



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111427025 B

(45) 授权公告日 2021.09.17

(21) 申请号 202010037802.5

G01S 17/08 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.14

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111427025 A

CN 107144850 A, 2017.09.08

CN 107144850 A, 2017.09.08

CN 102901616 A, 2013.01.30

(43) 申请公布日 2020.07.17

CN 101490579 A, 2009.07.22

(73) 专利权人 深圳市镭神智能系统有限公司  
地址 518104 广东省深圳市宝安区沙井街  
道坐岗社区坐岗大道文体中心商业楼  
1栋4层

CN 209373113 U, 2019.09.10

CN 110261862 A, 2019.09.20

CN 201876545 U, 2011.06.22

WO 2016069215 A1, 2016.05.06

(72) 发明人 胡小波 段佩华

CN 106383354 A, 2017.02.08

CN 109820480 A, 2019.05.31

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

审查员 崔瑞云

代理人 孟金喆

(51) Int. Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

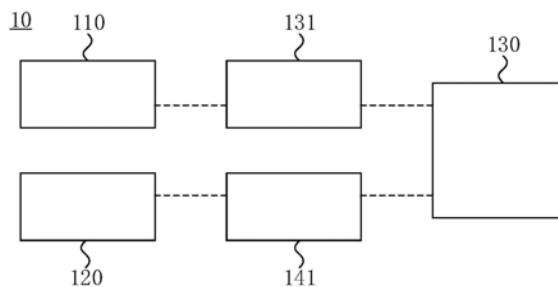
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

激光雷达和激光雷达的测距方法

(57) 摘要

本发明公开了一种激光雷达和激光雷达的测距方法,该激光雷达包括:脉冲法测距单元,用于发射具有第一频率的第一发射激光光束,并接收对应的第一回波激光光束;与其连接的第一距离解算单元,用于根据其收发激光光束的时间计算第一测量距离;相位法测距单元,用于发射具有第二频率的第二发射激光光束,并接收对应的第二回波激光光束;与其连接的第二距离解算单元,用于根据其收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度;数据处理单元,分别与第一和第二距离解算单元连接;数据处理单元用于根据第一测量距离和余尺长度确定基于相位法下的整尺数量,并结合三者确定实际测量距离。可快速有效地实现高精度地测量较大距离。



1. 一种激光雷达,其特征在于,包括:

脉冲法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第一频率的第一发射激光光束,并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第一回波激光光束;

第一距离解算单元,与所述脉冲法测距单元连接,用于根据所述脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离;

相位法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第二频率的第二发射激光光束,并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第二回波激光光束;

第二距离解算单元,与所述相位法测距单元连接,用于根据所述相位法测距单元收发激光光束的相位差以及所述第二频率确定相位法下的余尺长度;以及

数据处理单元,分别与所述第一距离解算单元和所述第二距离解算单元连接;所述数据处理单元用于根据所述第一测量距离和所述余尺长度确定基于相位法下的整尺数量;所述数据处理单元还用于根据所述整尺数量、所述余尺长度以及所述第一测量距离确定实际测量距离;

所述数据处理单元还用于在所述整尺数量与所述整尺数量的取整值之间的偏差在预设偏差范围内时,对所述整尺数量进行取整后结合所述余尺长度确定相位法下的第二测量距离,并将所述第二测量距离作为实际测量距离;

所述激光雷达还会在确定所述整尺数量为无效测量时,会将脉冲TOF测距下的结果作为实际结果进行输出。

2. 根据权利要求1所述的激光雷达,其特征在于,所述数据处理单元还用于在所述整尺数量与所述整尺数量的取整值之间的偏差不在预设偏差范围内时,将所述第一测量距离作为实际测量距离。

3. 根据权利要求1所述的激光雷达,其特征在于,所述第一距离解算单元和所述第二距离解算单元均集成在所述数据处理单元内;或者

所述第一距离解算单元与所述脉冲法测距单元集成为一个模块,所述第二距离解算单元与所述相位法测距单元集成为一个模块。

4. 根据权利要求1所述的激光雷达,其特征在于,所述第一频率大于所述第二频率。

5. 根据权利要求1所述的激光雷达,其特征在于,所述脉冲法测距单元和所述相位法测距单元的发射同轴且接收同轴,或者所述脉冲法测距单元和所述相位法测距单元的发射同轴且接收离轴。

6. 根据权利要求1所述的激光雷达,其特征在于,还包括发射光学单元;所述发射光学单元包括第一反射镜和第一半透半反镜;

所述脉冲法测距单元的发射端包括第一激光发射器和第一发射镜片组;所述第一发射镜片组用于将所述第一激光发射器出射的光束聚焦准直成第一初始光束;

所述相位法测距单元的发射端包括第二激光发射器和第二发射镜片组;所述第二发射镜片组用于将所述第二激光发射器出射的光束聚焦准直成第二初始光束;

所述第一初始光束经由所述第一反射镜反射后穿过所述第一半透半反镜形成第一发射激光光束,所述第二初始光束经由所述第一半透半反镜反射后形成与所述第一发射激光光束同轴的第二发射激光光束;或者

所述第一初始光束经由所述第一半透半反镜反射后形成第一发射激光光束,所述第二

初始光束经由所述第一反射镜反射后穿过所述第一半透半反镜后形成与所述第一发射激光光束同轴的第二发射激光光束。

7. 根据权利要求6所述的激光雷达,其特征在于,所述脉冲法测距单元的接收端包括沿所述第一回波激光光束的传输方向依次设置的第一接收镜片组、第一滤光片和第一光电接收器件;

所述第一接收镜片组用于将所述第一回波激光光束聚焦,所述第一滤光片用于滤除所述第一回波激光光束中的干扰信号,所述第一光电接收器件用于将所述第一回波激光光束转换为脉冲电流信号;

所述相位法测距单元的接收端包括沿所述第二回波激光光束的传输方向依次设置的第二接收镜片组、第二滤光片和第二光电接收器件;

所述第二接收镜片组用于将所述第二回波激光光束聚焦,所述第二滤光片用于滤除所述第二回波激光光束中的干扰信号,所述第二光电接收器件用于将所述第二回波激光光束转换为连续电流信号。

8. 根据权利要求7所述的激光雷达,其特征在于,所述第一回波激光光束和所述第二回波激光光束通过同一接收窗口进行接收;或者

所述第一回波激光光束和所述第二回波激光光束通过不同的接收窗口进行接收,且不同的所述接收窗口分别位于所述激光雷达的发射窗口的两侧。

9. 一种激光雷达的测距方法,其特征在于,包括:

根据脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离;

根据相位法测距单元收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度;其中,所述第二频率为所述相位法测距单元发射的激光光束的频率;

根据所述第一测量距离和所述余尺长度确定基于相位法下的整尺数量;以及

根据所述整尺数量、所述余尺长度以及所述第一测量距离确定实际测量距离;

