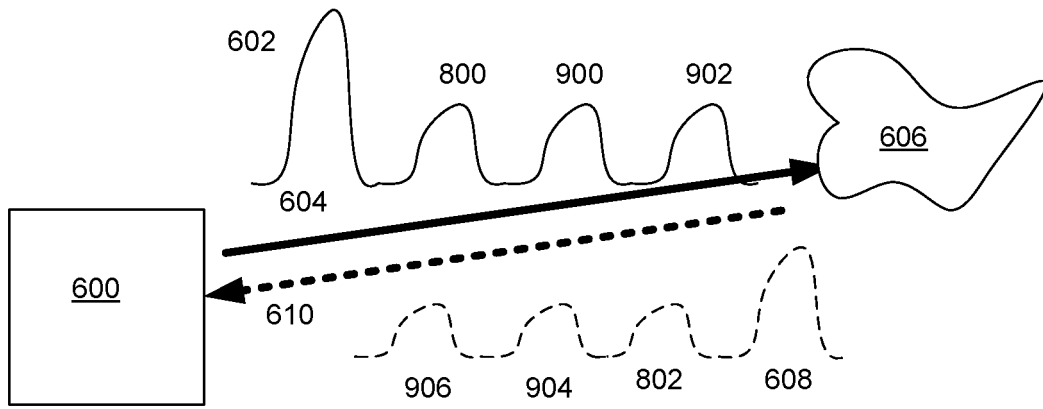


图 9A

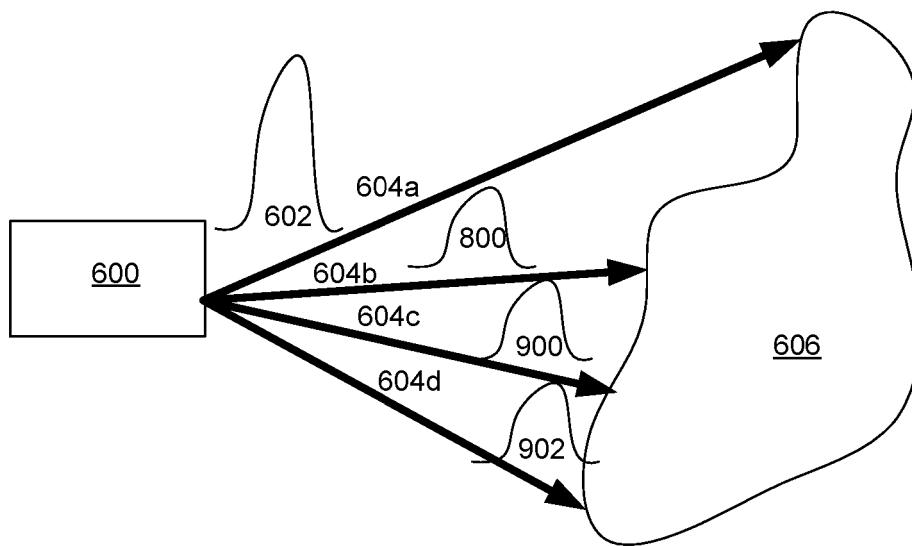


图 9B

