



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113064139 B

(45) 授权公告日 2024.02.06

(21) 申请号 202110274257.6

G01S 7/484 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.15

G01S 7/4865 (2020.01)

G01S 17/48 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113064139 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2021.07.02

CN 106338799 A, 2017.01.18

CN 110780278 A, 2020.02.11

(73) 专利权人 深圳煜炜光学科技有限公司

CN 112304443 A, 2021.02.02

CN 208654311 U, 2019.03.26

地址 518000 广东省深圳市南山区桃源街  
道福光社区留仙大道3370号南山智园  
崇文园区3号楼2801、2802房

US 2016252619 A1, 2016.09.01

WO 2020038062 A1, 2020.02.27

(72) 发明人 袁志林 张石 李亚锋

审查员 杨慧蕾

(74) 专利代理机构 深圳市六加知识产权代理有限公司 44372

专利代理师 崔肖肖 向彬

(51) Int. Cl.

G01S 7/481 (2006.01)

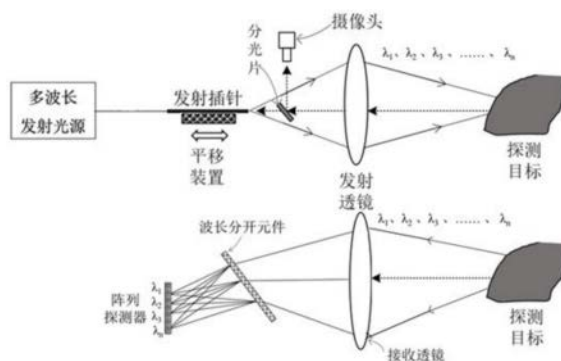
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

一种高测量精度的激光雷达及其使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高测量精度的激光雷达及其使用方法,高测量精度的激光雷达包括多波长发射光源、发射插针、发射透镜、接收透镜、波长分开元件和阵列探测器;所述多波长发射光源用于提供不同波长的光信号,所述发射插针用于发射多波长复用的探测光信号,由所述发射透镜进行准直发射或者聚焦发射;所述阵列探测器用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,进行求和取平均,继而计算出目标的距离。本发明对现有激光雷达的光路设计进行改进,将多个波长的光信号耦合进同一个探测光脉冲同时进行发射探测,得到各波长对同一探测目标的距离数据,对各个波长对应的距离数据求和取平均,避免随机误差的影响,提高激光雷达的测量精度。



1. 一种高测量精度的激光雷达,其特征在于,包括多波长发射光源、发射插针、发射透镜、接收透镜、波长分开元件和阵列探测器;

所述多波长发射光源用于提供不同波长的光信号,所述多波长发射光源与所述发射插针耦合;所述发射插针作为二级发射光源,用于发射多波长复用的探测光信号,由所述发射透镜进行准直发射或者聚焦发射;

所述接收透镜用于将目标反射回来的多波长复用的探测光信号接收至所述波长分开元件;所述波长分开元件用于将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开;

所述阵列探测器用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,进行求和取平均,继而计算出目标的距离;

由所述发射透镜进行聚焦发射时,所述高测量精度的激光雷达还包括平移装置和摄像头;

所述平移装置与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而调节所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ;

所述摄像头用于采集不同探测距离处的标定物图像,进而结合标定物图像清晰度对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,并存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系。

2. 如权利要求1所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,所述多波长发射光源包括不同的单波长光源和阵列波导光栅,其中,所述不同的单波长光源发射的光信号由所述阵列波导光栅接收,所述阵列波导光栅用于将不同的单波长光源发射的光信号进行耦合,得到多波长复用的探测光信号。

3. 如权利要求1所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,所述多波长发射光源包括宽光谱光源,所述宽光谱光源用于提供不同波长的光信号。

4. 如权利要求1或所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,所述阵列探测器的不同位置处均设有像元,所述像元均为独立控制,用于获取不同波长的光信号单独的传输时间。

5. 如权利要求4所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,所述阵列探测器包括处理器,所述处理器用于对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均,继而计算出目标的距离。

6. 如权利要求1所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,还包括位置传感器,所述位置传感器与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于监控所述发射插针或所述发射透镜的实时位置,进而确定所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。

7. 如权利要求6所述的高测量精度的激光雷达,其特征在于,还包括数据寄存器和平移控制装置,且所述位置传感器、所述数据寄存器、所述平移控制装置和所述平移装置依次连接,其中,所述数据寄存器用于预先存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系;所述平移控制装置用于根据从所述数据寄存器中读取的相对距离 $d_1$ 控制所述平移装置,进而将所述多波长发射光源或所述发射透镜移动到指定位置。

8. 一种高测量精度的激光雷达的使用方法,其特征在于,采用权利要求1-7任一所述的高测量精度的激光雷达,使用方法包括:

选取多个不同的探测距离,并在每个探测距离处设置对应的标定物,当发射插针发出

探测光信号后通过所述摄像头采集对应的标定物图像；

通过所述平移装置不断调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,直至标定物图像的清晰度达到最佳,找到光斑聚焦状态；

通过位置传感器监控此时所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而确定此时所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ,并将该探测距离与该相对距离 $d_1$ 间的对应关系存储在数据寄存器中；

当用户设定需要使用的探测距离时,根据预先存储的对应关系确定该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进而通过所述平移装置将所述发射插针或所述发射透镜移动到指定位置,完成定距离的光斑聚焦；

对多波长发射光源发射的不同波长的光信号进行耦合,得到多波长复用的探测光信号,从所述发射插针发出,经所述发射透镜聚焦后对目标进行探测;目标反射回来的多波长复用的探测光信号通过所述接收透镜后,由所述波长分开元件将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,被分开的不同波长的光信号由所述阵列探测器接收,获取每个不同波长的光信号单独的传输时间,对不同波长的光信号单独的传输时间进行处理,得到多波长复用的探测光信号的实际传输时间,根据实际传输时间计算出目标的距离。

9. 如权利要求8所述的高测量精度的激光雷达的使用方法,其特征在于,对不同波长的光信号单独的传输时间进行处理,具体为:

对不同波长的光信号单独的传输时间进行求和取平均,得到第一次平均值,依次将对应于不同波长的光信号单独的传输时间与第一次平均值进行比较,得到对应于不同波长的传输时间与第一次平均值的差值,去掉最大的两个差值所对应的波长的光信号单独的传输时间,对剩余的不同波长的光信号单独的传输时间再次进行求和取平均值得到新的平均值,作为多波长复用的探测光信号的实际传输时间。

## 一种高测量精度的激光雷达及其使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光探测技术领域,更具体地,涉及一种高测量精度的激光雷达及其使用方法。

### 背景技术

[0002] 激光雷达的功能是通过向目标发射探测光信号,对周围目标环境的进行距离探测的设备,可用于获取目标的距离、角度、相对位置等信息,属于目标感知的设备。随着对目标探测实时性要求的增加,激光雷达发展出了多线激光雷达,可实时获取周围环境的目标信息。但不管是单线激光雷达,还是多线激光雷达,都是基于脉冲光信号的飞行时间来进行距离计算,且大都基于单脉冲探测单个目标的测量原理。此种技术方法存在较大的精度缺陷,难以满足高测量精度的测试要求,随着激光雷达行业应用的发展,尤其是高测量精度行业领域的发展,对激光雷达的测量精度要求提出了更进一步的要求。