所述整尺数量与所述整尺数量的取整值之间的偏差在预设偏差范围内时,对所述整尺数量进行取整后结合所述余尺长度确定相位法下的第二测量距离,并将所述第二测量距离作为实际测量距离;

所述激光雷达还会在确定所述整尺数量为无效测量时,会将脉冲TOF测距下的结果作为实际结果进行输出。

## 激光雷达和激光雷达的测距方法

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及激光雷达技术领域,尤其涉及一种激光雷达和激光雷达的测距方法。

### 背景技术

[0002] 激光雷达是以发射激光束探测目标物体的位置、速度等特征量的雷达系统。基于测距原理不同,激光雷达的测距方法可包括相位测距法(也可称为相位法)和脉冲测距方法(也可称为脉冲法),基于两种不同测距原理的激光雷达具有各自的优缺点,也有各自的应用领域。其中,相位法测距精度较高,可以达到1毫米的级别,但是不同量程需要切换不同的“测量尺”,且抗强光干扰能力相对较弱。脉冲测距方法测距(例如单脉冲飞行时间(Time of flight,TOF))的实现方法相对简单,精度可以达到3厘米左右,抗强光干扰,误差大小受量程影响较小。

[0003] 通常,相位测距法是测距仪(包括激光雷达)对激光的强度进行调制,通过测量相位延迟来确定被测距离。其原理如1所示。其中,测距光往返时间与光波相位变化的关系为:

$$[0004] \quad t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{2\pi N + \Delta\varphi}{\omega},$$

[0005]  $\omega$ -----调制光波的角频率;

[0006]  $N$ -----整数长的个数;

[0007] 式中, $\Delta\varphi$ -----不足一个波长的相位尾数。

[0008] 基于此,周期信号无法区分整数周期 $N$ ,测尺必须保证 $N$ 为零。所以测程主要由测尺决定,精度由 $\Delta\varphi$ 决定。因此,至少需要高低不同的频率去测量同一距离,在实际应用过程中需要用到三个甚至多个频率测量,这样就使得测量时效性大大降低,每秒测量的点数较少。由此,单独利用相位法测距需要综合考虑测程、测量精度等因素,多于两个频率的多频率测量方式能够解决量程与测尺的矛盾问题,但是却降低了增加了测量所需要的时间,大大降低了实效性。

[0009] 而基于单脉冲TOF(time of flight)原理实现测距的激光雷达,其实现方式相对简单,能够快速完成测距过程,但是精度往往限制在3cm左右。

[0010] 综上,现有的激光雷达技术无法快速有效地实现在测量较大量程的同时,确保较高的测量精度。

### 发明内容

[0011] 本发明实施例提供一种激光雷达和激光雷达的测距方法,以结合脉冲法测距的大量程和相位法测距的高精度的优势,从而有利于快速有效地实现在测量较大量程的同时,确保较高的测量精度。

[0012] 第一方面,本发明实施例提出一种激光雷达,该激光雷达包括:

[0013] 脉冲法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第一频率的第一发射激光光束,并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第一回波激光光束;

[0014] 第一距离解算单元,与所述脉冲法测距单元连接,用于根据所述脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离;

[0015] 相位法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第二频率的第二发射激光光束,并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第二回波激光光束;

[0016] 第二距离解算单元,与所述相位法测距单元连接,用于根据所述相位法测距单元收发激光光束的相位差以及所述第二频率确定相位法下的余尺长度;以及

[0017] 数据处理单元,分别与所述第一距离解算单元和所述第二距离解算单元连接;所述数据处理单元用于根据所述第一测量距离和所述余尺长度确定基于相位法下的整尺数量;所述数据处理单元还用于根据所述整尺数量、所述余尺长度以及所述第一测量距离确定实际测量距离。

[0018] 在一实施例中,所述数据处理单元还用于在所述整尺数量与所述整尺数量的取整值之间的偏差在预设偏差范围内时,对所述整尺数量进行取整后结合所述余尺长度确定相位法下的第二测量距离,并将所述第二测量距离作为实际测量距离。

[0019] 在一实施例中,所述数据处理单元还用于在所述整尺数量与所述整尺数量的取整值之间的偏差不在预设偏差范围内时,将所述第一测量距离作为实际测量距离。

[0020] 在一实施例中,所述第一距离解算单元和所述第二距离解算单元均集成在所述数据处理单元内;或者

[0021] 所述第一距离解算单元与所述脉冲法测距单元集成为一个模块,所述第二距离解算单元与所述相位法测距单元集成为一个模块。

[0022] 在一实施例中,所述第一频率大于所述第二频率。

[0023] 在一实施例中,所述脉冲法测距单元和所述相位法测距单元的发射同轴且接收同轴,或者所述脉冲法测距单元和所述相位法测距单元的发射同轴且接收离轴。

[0024] 在一实施例中,该激光雷达还包括发射光学单元;所述发射光学单元包括第一反射镜和第一半透半反镜;

[0025] 所述脉冲法测距单元的发射端包括第一激光发射器和第一发射镜片组;所述第一发射镜片组用于将所述第一激光发射器出射的光束聚焦准直成第一初始光束;

[0026] 所述相位法测距单元的发射端包括第二激光发射器和第二发射镜片组;所述第二发射镜片组用于将所述第二激光发射器出射的光束聚焦准直成第二初始光束;

[0027] 所述第一初始光束经由所述第一反射镜反射后穿过所述第一半透半反镜形成第一发射激光光束,所述第二初始光束经由所述第一半透半反镜反射后形成与所述第一发射激光光束同轴的第二发射激光光束;或者

[0028] 所述第一初始光束经由所述第一半透半反镜反射后形成第一发射激光光束,所述第二初始光束经由所述第一反射镜反射后穿过所述第一半透半反镜后形成与所述第一发射激光光束同轴的第二发射激光光束。

[0029] 在一实施例中,所述脉冲法测距单元的接收端包括沿所述第一回波激光光束的传输方向依次设置的第一接收镜片组、第一滤光片和第一光电接收器件;

[0030] 所述第一接收镜片组用于将所述第一回波激光光束聚焦,所述第一滤光片用于滤

除所述第一回波激光光束中的干扰信号,所述第一光电接收器件用于将所述第一回波激光光束转换为脉冲电流信号;

[0031] 所述相位法测距单元的接收端包括沿所述第二回波激光光束的传输方向依次设置的第二接收镜片组、第二滤光片和第二光电接收器件;

[0032] 所述第二接收镜片组用于将所述第二回波激光光束聚焦,所述第二滤光片用于滤除所述第二回波激光光束中的干扰信号,所述第二光电接收器件用于将所述第二回波激光光束转换为连续电流信号。