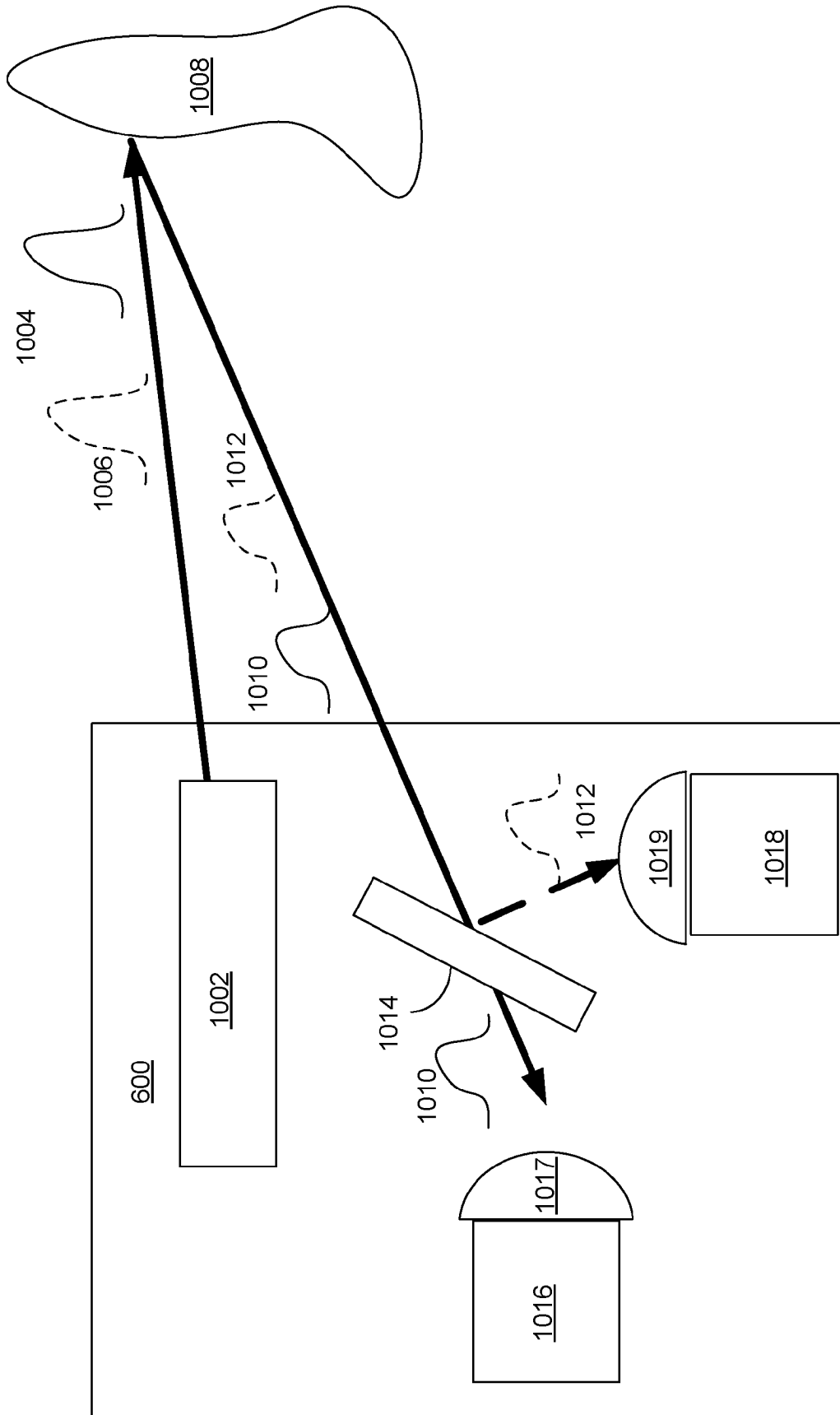


图 10

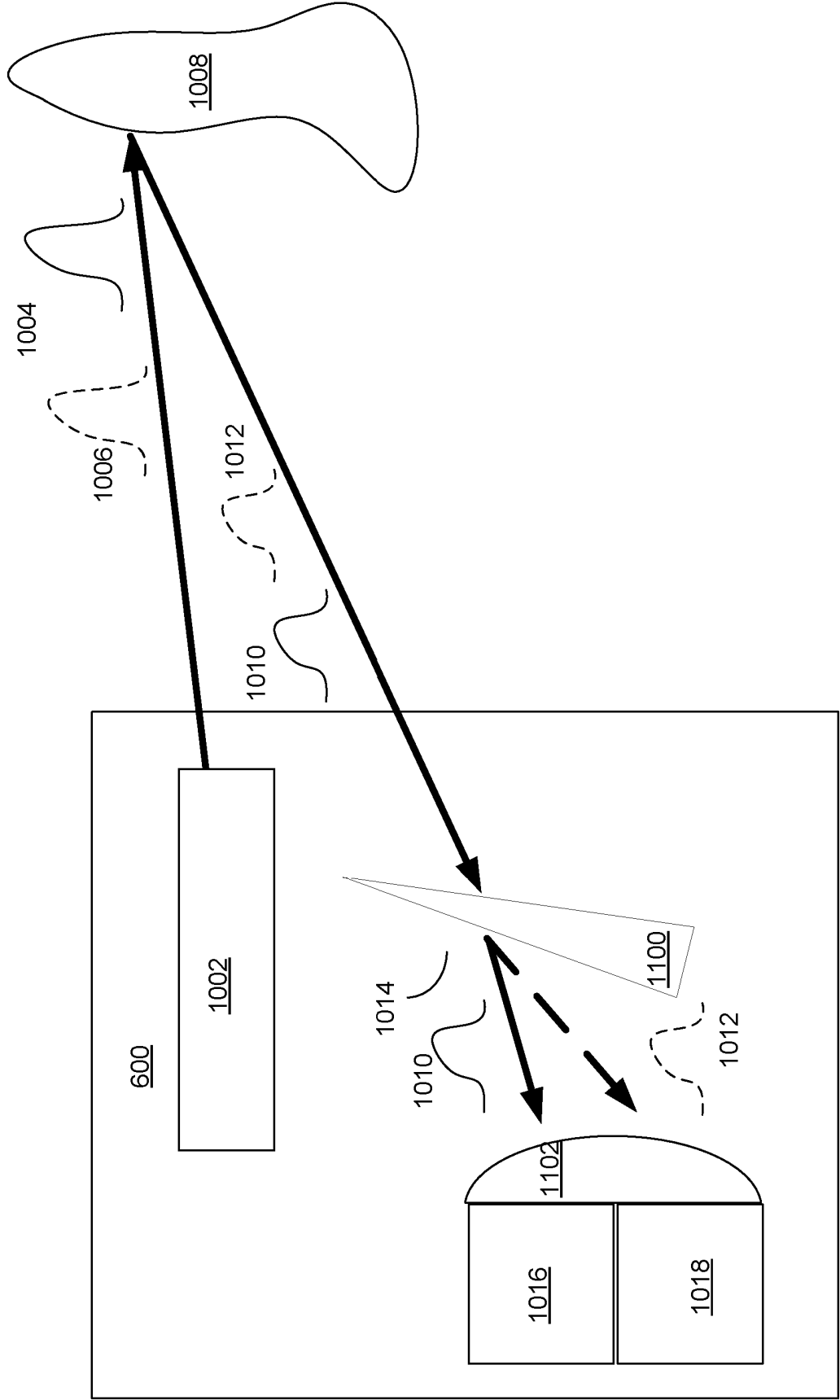


图 11