[0003] 目前,激光雷达提高测量精度的方法基本都是采用多脉冲平均的方法,即在单个目标、单个角度方向多发射几个脉冲信号,然后将多个脉冲信号飞行时间计算得到的距离进行求和平均,获得目标和激光雷达设备之间的距离。上述技术方法可以优化激光雷达的测距精度,但单个方向重复发射脉冲光信号,会使得激光雷达的实际使用重复频率下降,进而降低激光雷达的角度分辨率,影响整体性能。

### 发明内容

[0004] 本发明需要解决的技术问题是:

[0005] 现有的激光雷达,大部分都采用单波长光源,在单个方向重复发射脉冲光信号,对目标进行探测,获取目标的距离,此技术方案中随机误差会对测距精度产生影响,且对单个目标重复探测也会使激光雷达的角度分辨率下降。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0007] 第一方面,提供了一种高测量精度的激光雷达,包括多波长发射光源、发射插针、发射透镜、接收透镜、波长分开元件和阵列探测器;

[0008] 所述多波长发射光源用于提供不同波长的光信号,所述多波长发射光源与所述发射插针耦合;所述发射插针作为二级发射光源,用于发射多波长复用的探测光信号,由所述发射透镜进行准直发射或者聚焦发射;

[0009] 所述接收透镜用于将目标反射回来的多波长复用的探测光信号接收至所述波长分开元件;所述波长分开元件用于将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开;

[0010] 所述阵列探测器用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,进行求和取平均,继而计算出目标的距离。

[0011] 优选的,所述多波长发射光源包括不同的单波长光源和阵列波导光栅,其中,所述不同的单波长光源发射的光信号由所述阵列波导光栅接收,所述阵列波导光栅用于将不同

的单波长光源发射的光信号进行耦合,得到多波长复用的探测光信号。

[0012] 优选的,所述多波长发射光源包括宽光谱光源,所述宽光谱光源用于提供不同波长的光信号。

[0013] 优选的,所述阵列探测器的不同位置处均设有像元,所述像元均为独立控制,用于获取不同波长的光信号单独的传输时间。

[0014] 优选的,所述阵列探测器包括处理器,所述处理器用于对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均,继而计算出目标的距离。

[0015] 优选的,由所述发射透镜进行聚焦发射时,所述高测量精度的激光雷达还包括平移装置和摄像头;

[0016] 所述平移装置与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而调节所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ;

[0017] 所述摄像头用于采集不同探测距离处的标定物图像,进而结合标定物图像清晰度对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,并存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系。

[0018] 优选的,还包括位置传感器,所述位置传感器与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于监控所述发射插针或所述发射透镜的实时位置,进而确定所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。

[0019] 优选的,还包括数据寄存器和平移控制装置,且所述位置传感器、所述数据寄存器、所述平移控制装置和所述平移装置依次连接,其中,所述数据寄存器用于预先存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系;所述平移控制装置用于根据从所述数据寄存器中读取的相对距离 $d_1$ 控制所述平移装置,进而将所述多波长发射光源或所述发射透镜移动到指定位置。

[0020] 第二方面,本发明提供了一种高测量精度的激光雷达的使用方法,采用第一方面所述的高测量精度的激光雷达,使用方法包括:

[0021] 选取多个不同的探测距离,并在每个探测距离处设置对应的标定物,当发射插针发出探测光信号后通过所述摄像头采集对应的标定物图像;

[0022] 通过所述平移装置不断调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,直至标定物图像的清晰度达到最佳,找到光斑聚焦状态;

[0023] 通过位置传感器监控此时所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而确定此时所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ,并将该探测距离与该相对距离 $d_1$ 间的对应关系存储在数据寄存器中;

[0024] 当用户设定需要使用的探测距离时,根据预先存储的对应关系确定该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进而通过所述平移装置将所述发射插针或所述发射透镜移动到指定位置,完成定距离的光斑聚焦;

[0025] 对多波长发射光源发射的不同波长的光信号进行耦合,得到多波长复用的探测光信号,从所述发射插针发出,经所述发射透镜聚焦后对目标进行探测;目标反射回来的多波长复用的探测光信号通过所述接收透镜后,由所述波长分开元件将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,被分开的不同波长的光信号由所述阵列探测器接收,获取每个不同波长的光信号单独的传输时间,对不同波长的光信号单独的传输时间进

行处理,得到多波长复用的探测光信号的实际传输时间,根据实际传输时间计算出目标的距离。

[0026] 优选的,对不同波长的光信号单独的传输时间进行处理,具体为:

[0027] 对不同波长的光信号单独的传输时间进行求和取平均,得到第一次平均值,依次将对应于不同波长的光信号单独的传输时间与第一次平均值进行比较,得到对应于不同波长的传输时间与第一次平均值的差值,去掉最大的两个差值所对应的波长的光信号单独的传输时间,对剩余的不同波长的光信号单独的传输时间再次进行求和取平均值得到新的平均值,作为多波长复用的探测光信号的实际传输时间。

[0028] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,具有如下有益效果:本发明对现有激光雷达的光路设计进行改进,将多个波长的光信号耦合进同一个探测光脉冲同时进行发射探测,得到各波长对同一探测目标的距离数据,对各个波长对应的距离数据求和取平均,避免随机误差的影响,提高激光雷达的测距精度和角度分辨率。

### 附图说明

[0029] 图1是本发明实施例提供的一种高测量精度的激光雷达的结构示意图;

[0030] 图2是本发明实施例提供的一种单波长光源的高测量精度的激光雷达的结构示意图;

[0031] 图3是本发明实施例提供的一种宽光谱光源的高测量精度的激光雷达的结构示意图;

[0032] 图4是本发明实施例提供的一种高测量精度的激光雷达的使用方法流程图;

[0033] 图5是本发明实施例提供的一种高测量精度的激光雷达的光斑扫描效果示意图;

[0034] 图6是本发明实施例提供的一种发射插针处于发射透镜前焦面时的激光雷达探测示意图;

[0035] 图7是本发明实施例提供的一种发射插针远离发射透镜前焦面时的激光雷达聚焦探测示意图;

[0036] 图8是本发明实施例提供的一种发射插针的结构件连接示意图;