[0033] 在一实施例中,所述第一回波激光光束和所述第二回波激光光束通过同一接收窗口进行接收;或者

[0034] 所述第一回波激光光束和所述第二回波激光光束通过不同的接收窗口进行接收,且不同的所述接收窗口分别位于所述激光雷达的发射窗口的两侧。

[0035] 第二方面,本发明实施例还提出一种激光雷达的测距方法,该激光雷达的测距方法包括:

[0036] 根据脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离;

[0037] 根据相位法测距单元收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度;其中,所述第二频率为所述相位法测距单元发射的激光光束的频率;

[0038] 根据所述第一测量距离和所述余尺长度确定基于相位法下的整尺数量;以及

[0039] 根据所述整尺数量、所述余尺长度以及所述第一测量距离确定实际测量距离。

[0040] 本发明实施例提供的激光雷达包括脉冲法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第一频率的第一发射激光光束,并接收由目标扫描区域内的物体反射回来的第一回波激光光束;第一距离解算单元,与脉冲法测距单元连接,用于根据脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离;相位法测距单元,用于向目标扫描区域发射具有第二频率的第二发射激光光束,并接收由目标扫描区域内的物体反射回来的第二回波激光光束;第二距离解算单元,与相位法测距单元连接,用于根据相位法测距单元收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度;以及数据处理单元,分别与第一距离解算单元和第二距离解算单元连接;数据处理单元用于根据第一测量距离和余尺长度确定基于相位法下的整尺数量;数据处理单元还用于根据整尺数量、余尺长度以及第一测量距离确定实际测量距离,由此结合脉冲法测距的大量程和单频相位法测距的高精度的优势,可快速有效地实现在测量较大量程的同时,确保较高的测量精度。

## 附图说明

[0041] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0042] 图1是激光雷达基于相位法测距的测距原理;

[0043] 图2是本发明实施例提供的激光雷达的结构示意图;

[0044] 图3是本发明实施例提供的另一种激光雷达的结构示意图;

[0045] 图4是本发明实施例提供的激光雷达的一种发射端的结构示意图;

- [0046] 图5是本发明实施例提供的激光雷达的另一种发射端的结构示意图；
- [0047] 图6是本发明实施例提供的激光雷达的一种视窗分布方式示意图；
- [0048] 图7是本发明实施例提供的激光雷达的一种接收端的结构示意图；
- [0049] 图8是本发明实施例提供的激光雷达的另一种接收端的结构示意图；
- [0050] 图9是本发明实施例提供的激光雷达的另一种视窗分布方式示意图；
- [0051] 图10是本发明实施例提供的激光雷达的又一种接收端的结构示意图；
- [0052] 图11是本发明实施例提供一种激光雷达的测距方法的流程示意图。

### 具体实施方式

[0053] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明，而非对本发明的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。

[0054] 本发明实施例的改进点在于：通过在激光雷达中集成脉冲法测距单元和相位法测距单元，可利用脉冲测距法和相位测距法各自的优势，快速有效地实现测量较大量程的同时，确保较高的测量精度，从而有利于提升激光雷达的性能指标。

[0055] 下面结合图2-图11，对本发明实施例提供的激光雷达以及激光雷达的测距方法进行示例性说明。

[0056] 参考图2，该激光雷达10包括：脉冲法测距单元110、第一距离解算单元131、相位法测距单元120、第二距离解算单元141以及数据处理单元130；脉冲法测距单元110用于向目标扫描区域发射具有第一频率的第一发射激光光束，并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第一回波激光光束，第一距离解算单元131与脉冲法测距单元110连接，用于根据脉冲法测距单元110收发激光光束的时间计算得到第一测量距离。相位法测距单元120用于向目标扫描区域发射具有第二频率的第二发射激光光束，并接收由所述目标扫描区域内的物体反射回来的第二回波激光光束，第二距离解算单元141与相位法测距单元120连接，用于根据相位法测距单元120收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度。数据处理单元130分别与第一距离解算单元131和第二距离解算单元141连接；数据处理单元130用于根据第一测量距离和余尺长度确定基于基于相位法下的整尺数量；数据处理单元130还用于根据整尺数量、余尺长度以及第一测量距离确定实际测量距离。

[0057] 在一实施例中，第一频率为高频，第二频率为低频，或者第一频率大于第二频率且二者的频率差至少能够大于激光雷达的识别能力，从而确保两个频率的激光光束能够被正确接收并被正确识别。通过设置第二频率为相对较小的频率，能够确保相位法测距具有较高的精度。

[0058] 上述激光雷达在进行测距时，融合了相位法测距和脉冲法（也即TOF，时间飞行法）测距，实际测距距离会根据脉冲法测量的第一测距距离以及相位法测量得到的余尺长度，以及通过脉冲法和余尺长度确定出来的整尺数量来进行确定，从而能够确保在兼顾测量有效性的同时，实现高精度测量，且能够降低相位法测量过程中对测尺的要求。

[0059] 在一实施例中，第一距离解算单元131可以根据第一发射激光光束的时间以及接收到的第一回波激光光束的时间来确定二者的时间差，进而结合光速来确定测量距离，得到第一测量距离D1。



[0060] 第二距离解算单元141可以根据第二发射激光光束的相位以及接收到的第二回波激光光束的相位确定二者的相位差,进而结合第二频率求取出余尺长度 a。具体地,余尺长度a的计算公式如下:

$$[0061] \quad a = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \times L$$

[0062] 其中,  $\Delta\varphi$  为不足整周期波的余相位,可以根据第二距离解算单元141对相位法测距单元120的收发激光光束的相位进行读取即可求取得到;L为测尺长度,其计算公式如下:

$$[0063] \quad L = \frac{c}{2f}$$

[0064] 其中,c表示光速,f表示第二频率。第二频率和光速均已知,因此测尺长度L也是固定已知的,故可以计算得到余尺长度a。

[0065] 在一实施例中,数据处理单元130可以根据以下公式确定整尺数量:

$$[0066] \quad N \times L + a = D1$$

[0067] 在上式中,D1为TOF测距的距离,N为整尺数量。上式中,实际上左边的总和即为相位法测距的结果,右侧则为TOF测距得到的结果。在没有出错的情况下,二者测量的结果是较为接近的,仅仅是由于二者的测量精度问题会存在一些偏差。因此可以令二者相等,以求得整尺数量N。

[0068] 进一步的,数据处理单元130会对计算得到的整尺数量N进行判断,如果整尺数量N与其取整值之间的偏差在预设偏差范围内,则表示相位法测量为有效测量,从而可以将整尺数量N取整后代入上式左侧得到相位法下的第二测量距离,并将该测量距离作为实际测量距离。如果整尺数量N与其取整值之间的偏差不在预设偏差范围内,则表示相位法测量为无效测量,此时则将第一测量距离D1作为实际测量距离。