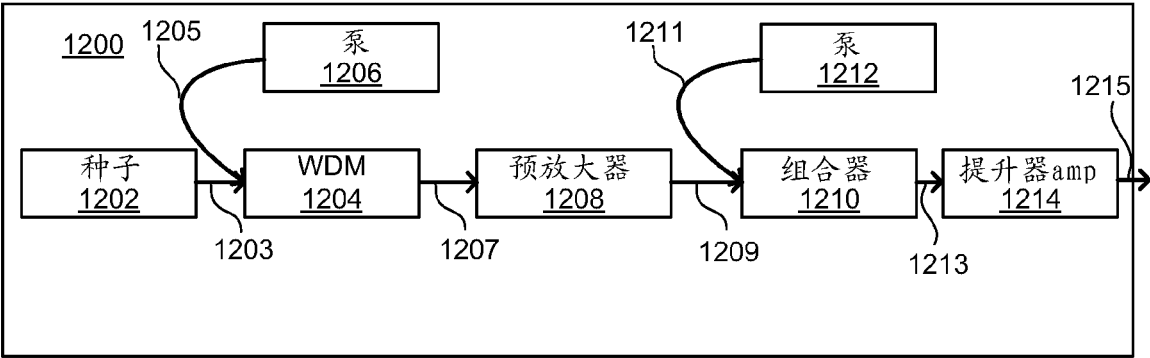


图 12

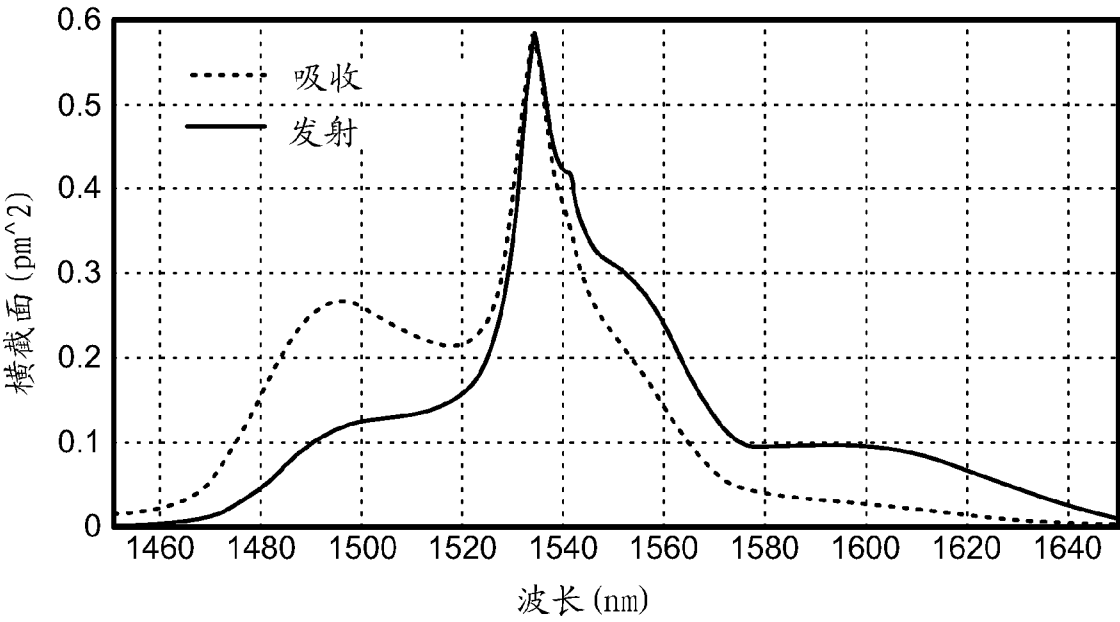


图 13