[0037] 图9是本发明实施例提供的另一种高测量精度的激光雷达的使用方法流程图。

### 具体实施方式

[0038] 多波长发射光源提供不同波长的光信号,假设不同波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、……、 $\lambda_n$ 从高测量精度的激光雷达到目标的传输时间分别为 $\Delta t_{\lambda_1}$ 、 $\Delta t_{\lambda_2}$ 、 $\Delta t_{\lambda_3}$ 、……、 $\Delta t_{\lambda_n}$ ,理论上目标到激光雷达设备的传输时间为 $\Delta t$ ,激光雷达的每个测试数据都会受到随机误差等因素的影响,光信号的传输时间也和理论值存在一定的随机偏差,假设每个波长的传输时间偏差为 $\Delta \varepsilon_{\lambda_1}$ 、 $\Delta \varepsilon_{\lambda_2}$ 、 $\Delta \varepsilon_{\lambda_3}$ 、……、 $\Delta \varepsilon_{\lambda_n}$ ,则每个波长的传输时间为:

$$[0039] \quad \Delta t_{\lambda_1} = \Delta t + \Delta \varepsilon_{\lambda_1} \quad (1)$$

$$[0040] \quad \Delta t_{\lambda_2} = \Delta t + \Delta \varepsilon_{\lambda_2} \quad (2)$$

$$[0041] \quad \Delta t_{\lambda_3} = \Delta t + \Delta \varepsilon_{\lambda_3} \quad (3)$$

[0042] ……

$$[0043] \quad \Delta t_{\lambda n} = \Delta t + \Delta \varepsilon_{\lambda n} \quad (4)$$

[0044] 因为随机误差的原因,每个波长光信号的飞行时间都会存在不一样的波动,且和理论值相比,随机误差有可能变大,也有可能变小,将上述所有波长的飞行时间进行求和,再取平均,得到每个目标的实际传输时间  $\Delta t'$ :

$$[0045] \quad \Delta t' = \frac{\Delta t_{\lambda 1} + \Delta t_{\lambda 2} + \Delta t_{\lambda 3} + \dots + \Delta t_{\lambda n}}{n} \quad (5)$$

[0046] 根据随机误差的理论知识,随着测试样本数量的增加,多个测量值随机误差的波动平均值趋近于零,即:

$$[0047] \quad \Delta \varepsilon' = \frac{\Delta \varepsilon_{\lambda 1} + \Delta \varepsilon_{\lambda 2} + \Delta \varepsilon_{\lambda 3} + \dots + \Delta \varepsilon_{\lambda n}}{n} = 0 \quad (6)$$

[0048] 因此,测试值越多,求和取平均的结果也就越精确。

[0049] 基于上述原理,为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0050] 在本发明各实施例中,符号“/”表示同时具有两种功能的含义,而对于符号“A和/或B”则表明由该符号连接的前后对象之间的组合包括“A”、“B”、“A和B”三种情况。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。下面就参考附图和实施例结合来详细说明本发明。

[0051] 实施例1

[0052] 为解决传统激光雷达基于单脉冲探测单个目标而导致激光雷达的测距精度和角度分辨率较低的技术问题,本发明实施例对现有激光雷达的光路设计进行改进,将多个波长的光信号耦合进同一个探测光脉冲,同时进行发射探测,得到各波长对同一探测目标的距离数据,对各个波长对应的距离数据求和取平均,实现高测量精度的激光雷达的高精度探测。

[0053] 结合图1,本发明实施例提供的高测量精度的激光雷达包括多波长发射光源、发射插针、发射透镜、接收透镜、波长分开元件和阵列探测器;

[0054] 所述多波长发射光源用于提供不同波长的光信号,所述多波长发射光源与所述发射插针耦合;所述发射插针作为二级发射光源,用于发射多波长复用的探测光信号,由所述发射透镜进行准直发射或者聚焦发射;所述多波长发射光源可以通过光纤或光波导与所述发射插针相连,用于将多波长发射光源发出的不同波长的光信号耦合成多波长复用的探测光信号;由所述发射透镜进行聚焦发射时,可以通过调整所述发射插针和所述发射透镜的距离,从而调整目标光斑的大小,从而实现高分辨率测量。

[0055] 所述接收透镜用于将目标反射回来的多波长复用的探测光信号接收至所述波长分开元件;所述波长分开元件用于将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,由所述阵列探测器的不同位置分别接收。

[0056] 所述阵列探测器用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,进行求和取平均,继而计算出目标的距离;具体的,对不同波长的光信号单独的传输时间进行求和取平均,得

到第一次平均值,依次将对应于不同波长的光信号单独的传输时间与第一次平均值进行比较,得到对应于不同波长的传输时间与第一次平均值的差值,去掉最大的两个差值所对应的波长的光信号单独的传输时间,对剩余的不同波长的光信号单独的传输时间再次进行求和取平均值得到新的平均值,作为多波长复用的探测光信号的实际传输时间。

[0057] 所述波长分开元件用于将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,由所述阵列探测器的不同位置分别接收,具体的,所述阵列探测器包括像元和处理器,每个像元均为独立控制,所述像元用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,单独的传输时间是指每个不同波长的光信号从所述高测量精度的激光雷达到目标的传输时间,所述处理器用于对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均,继而计算出目标的距离,从而实现高测量精度的激光雷达的高精度探测。

[0058] 如图2所示,在本发明实施例中,所述多波长发射光源包括不同的单波长光源和阵列波导光栅,其中,所述不同的单波长光源发射的光信号由所述阵列波导光栅接收,所述阵列波导光栅用于将不同的单波长光源发射的光信号进行耦合,得到多波长复用的探测光信号。

[0059] 如图3所示,在本发明实施例中,为了对激光雷达的结构进行进一步简化,可以将多个不同的单波长光源和阵列波导光栅整体替换成宽光谱光源,即通过所述宽光谱光源提供不同波长的光信号,所述宽光谱光源可以与光纤相连,用于将所述宽光谱光源发射的不同波长的光信号耦合进同一根光纤内。

[0060] 在本发明实施例中,所述阵列探测器的不同位置处均设有像元,所述像元均为独立控制,用于获取不同波长的光信号单独的传输时间。

[0061] 在本发明实施例中,所述阵列探测器包括处理器,所述处理器用于对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均,继而计算出目标的距离。

[0062] 在本发明实施例中,由所述发射透镜进行聚焦发射时,所述高测量精度的激光雷达还包括平移装置和摄像头;

[0063] 所述平移装置与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而调节所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ;

[0064] 所述摄像头用于采集不同探测距离处的标定物图像,进而结合标定物图像清晰度对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,并存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系。

[0065] 在本发明实施例中,还包括位置传感器,所述位置传感器与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于监控所述发射插针或所述发射透镜的实时位置,进而确定所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。

[0066] 在本发明实施例中,还包括数据寄存器和平移控制装置,且所述位置传感器、所述数据寄存器、所述平移控制装置和所述平移装置依次连接,其中,所述数据寄存器用于预先存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系;所述平移控制装置用于根据从所述数据寄存器中读取的相对距离 $d_1$ 控制所述平移装置,进而将所述多波长发射光源或所述发射透镜移动到指定位置。

[0067] 实施例2

[0068] 在上述实施例1的基础上,本发明实施例提供了一种高测量精度的激光雷达的使



用方法,本发明实施例中,多波长复用的探测光信号由所述发射透镜进行准直发射,如图4所示,所述使用方法主要包括:

[0069] 步骤101,通过多波长发射光源与光纤相连,将多波长发射光源发射的不同波长的光信号耦合进同一根光纤内,得到多波长复用的探测光信号,从所述发射插针发出。