[0069] 示例性的,整尺数量与其取整值之间的预设偏差范围可为 $\pm 0.05$ 。例如,若计算得出的测尺数量为1.01,其取整值为1,二者的偏差为0.01,该偏差在预设偏差范围 $\pm 0.05$ 之内,可以直接将整尺数量的取整值来计算的得到相位法的测量距离并作为实际结果进行输出;又例如,若计算得出的测尺数量为4.96,其取整值为5,二者的偏差为-0.04,该偏差在预设偏差范围 $\pm 0.05$ 之内,可以直接将整尺数量的取整值来计算的得到相位法的测量距离并作为实际结果进行输出。若计算得出的整尺数量为4.7、9.5等,4.7的取整值是5,二者的偏差为-0.3,9.5的取整值为10,二者的偏差为-0.5,均超出预设偏差范围 $\pm 0.05$ ,此时以第一测量距离作为实际测量距离。

[0070] 在其他实施方式中,预设偏差范围还可根据激光雷达10的需求设置,本发明实施例对此不赘述也不限定。

[0071] 上述激光雷达,通过将相位法和脉冲TOF测距法进行融合,能够确定出来相位法测距中的整尺数量,进而根据该整尺数量以及余尺长度计算得到相位法下的测距,使得结果具有较高的精度。并且,由于整尺数量N能够通过融合方法求取得到,因此相位法测距过程不会受限于测尺长度,可以选择较小的测尺来实现,进而能够确保测量结果具有足够的精度。同时,上述激光雷达中由于融合了脉冲TOF测距,并采用了上述融合算法,使得相位法测距单元只需要发射一种频率的激光光束即可完成测量。



[0072] 相对于传统的相位法测距而言,其为了实现长测程和高精度,一般使用的接近方法是,当测距距离大于基本测尺(也即精测测尺)时,会在使用一个或者几个辅助测尺(又叫做粗测测尺),从而将各测尺测得的距离值进行组合来得到单一且精确的距离信息。这种测距方法需要发射多个不同频率的激光光束,测量时间较长,时效性较低,每秒测量的点数较少。而本实施例中的激光雷达能够很好的克服上述问题,极大的降低了测量所需的时间,大大提高了时效性,彻底解决了量程和测尺的矛盾问题。

[0073] 上述激光雷达还会在确定整尺数量为无效测量时,会将脉冲TOF测距下的结果作为实际结果进行输出,虽然输出的精度降低但是能够确保激光雷达能够有正确的测距结果输出,能够克服采用单一的相位法测距时抗干扰性较差的缺点。通常,单独的相位法测距其具有较高的精度,能够达到毫米级别,但是其对抗强光的能力较弱,当在强光环境下使用时,会受到强光的干扰,严重可能会无法正常工作。本案中的激光雷达则能够很好地解决这个问题,由于TOF测距能够抗强光干扰,即便是在强光环境下,如果判断出相位法测量为无效测量,也可以将TOF的测距结果进行输出,从而确保激光雷达能够正常工作。

[0074] 上文中,仅示例性的示出了第一距离解算模块131得到的脉冲法测距数据与第二距离结算模块141得到的相位法测距余尺数据的融合方式。在其他实施方式中,还可采用本领域技术人员可知的其他方式将脉冲法测距数据与相位法测距余尺数据融合,以得到实际测量距离,本发明实施例对此不作限定。

[0075] 在一实施例中,参照图3,第一距离解算单元131和第二距离解算单元141均集成在数据处理单元130内。

[0076] 在其他实施方式中,还可设置第一距离解算单元131与脉冲法测距单元110集成为一个模块,第二距离解算单元141与相位法测距单元120集成为一个模块;或者采用本领域技术人员可知的其他集成设置方式,可根据激光雷达10的实际需求设置,以减少激光雷达10的结构划分的数量,从而有利于提高其集成度,有利于减小激光雷达10的整体体积,实现其小型化设计。

[0077] 在一实施例中,参照图4或图5,脉冲法测距单元110与相位法测距单元120的发射同轴。即脉冲法测距单元110的发射端发出的第一发射激光光束100与相位法测距单元120的发射端发出第二发射激光光束200同轴设置。

[0078] 如此设置,可使第一发射激光光束100和第二发射激光光束200在时间和空间上实现同步探测,即两探测光束在同一时刻照射在同一方向上,从而实现脉冲法测距得到的第一测量距离和单频相位法测距得到的余尺长度在时间和空间上的同步,进而确保探测准确性。

[0079] 示例性的,第一发射激光光束100和第二发射激光光束200的同轴设置可采用本领域技术人员可知的任一种方式实现,本发明实施例对此不限定。下文中,基于图4和图5,结合第一反射镜和第一半透半反镜进行示例性说明。

[0080] 在一实施例中,继续参照图4和图5,该激光雷达10还包括发射光学单元,发射光学单元包括第一反射镜123和第一半透半反镜113;

[0081] 脉冲法测距单元110的发射端包括第一激光发射器111和第一发射镜片组112;第一发射镜片组112用于将第一激光发射器111出射的光束聚焦准直成第一初始光束101;相位法测距单元120的发射端包括第二激光发射器121和第二发射镜片组122;第二发射镜片

组122用于将第二激光发射器121出射的光束聚焦准直成第二初始光束201；第一初始光束101经由第一反射镜123反射后穿过第一半透半反镜113形成第一发射激光光束100，第二初始光束201经由第一半透半反镜113反射后形成与第一发射激光光束100同轴的第二发射激光光束200，如图5；或者第一初始光束101经由第一半透半反镜113反射后形成第一发射激光光束100，第二初始光束201经由第一反射镜123反射后穿过第一半透半反镜113后形成与第一发射激光光束100同轴的第二发射激光光束200，如图4。

[0082] 如此，可实现第一发射激光光束100和第二发射激光光束200同轴设置。

[0083] 同时，通过第一发射镜片组112对第一激光发射器111出射的光束进行聚焦准直，有利于提高第一发射激光光束100的光密度，从而有利于提高脉冲法测距单元110的测量准确性；与此同理，通过第二发射镜片组122对第二激光发射器121出射的光束进行聚焦准直，有利于提高第二发射激光光束200的光密度，从而有利于提高相位法测距单元120的测量准确性；进而，有利于提高激光雷达10的远距离测量的测量准确性。

[0084] 同时，图4和图5示出的激光雷达10的结构中，通过利用第一反射镜123对光束进行反射，以及利用第一半透半反镜113对光束选择性地反射和透射，以实现第一发射激光光束100与第二发射激光光束200同轴设置，可使激光雷达10的整体结构较简单，有利于减小激光雷达10的整体体积，实现其小型化设计。

[0085] 示例性的，图4和图5中，仅示例性的示出了第一发射镜片组112和第二发射镜片组122分别包括两个凸透镜。在激光雷达10的实际产品结构中，在可实现对光束聚焦和准直的前提下，上述各发射镜片组还可设置为本领域技术人员可知的其他镜片或镜片组结构，本发明实施例对此不限定。

[0086] 在一实施例中，脉冲法测距单元110的发射端的第一激光发射器111包括脉冲激光二极管，相位法测距单元120的发射端的第二激光发射器121包括连续激光二极管；其中，脉冲激光二极管与连续激光二极管的波段范围不同。

[0087] 如此，可使脉冲法测距单元110与相位法测距单元120的激光信号之间不存在相互干扰，从而有利于实现同步利用脉冲法和单频相位法对同一距离进行测量。

[0088] 示例性的，脉冲激光二极管的占空比小于1%，其瞬时功率可为几十瓦（例如30W或50W），一个周期内的发光时间可为几个纳秒（例如2ns或3ns）；连续激光二极管的峰值功率可为几个毫瓦（例如2mW或3mW）。

[0089] 在其他实施方式中，脉冲激光二极管和连续激光二极管的工作参数还可根据激光雷达10的需求设置，本发明实施例对此不赘述也不限定。

[0090] 上文中结合图4-图5，对激光雷达10的发射端的结构进行了示例性说明，在其他实施方式中，激光雷达10的发射端还可包括本领域技术人员可知的其他光学元件或电学元件，本发明实施例对此不赘述也不限定。

[0091] 下面结合图6-图10，对激光雷达10的接收端的结构进行示例性说明。激光雷达10的接收端可设置一个接收窗口，即脉冲法测距单元和相位法测距单元的接收同轴，以图6、图7和图8示出；也可设置两个接收窗口，即脉冲法测距单元和相位法测距单元的接收离轴，以图9和图10示出。

[0092] 在一实施例中，结合图2和图6，脉冲法测距单元110的接收端接收第一回波激光光束300，相位法测距单元120的接收端接收第二回波激光光束400；其中，第一回波激光光束

300和第一回波激光光束400同轴进入同一接收窗口 500。

[0093] 如此,可使激光雷达10的接收窗口的数量较少,集程度较高,且外观简洁。

[0094] 其中,第一回波激光光束300和第一回波激光光束400进入同一接收窗口 500后被分束,分别接收并处理,下文中结合图7和图8进行示例性说明。

[0095] 需要说明的是,图6中仅示例性的示出了发射窗口150与接收窗口500左右相邻设置,在其他实施方式中,发射窗口150与接收窗口500的相对位置关系还可根据激光雷达10的需求设置,本发明实施例对此不作限定。

[0096] 或者,在一实施例中,结合图2和图9,脉冲法测距单元110的接收端接收第一回波激光光束300,相位法测距单元120的接收端接收第二回波激光光束400;其中,第一回波激光光束300和第一回波激光光束400分别独立地进入不同的接收窗口,分别以第一接收窗口510和第二接收窗口520示出,亮接收窗口分别位于激光雷达10的发射窗口150的两侧。

[0097] 如此,可使脉冲法测距单元110和相位法测距单元120分别独立地接收回光信号,光学系统相对简单,回光信号的强度相对较强,测距准确性较高,下文中结合图10进行示例性说明。

[0098] 在一实施例中,该激光雷达10还包括发射窗口150,第一接收窗口510和第二接收窗口520对称设置于发射窗口150的两侧。

[0099] 如此,激光雷达10的第一接收窗口510和第二接收窗口520之间的距离较大,第一回波激光光束300和第一回波激光光束400之间的相互干扰较小,测距准确性较高。同时,激光雷达10的结构对称,便与设计 and 制作。

[0100] 需要说明的是,图9中仅示例性的示出了第一接收窗口510和第二接收窗口520分立的设置于发射窗口150相对两侧,在其他实施方式中,第一接收窗口510、第二接收窗口520以及发射窗口150的相对位置关系还可根据激光雷达 10的需求设置,本发明实施例对此不作限定。

[0101] 在一实施例中,结合图9和图10,脉冲法测距单元110的接收端包括沿第一回波激光光束300的传输方向依次设置的第一接收镜片组132、第一滤光片 134和第一光电接收器件136;第一接收镜片组132用于将第一回波激光光束 300聚焦,第一滤光片134用于滤除第一回波激光光束300中的干扰信号,第一光电接收器件136用于将第一回波激光光束300转换为脉冲电流信号;相位法测距单元120的接收端包括沿第二回波激光光束400的传输方向依次设置的第二接收镜片组142、第二滤光片144和第二光电接收器件146;第二接收镜片组142用于将第二回波激光光束400聚焦,第二滤光片144用于滤除第二回波激光光束400中的干扰信号,第二光电接收器件146用于将第二回波激光光束 400转换为连续电流信号。

[0102] 如此,可利用脉冲法测距单元110的接收端接收第一回波激光光束300,利用相位法测距单元120的接收端接收第二回波激光光束400;且回光信号整体强度较高,干扰信号较小,从而有利于提高测距准确性。

[0103] 在一实施例中,结合图6和图7,在第一回波激光光束300和第一回波激光光束400同轴进入同一接收窗口500的结构中:脉冲法测距单元110的接收端还包括第二半透半反镜138,相位法测距单元120的接收端还包括第二反射镜148;第二半透半反镜138用于反射待测回波信号中的第一回波激光光束300,以及用于透射待测回波信号中的第二回波激光光束400;第二反射镜148用于反射第二回波激光光束400。

[0104] 如此,可利用第二半透半反镜138将回波信号中的第一回波激光光束300 和第二回波激光光束400进行分束,并分别处理,以得到第一测量距离和第二测量距离。

[0105] 在一实施例中,结合图6和图8,在第一回波激光光束300和第二回波激光光束400同轴进入同一接收窗口500的结构中:脉冲法测距单元110的接收端还包括第二反射镜148,相位法测距单元120的接收端还包括第二半透半反镜138;第二半透半反镜138用于反射待测回波信号中的第二回波激光光束400,以及用于透射待测回波信号中的第一回波激光光束300;第二反射镜148用于反射第一回波激光光束300。

[0106] 如此,可利用第二半透半反镜138将回波信号中的第一回波激光光束300 和第二回波激光光束400进行分束,并分别处理,以得到第一测量距离和第二测量距离。

[0107] 下面基于图7,示例性的说明接收端的工作原理。

[0108] 参照图7,激光雷达10的接收端由第一光电接收器件136和第二光电接收器件146以及与其配套的光学元件构成两组接收组,分别以脉冲法测距单元110 的接收端和相位法测距单元120的接收端示出,两组接收组可互换位置(如图 8所示)。其中,脉冲法测距单元110的接收端对应为脉冲法测距单元110的发射端的光源的波段激光回光的接收组,相位法测距单元120的接收端对应为相位法测距单元120的发射端的光源的波段激光回光的接收组,可以通过滤光片(包括第一滤光片134和第二滤光片144)分别对其敏感波段进行筛选,以提高信噪比。在其他实施方式中,滤光片与接收镜片组(包括第一接收镜片组132 和第二接收镜片组142)在光路中的前后位置可以置换,或者可以在接收镜片组前额外对应增加相同参数的滤光片,本发明实施例对此不作限定。