[0070] 步骤102,多波长复用的探测光信号的光路经所述发射透镜准直后对目标进行探测;目标反射回来的多波长复用的探测光信号的光路通过所述接收透镜后到达所述波长分开元件。

[0071] 步骤103,由所述波长分开元件将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,被分开的不同波长的光信号由所述阵列探测器的不同位置处的像元分别接收。

[0072] 步骤104,通过所述像元获取每个不同波长的光信号单独的传输时间,通过处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行处理,从而得到多波长复用的探测光信号的实际传输时间  $\Delta t'$ ,并根据实际传输时间  $\Delta t'$  计算出目标的距离。

[0073] 在本发明实施例中,通过处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行处理,具体为:

[0074] 由所述阵列探测器的处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均值,具体为,先对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行第一次求和取平均值,得到第一次平均值  $\Delta t'_1$ ;依次将对应于不同波长的传输时间与第一次平均值  $\Delta t'_1$  进行比较,得到对应于不同波长的传输时间与第一次平均值  $\Delta t'_1$  的差值,去掉最大的两个差值所对应的波长的传输时间,对剩余的不同波长的传输时间再次进行求和取平均值,得到新的平均值  $\Delta t'_2$ ,作为多波长复用的探测光信号的实际传输时间  $\Delta t'$ 。

[0075] 基于上述方法,可以先将偏差比较大的值筛选出来并滤除掉,有助于提升激光雷达的测量精度。

[0076] 实施例3

[0077] 为进一步解决传统准直光路设计存在的空间分辨率差的技术问题,本发明实施例中,由所述发射透镜进行聚焦发射,将上述实施例1中激光雷达设计成调焦的模式,通过改变发射插针和发射透镜之间的相对距离,将激光雷达的光斑成像聚焦在不同的探测距离上,可以减少固定距离处光斑的尺寸,提高固定距离处探测目标的空间分辨率,实现高分辨率探测。

[0078] 当探测距离为某个固定距离时,激光雷达的光斑扫描效果如图5所示,其中  $\Delta d$  是相邻光斑的中心间距,代表扫描装置在该固定距离的最小扫描距离; $D$  是光斑的外径尺寸,代表探测光斑在该固定距离处的光斑大小。 $\Delta d$  和  $D$  的计算公式分别如下所示:

$$[0079] \quad \Delta d = d \tan(\Delta \theta) \quad (7)$$

$$[0080] \quad D = \phi + d \tan(\Delta \varphi) \quad (8)$$

[0081] 其中, $d$  为目标和激光雷达之间的距离,也就是探测距离; $\Delta \theta$  为激光雷达扫描装置的旋转角度分辨率, $\phi$  为激光雷达的出射光斑尺寸, $\Delta \varphi$  为激光雷达出射光束的发散角度。对激光雷达设备而言,其在距离  $d$  处能够有效分辨的最小目标尺寸  $\Phi$  为:

$$[0082] \quad \Phi = D + \Delta d \quad (9)$$

[0083] 从式(9)可以看出,要想优化激光雷达可有效分辨的最小目标尺寸  $\Phi$ ,可以采用两

种技术:1)减小扫描装置的最小角度分辨率,即减小 $\Delta\theta$ ;2)减小目标处的激光光斑尺寸,即减小 $\varphi$ 。其中,技术1)是由扫描装置决定,技术2)由激光雷达决定。

[0084] 如图6和图7所示,发射插针发出探测光信号,经由发射透镜后发出;发射插针可安装在平移装置上,以便实现其位置移动。当发射插针处于发射透镜的前焦面时,探测信号刚好被准直输出,如图7所示;当发射插针远离发射透镜的前焦面时,发射插针会在远方某个具体距离处被成像。被准直的光斑在距离 $d$ 处的大小如式(8)所示,发射插针在距离 $d$ 处的成像光斑大小 $\omega'$ 为:

$$[0085] \quad \omega' = \left(\frac{d}{f} - 1\right) \omega \quad (10)$$

[0086] 其中, $\omega$ 为发射插针的出射孔径, $f$ 为发射透镜的焦距。激光雷达的各个应用领域中,有的不需要进行全距离的大范围扫描,只需要对特定距离进行针对性的监控性扫描,因此可以针对特定距离的光斑进行优化,减小特定距离处的扫描光斑尺寸;而优化的最佳效果就是使激光雷达的光斑在该特定距离上成像聚焦。

[0087] 结合图7,本发明实施例提供的高测量精度的激光雷达主要包括多波长发射光源、光纤、发射插针、平移装置、摄像头、发射透镜、接收透镜、波长分开元件和阵列探测器。其中:

[0088] 所述多波长发射光源用于提供不同波长的光信号,所述多波长发射光源与光纤的一端相连,将不同波长的光信号耦合进同一根光纤内,所述光纤的另一端与所述发射插针相连;所述发射插针作为二级发射光源,用于发射多波长复用的探测光信号,并经所述发射透镜后聚焦成像。

[0089] 所述接收透镜用于将经目标反射回来的多波长复用的探测光信号接收至所述波长分开元件;所述波长分开元件用于将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,由所述阵列探测器的不同位置分别接收。

[0090] 所述阵列探测器包括像元和处理器,每个像元均为独立控制,所述像元用于获取不同波长的光信号单独的传输时间,所述处理器用于对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均,继而计算出目标的距离,从而实现高测量精度的激光雷达的高精度探测。

[0091] 所述平移装置与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而调节所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ,此处以所述平移装置与所述发射光源连接为例,将所述发射光源安装在所述平移装置上,如图7所示,则所述平移装置主要通过调节所述发射插针的位置来调节所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。当然,在可选实施例中也可设置两个平移装置,分别与所述发射插针和所述发射透镜连接,两个平移装置共同作用来调节相对距离 $d_1$ 。

[0092] 所述摄像头用于采集不同探测距离处的标定物图像,进而结合标定物图像清晰度对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,并存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系。具体应用时可预先选取多个探测距离,每个探测距离处设有对应的标定物;在每个探测距离下可利用所述摄像头采集对应的标定物图像,然后根据标定物图像清晰度寻找聚焦状态,具体可通过所述平移装置不断调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,直至标定物图像的清晰度达到最佳,此时认为光斑聚焦,记录下此时所述发射插针与所

述发射透镜间的相对距离,即为该探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 。

[0093] 其中,所述摄像头的光轴与所述激光雷达的光轴需保持同轴,例如可按照如图7所示进行所述摄像头的安装设置,具体可在所述发射插针与所述发射透镜之间设置一分光片,所述分光片的分光比可根据实际需求进行设置;探测返回的光信号到达所述分光片后,按照设定的分光比进行分光,其中一部分光到达所述摄像头,因此所述摄像头可采集到图像。

[0094] 基于上述激光雷达结构,当用户通过上位机软件等设定需要使用的探测距离时,可直接根据预先存储的对应关系确定该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进而通过所述平移装置将所述发射插针或所述发射透镜移动到指定位置,完成定距离的光斑聚焦。