[0109] 示例性的,结合图7,回光信号中包含了高频脉冲激光和低频相位法调制激光,回光信号通过第二半透半反镜138后,一半的回光信号经过第一接收镜片组132进行聚焦,即第一接收镜片组132对脉冲法测距单元110的回光信号(即第一回波激光光束300)进行聚焦,然后第一回波激光光束300通过第一滤光片134后,非脉冲法测距单元110的光源的波段的光和相位法测距单元120的回光都被滤除,只有脉冲法测距单元110的光源的回光信号到达光敏器件(即第一光电接收器件136)处。脉冲法测距单元110的光源的回光信号通过第一光电接收器件136转化为脉冲电流信号,通过脉冲TOF距离解算模块(即第一距离解算单元131)的软硬件处理后,得到脉冲TOF的测量数据,即第一测量距离。同时,包含脉冲和相位法调制光的回光信号有一半透过第二半透半反镜138到达第二反射镜148,然后通过第二接收镜片组142和第二滤光片144 后,只剩下脉冲法测距单元120的光源对应波段的激光回波信号。脉冲法测距单元120的回光信号通过第二光电接收器件138转化为连续电流信号,该信号通过相位法距离解算模块(即第二距离解算单元141)的软硬件处理后得到单频相位法的测量数据,即得到相位法测距的余尺长度。

[0110] 其中,脉冲TOF的测量数据的距离精度可以控制在正负3cm左右,包含量程信息,而相位法的精度可以控制在毫米级别但是不包含完整的量程信息(因为相位法测距公式为

$$t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{2\pi N + \Delta\varphi}{\omega}$$

由此只发一个频率的光无法确定N) 的值。本发明实施例中,可

以通过对脉冲TOF的量程信息和单频相位法测距的高精度余尺长度信息进行融合,得到高精度的完整测量信息,从而实现大量程高精度的距离信息的快速有效测量。

[0111] 在上述实施方式的基础上,本发明实施例还提供了一种激光雷达的测距方法。该激光雷达的测距方法可应用上述实施方式提供的任一种激光雷达执行,因此,该激光雷达的测距方法也具有上述实施方式中的激光雷达所具有的有益效果,相同之处可参照上文中对激光雷达的解释说明进行理解,在此不再赘述。

[0112] 示例性的,参照图11,该激光雷达的测距方法可包括:

[0113] S610、根据脉冲法测距单元收发激光光束的时间计算得到第一测量距离。

[0114] 示例性的,该步骤可包括第一距离解算单元利用脉冲法测距单元的收发激光光束的时间计算得到第一测量距离。

[0115] S620、根据相位法测距单元收发激光光束的相位差以及第二频率确定相位法下的余尺长度。

[0116] 其中,第二频率为相位法测距单元发射的激光光束的频率

[0117] 示例性的,该步骤可包括可用第二距离解算单元利用相位法测距单元收发激光光束的相位差以及第二频率计算得到相位法的余尺长度。

[0118] S630、根据第一测量距离和余尺长度确定基于相位法下的整尺数量。

[0119] 示例性的,该步骤可包括,根据相位法的测尺长度、余尺长度以及脉冲法测距的第一测量距离计算测尺数量。

[0120] S640、根据整尺数量、余尺长度以及第一测量距离确定实际测量距离。

[0121] 示例性的,该步骤可包括判断整尺数量与其取整后的数值之间的差值是否在预设偏差范围内;若是,则基于取整后的测尺数量、测尺长度以及余尺长度计算实际测量距离;若否,则将第一测量距离作为实际测量距离。

[0122] 如此,本发明实施例提供过的测距方法中,通过上述脉冲法测距得到的第一测量距离与相位法测距得到的余尺长度进行数据融合,可计算得出完整测尺数量,并对测尺数量取整,即得到N0值,将N0值带回上述公式的左侧,基于确定的测尺数量以及精确的测尺精度即可得到较准确的实际测量距离,即得到高精度的完整测量信息。

[0123] 在其他实施方式中,还可采用本领域技术人员可知的其他方式将第一测量距离和相位法下的余尺长度进行融合,本发明实施例对此不赘述也不限定。

[0124] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

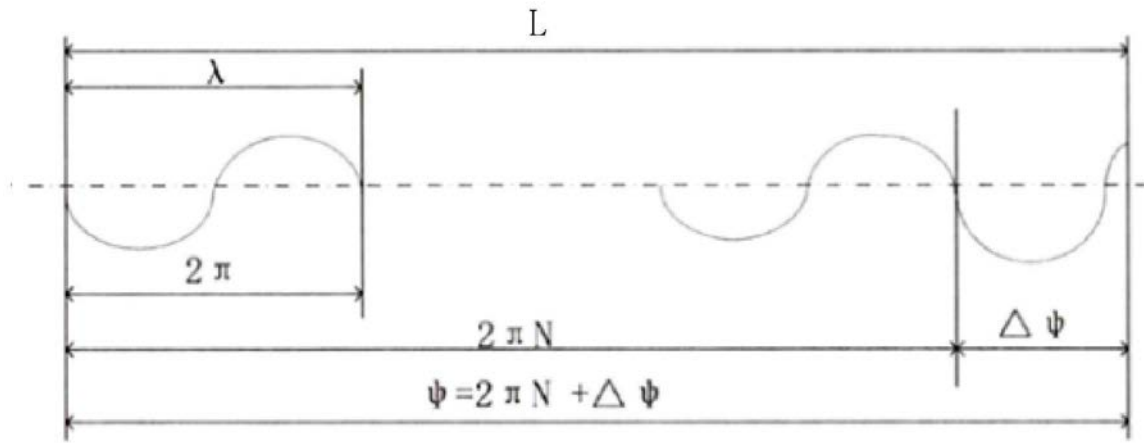


图1

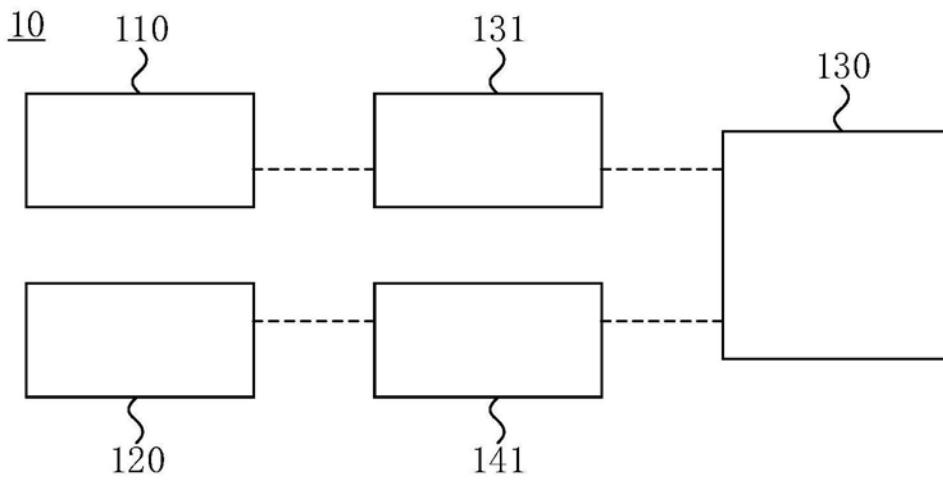


图2

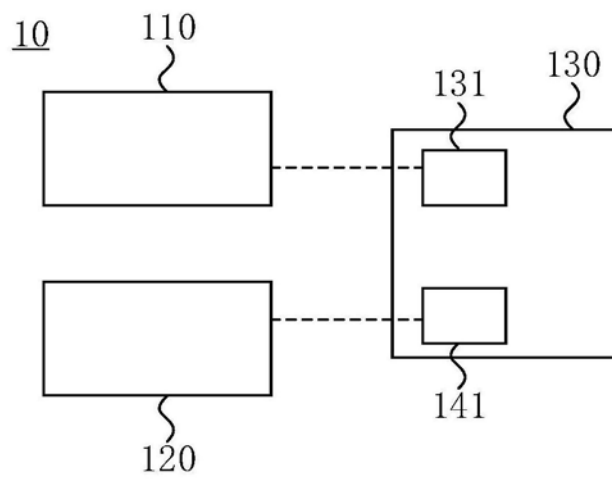


图3

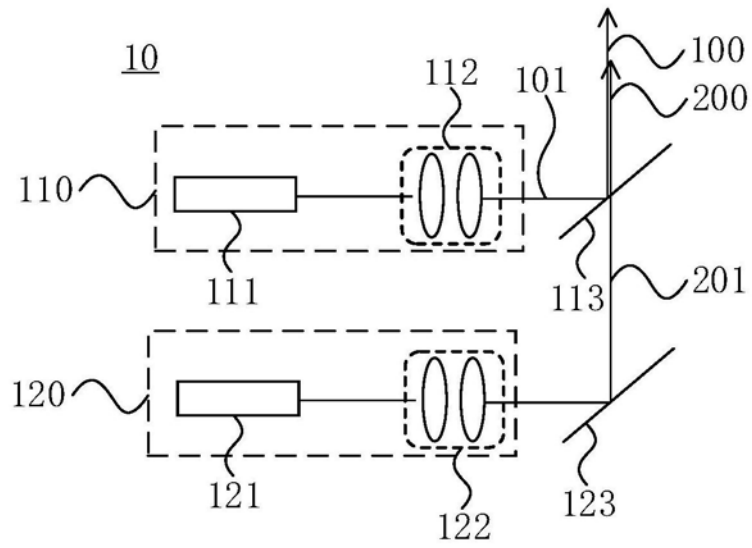


图4