[0095] 进一步结合图8,本发明实施例提供的激光雷达还包括位置传感器、数据寄存器和平移控制装置,且所述位置传感器、所述数据寄存器、所述平移控制装置和所述平移装置依次连接。其中:

[0096] 所述位置传感器与所述发射插针或所述发射透镜连接,用于监控所述发射插针或所述发射透镜的实时位置,进而确定所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。图7中是以所述平移装置与所述发射插针连接为例,则此处相应地以所述位置传感器与所述发射光源连接,以便监控所述发射插针的实时位置,如图8所示。

[0097] 所述数据寄存器用于预先存储探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系。

[0098] 所述平移控制装置用于根据从所述数据寄存器中读取的相对距离 $d_1$ 控制所述平移装置,进而将所述发射插针或所述发射透镜移动到指定位置。

[0099] 其中,为保证定位的高精度,所述位置传感器可优选采用电容式位置传感器,使其定位精度可以达到微米级别。所述电容式位置传感器通过电容探测器获取所述发射插针或所述发射透镜的实时位置,进而确定所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ 。以图8为例,所述电容式位置传感器与发射插针连接,并通过电容探测器获取所述发射插针的实时位置,具体是通过电容值来表征位置。

[0100] 继续结合图8,在实际使用时,首先结合所述摄像头和所述平移装置对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,然后根据标定结果将探测距离与相对距离 $d_1$ 的对应关系以及相对距离 $d_1$ 与电容值的对应关系预先存储在所述数据寄存器中;当用户通过上位机软件等设定需要使用的探测距离时,可直接根据预先存储的对应关系确定该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进一步确定该相对距离 $d_1$ 对应的电容值,然后将对应的电容值发送给所述平移控制装置,由所述平移控制装置来控制所述平移装置,将所述发射插针移动到指定位置,即移动到该电容值对应的位置,完成定距离的光斑聚焦。

[0101] 本发明实施例对现有激光雷达设备的光路设计进行改进,将激光雷达设计调焦的模式,通过改变发射插针和发射透镜之间的相对距离,将激光雷达的光斑成像聚焦在不同的探测距离上,不仅可实现焦距可调的定距离激光雷达探测,而且可以有效减少固定距离处光斑尺寸,提高固定距离处探测目标的空间分辨率,从而实现更高层次的高精度探测。

[0102] 实施例4

[0103] 在上述实施例3的基础上,本发明实施例进一步提供了一种高测量精度的激光雷达的使用方法,可采用实施例3中所述的激光雷达来完成。如图9所示,所述测距方法主要包括:

[0104] 步骤201,通过摄像头和平移装置对不同探测距离下光斑聚焦对应的发射插针与发射透镜间的相对距离 $d_1$ 进行预先标定,并将探测距离与相对距离 $d_1$ 间的对应关系预先存储。

[0105] 首先,根据实际需求选取多个不同的探测距离,并在每个探测距离处设置对应的标定物,当发射光源发出探测光信号后即可通过所述摄像头采集对应的标定物图像。

[0106] 然后,根据标定物图像清晰度寻找聚焦状态,具体可通过所述平移装置来不断调节所述发射插针或所述发射透镜的位置,直至标定物图像的清晰度达到最佳,此时可认为找到光斑聚焦状态。

[0107] 最后,通过所述位置传感器监控此时所述发射插针或所述发射透镜的位置,进而确定此时所述发射插针与所述发射透镜间的相对距离 $d_1$ ,并将该探测距离与该相对距离 $d_1$ 间的对应关系预先存储在所述数据寄存器中。

[0108] 其中,在选取探测距离时,可直接根据需求选取大量不同的探测距离,每个探测距离下分别确定光斑聚焦时对应的相对距离 $d_1$ ,进而保存大量的对应关系;例如,可从50-500距离范围内等间隔选取100个探测距离,分别预先标定后保存得到100组的对应关系。

[0109] 在优选方案中,也可以先选取少量比较典型的探测距离,每个典型探测距离下分别确定光斑聚焦时对应的相对距离 $d_1$ ,得到少量的对应关系;然后根据这些对应关系拟合得到探测距离与相对距离 $d_1$ 间的关系曲线,根据关系曲线进一步得到大量的对应关系并保存。例如,可先选取50、100、150、200这四个探测距离,分别预先标定后得到4组对应关系;然后根据这4组对应关系进行拟合,得到探测距离与相对距离 $d_1$ 间的关系曲线;再选取100个探测距离,根据所述关系曲线得到对应的100组对应关系。与第一种方案相比,第二种方案可节省前期大量探测距离预先标定的时间,提高预先标定的效率。

[0110] 步骤202,当用户设定需要使用的探测距离时,根据预先存储的对应关系确定该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进而通过所述平移装置将所述发射插针或所述发射透镜移动到指定位置,完成定距离的光斑聚焦。

[0111] 基于步骤201中在所述数据寄存器中保存的对应关系,当用户通过上位机软件等设定需要使用的探测距离时,可直接从所述数据寄存器中根据对应关系读取该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,发送给所述平移控制装置;然后在所述位置传感器的监控下,由所述平移控制装置来控制所述平移装置将所述发射插针或发射透镜移动到指定位置,完成定距离的光斑聚焦。

[0112] 进一步以图8为例,当采用电容式位置传感器,且所述电容式位置传感器与发射插针连接时,所述电容式位置传感器通过电容探测器获取所述发射光源的实时位置,即通过电容值来表征位置。在这种情况下:

[0113] 步骤201中过摄像头和平移装置对不同探测距离下光斑聚焦对应的相对距离 $d_1$ 进行预先标定后,需要根据预先标定的结果,同时将探测距离与相对距离 $d_1$ 的对应关系以及相对距离 $d_1$ 与电容值的对应关系预先存储在所述数据寄存器中。

[0114] 步骤202中当用户设定需要使用的探测距离时,先从所述数据寄存器中根据对应关系读取该探测距离对应的相对距离 $d_1$ ,进一步确定该相对距离 $d_1$ 对应的电容值,并将该电容值发送给所述平移控制装置;然后在所述位置传感器的监控下,由所述平移控制装置来控制所述平移装置,使所述发射插针移动到该电容值对应的位置,完成定距离的光斑

聚焦,进而完成定距离目标的高空间分辨率探测。

[0115] 通过对所述发射插针或发射透镜的位置进行调整完成定距离的光斑聚焦后,接下来将多个波长的光信号耦合进同一个探测光脉冲,同时进行发射探测,得到各波长对同一探测目标的距离数据,对各个波长对应的距离数据求和取平均,实现高测量精度的激光雷达的高精度探测,如图9所示,具体步骤如下:

[0116] 步骤203,通过多波长发射光源与光纤相连,将多波长发射光源发射的不同波长的光信号耦合进同一根光纤内,得到多波长复用的探测光信号,从所述发射插针发出。

[0117] 步骤204,从所述发射插针发出的多波长复用的探测光信号的光路经所述发射透镜聚焦后对目标进行探测;被目标反射回来的多波长复用的探测光信号的光路通过所述接收透镜后到达所述波长分开元件。

[0118] 步骤205,由所述波长分开元件将多波长复用的探测光信号中不同波长的光信号在空间进行分开,被分开的不同波长的光信号由所述阵列探测器的不同位置处的像元分别接收。

[0119] 步骤206,通过所述像元获取每个不同波长的光信号单独的传输时间,通过处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行处理,从而得到多波长复用的探测光信号的实际传输时间  $\Delta t'$ ,并根据实际传输时间  $\Delta t'$  计算出目标的距离,从而实现高精度探测。

[0120] 在本发明实施例中,所述通过处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行处理,具体为:

[0121] 由所述处理器对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行求和取平均值,具体为,先对所述像元获取到的对应于不同波长的传输时间进行第一次求和取平均值,得到第一次平均值  $\Delta t'_1$ ;依次将对应于不同波长的传输时间与第一次平均值  $\Delta t'_1$  进行比较,得到对应于不同波长的传输时间与第一次平均值  $\Delta t'_1$  的差值,去掉最大的两个差值所对应的波长的传输时间,对剩余的不同波长的传输时间再次进行求和取平均值,得到新的平均值  $\Delta t'_2$ ,作为多波长复用的探测光信号的实际传输时间  $\Delta t'$ 。

[0122] 基于上述方法,可以先将偏差比较大的值筛选出来并滤除掉,有助于进一步提升激光雷达的测量精度。

[0123] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