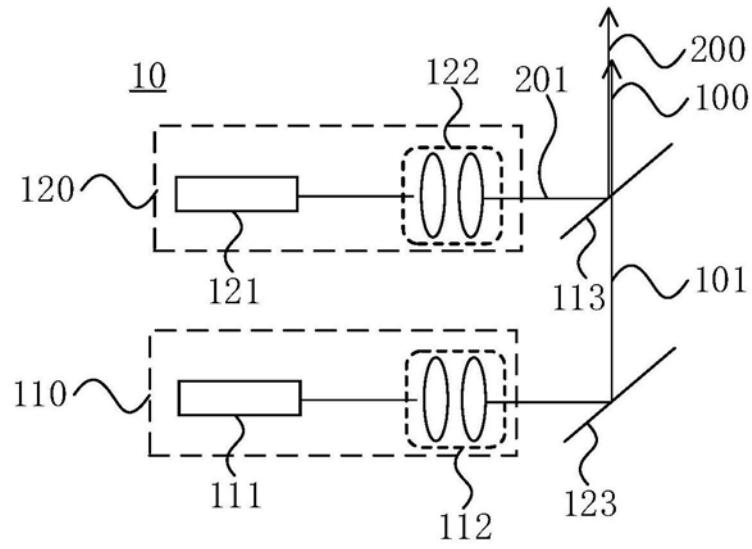


图5



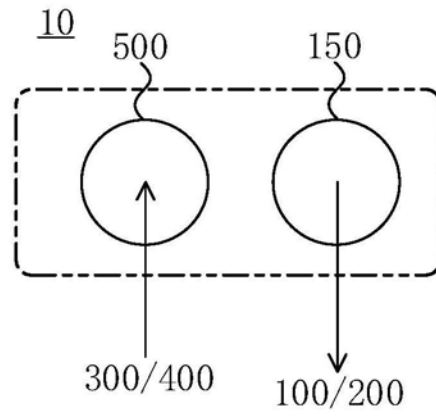


图6

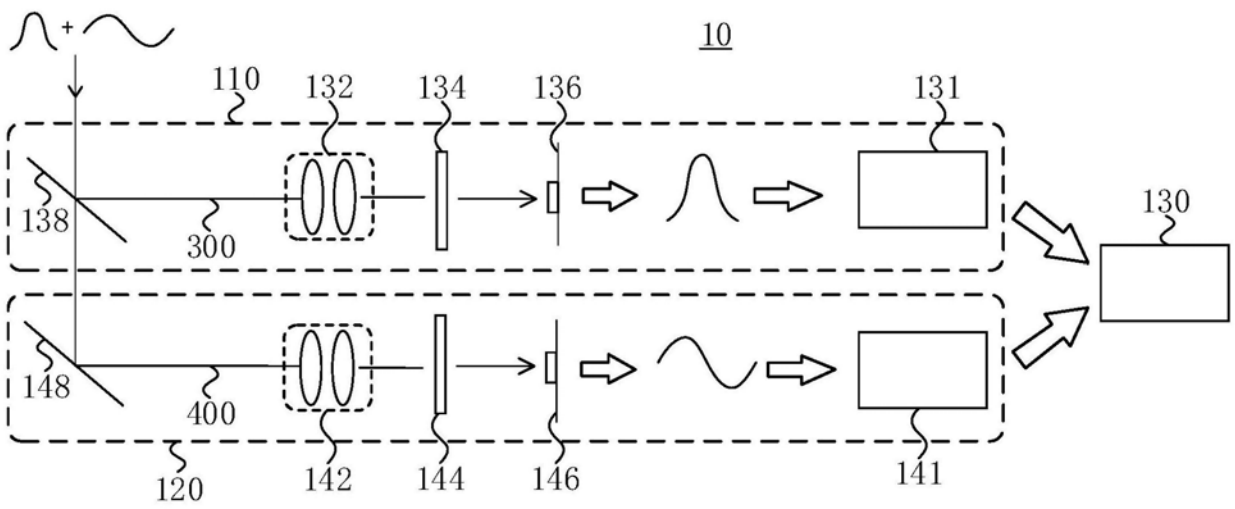


图7

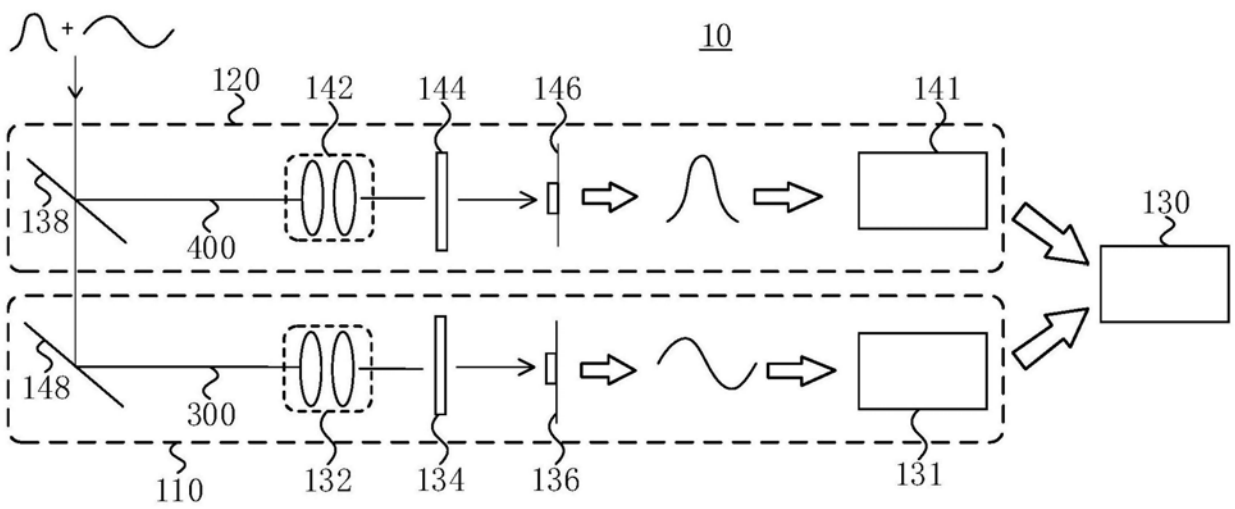


图8

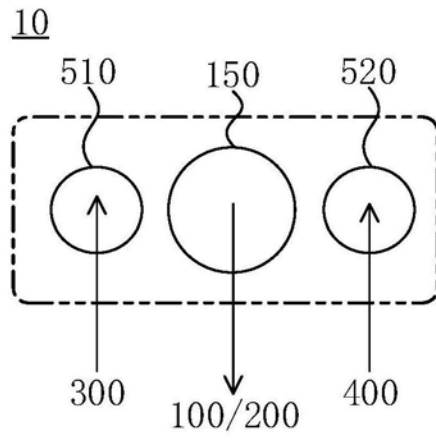


图9

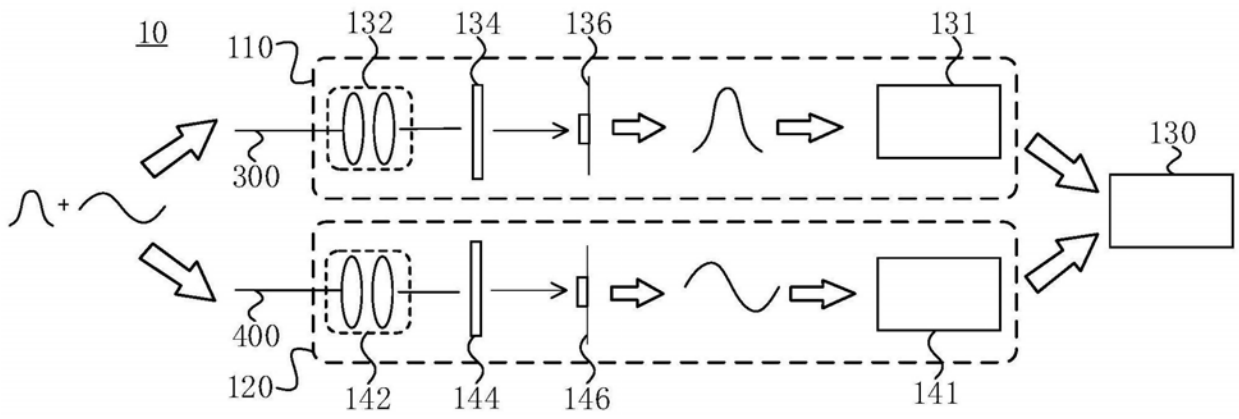


图10

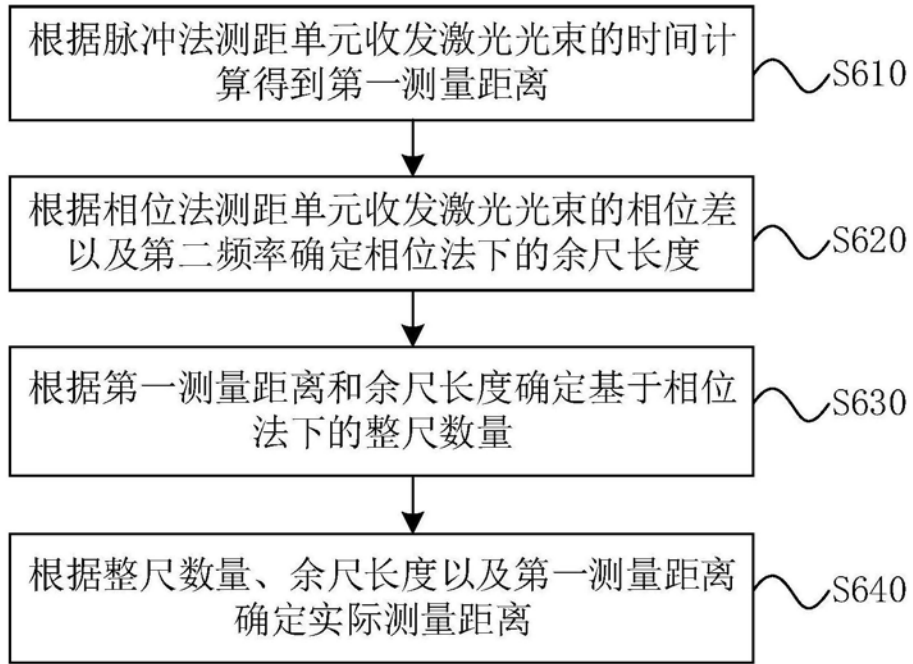


图11