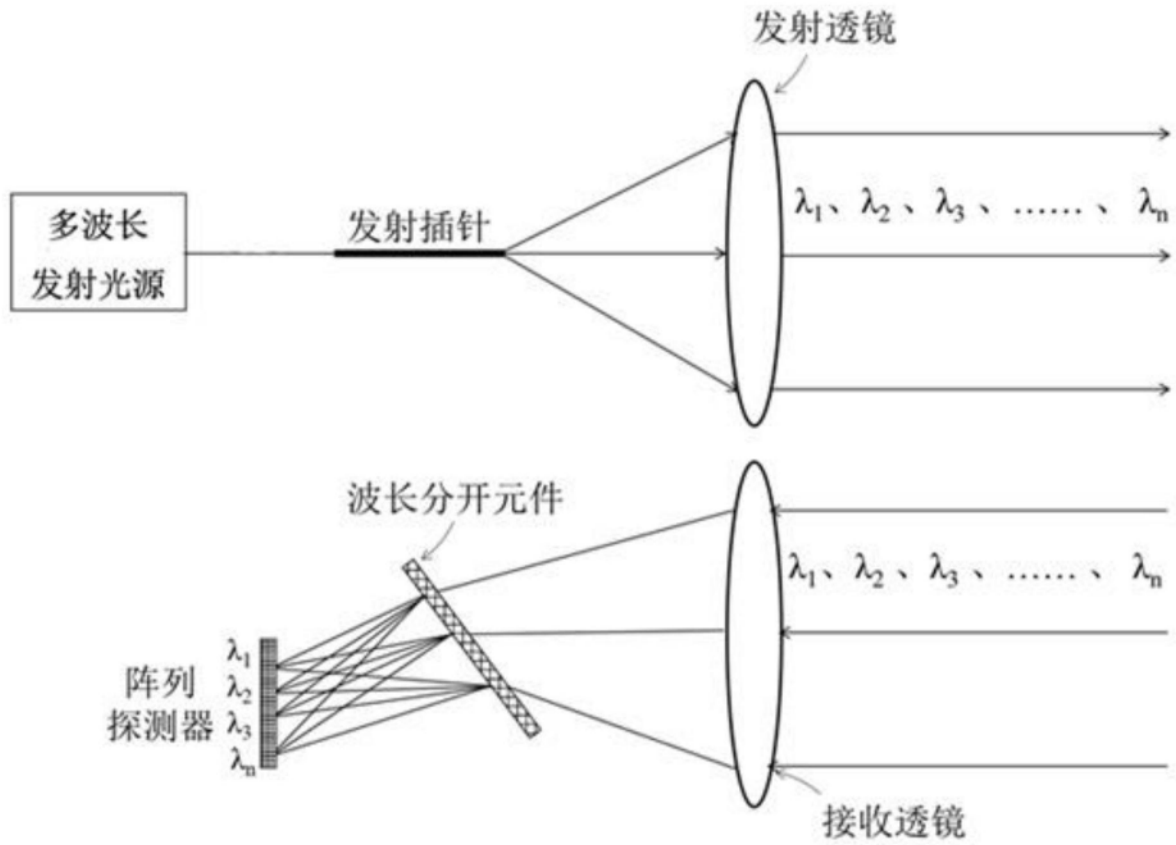


图1

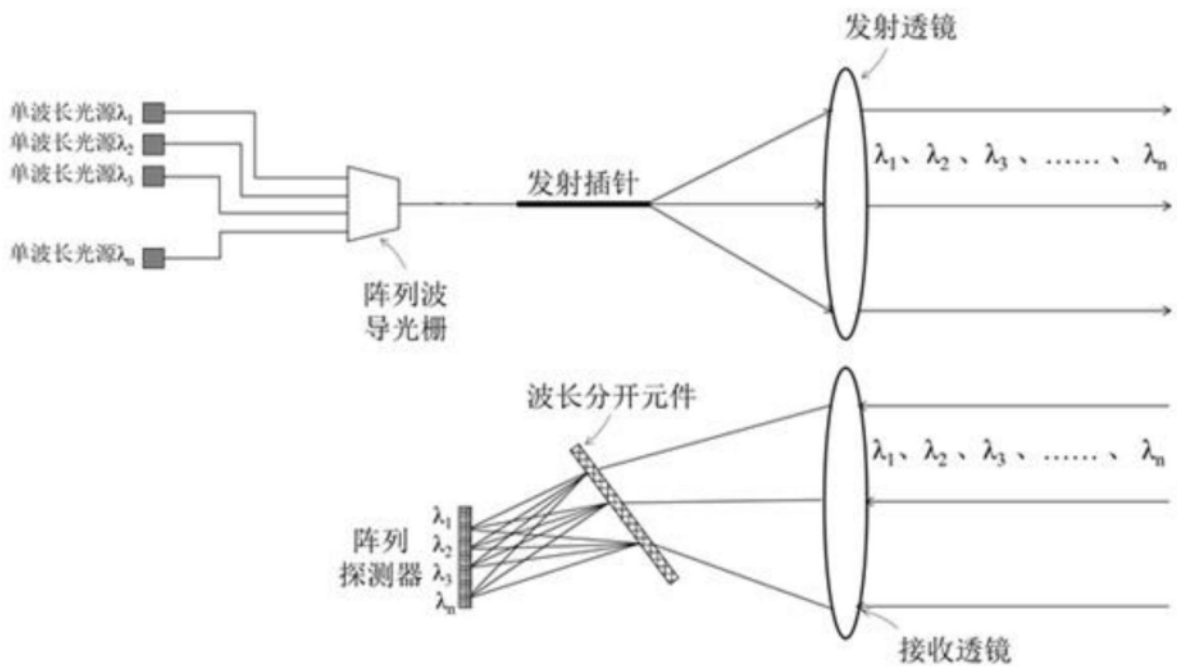


图2

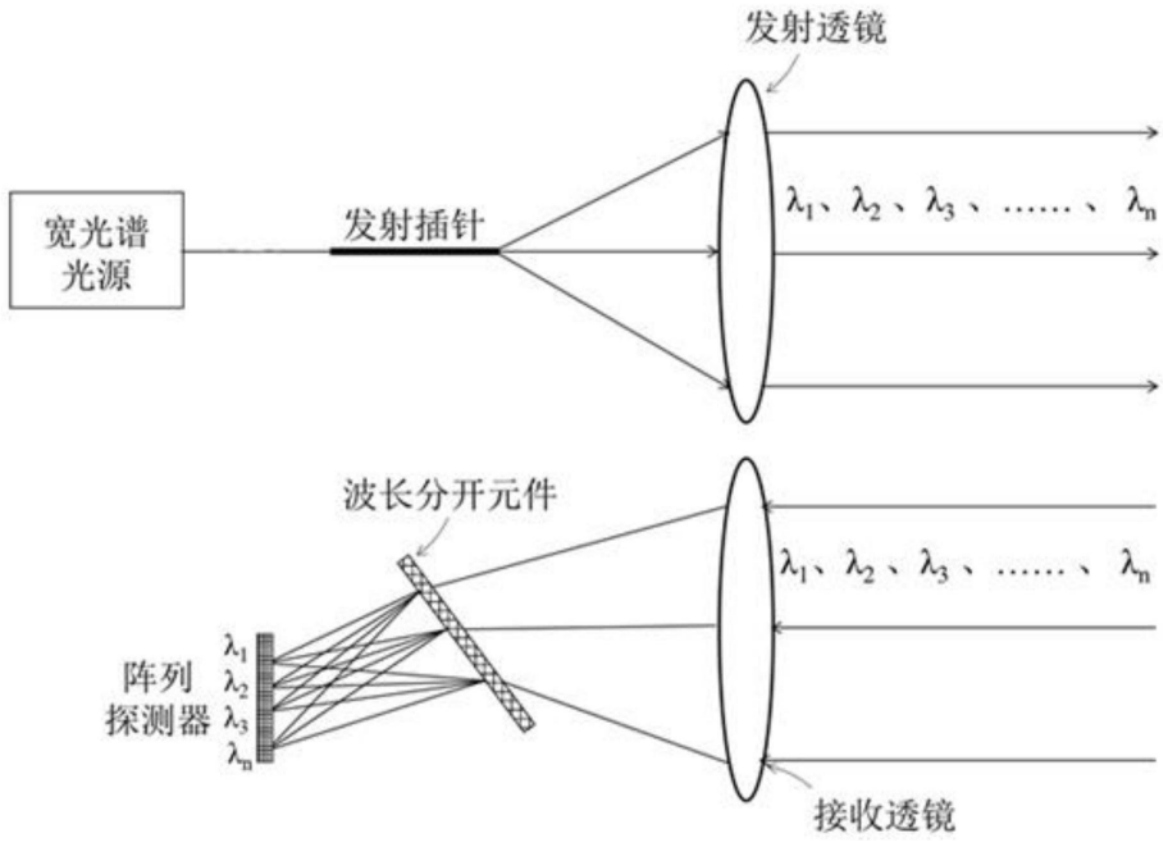


图3

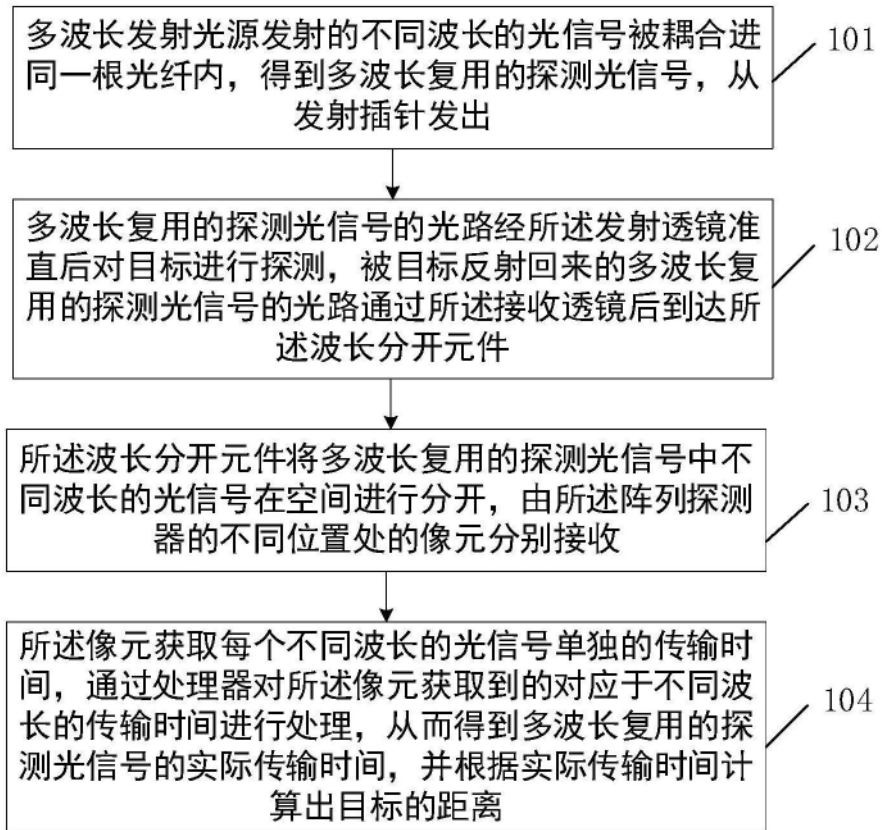


图4

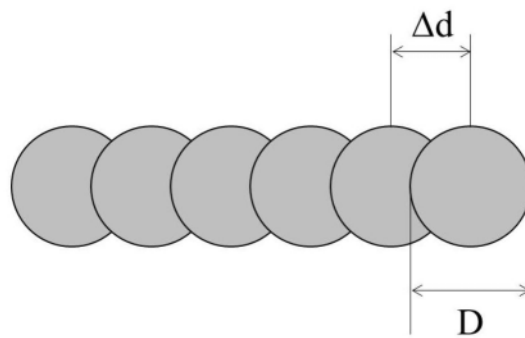


图5



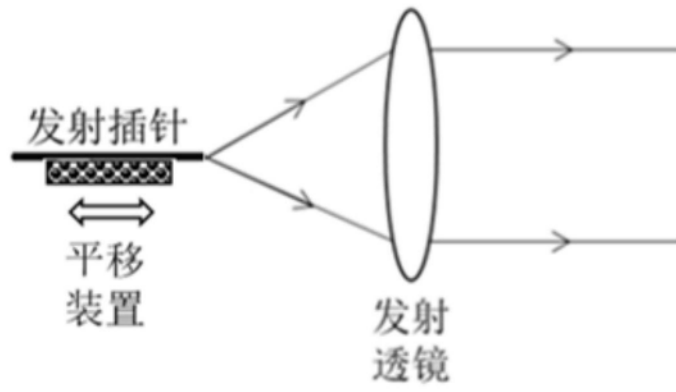


图6

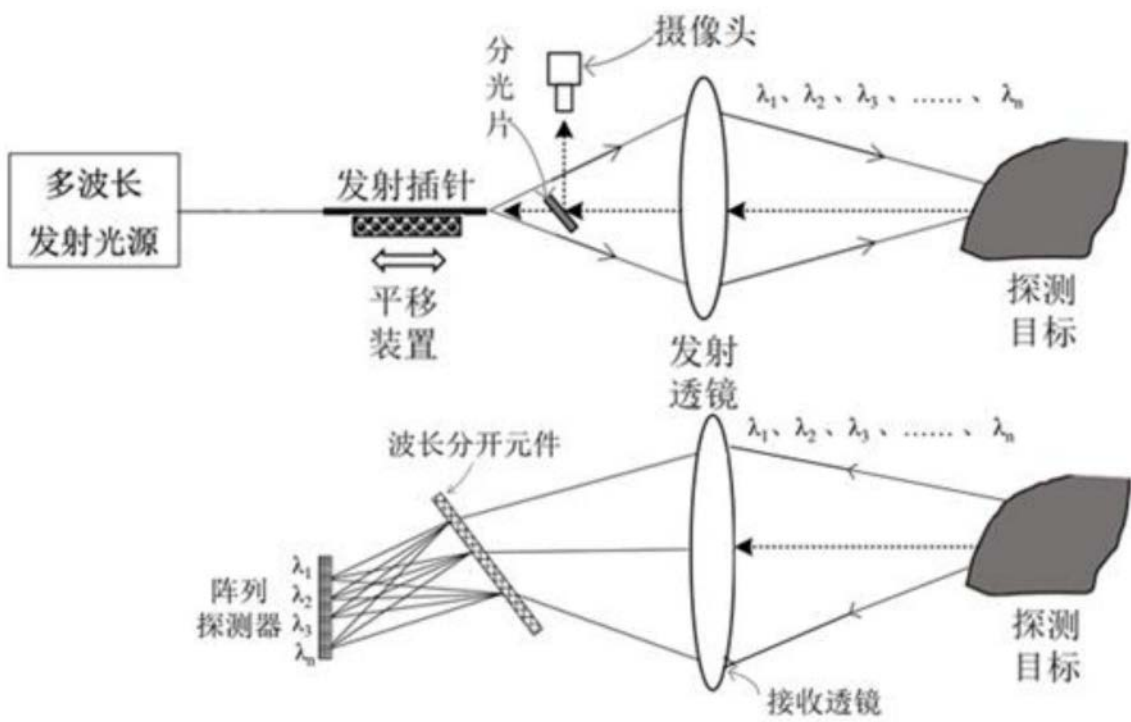


图7

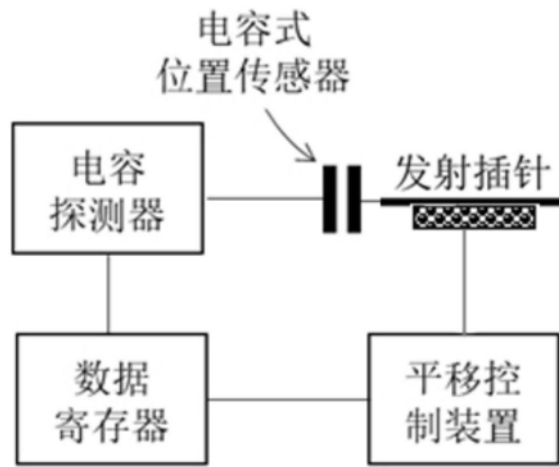


图8

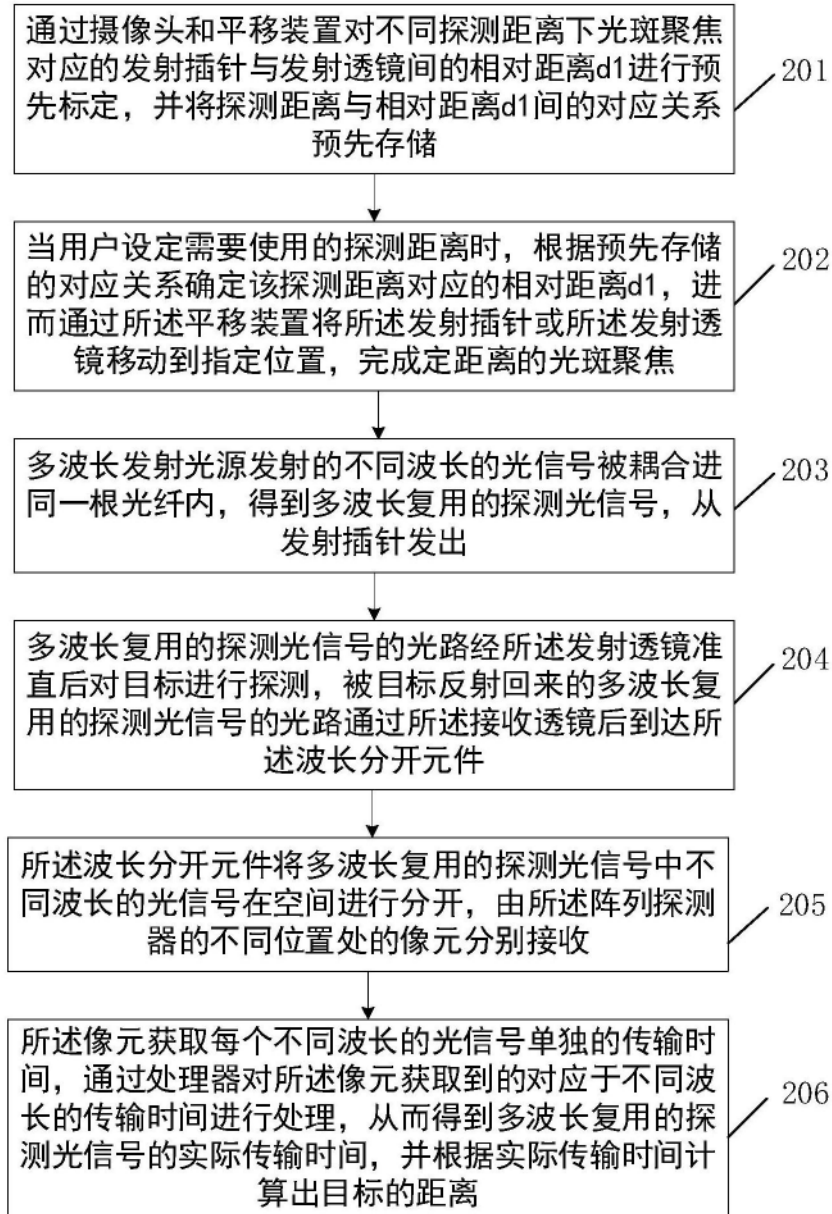


图9