



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110286386 A

(43)申请公布日 2019.09.27

(21)申请号 201910651488.7

(22)申请日 2019.07.18

(71)申请人 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

(72)发明人 胡小波 刘颖

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332  
代理人 孟金喆

(51)Int.Cl.  
G01S 17/89(2006.01)  
G01S 7/481(2006.01)

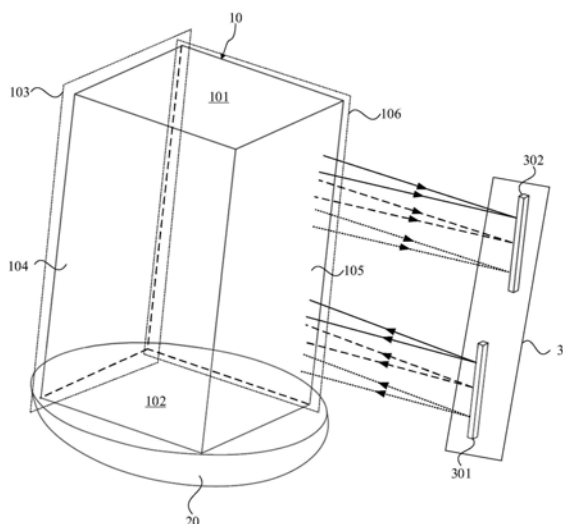
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

## (54)发明名称

一种多线激光雷达系统

## (57)摘要

本发明实施例公开了一种多线激光雷达系统。该系统包括旋转棱镜,旋转棱镜包括顶面、底面和至少三个侧面,其中至少两个侧面为反射面;旋转机构,用于带动旋转棱镜绕旋转轴旋转;至少一组发射接收组件,发射接收组件包括发射单元和接收单元;发射单元位于旋转棱镜的一侧,发射单元将发射的多个具有不同波长的激光光束经旋转棱镜的反射面反射后照射到目标物;接收单元与同一组发射接收组件中的发射单元位于旋转棱镜的同一侧,接收单元用于接收从目标物反射后经旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束。本发明实施例的技术方案,可以保证在具有较高的光束发射频率的基础上具有远距离探测的能力,增大测量的点云密度,达到测绘精度和测绘距离的需求。



1. 一种多线激光雷达系统,其特征在于,包括:

旋转棱镜,所述旋转棱镜包括顶面、底面和位于所述顶面和所述底面之间的至少三个侧面,其中至少两个所述侧面为反射面;

旋转机构,所述旋转棱镜位于所述旋转机构上,所述旋转机构用于带动所述旋转棱镜绕所述旋转棱镜的旋转轴旋转;

至少一组发射接收组件,所述发射接收组件包括发射单元和接收单元;所述发射单元位于所述旋转棱镜的一侧,用于发射多个具有不同波长的激光光束,所述发射单元将发射的多个激光光束经所述旋转棱镜的反射面反射后照射到目标物;所述接收单元与同一组所述发射接收组件中的所述发射单元位于所述旋转棱镜的同一侧,所述接收单元用于接收从所述目标物反射后经所述旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束。

2. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述旋转棱镜具有 $n$ 对相对设置的反射面, $n$ 为大于或者等于2的正整数;

相对的两个所述反射面与所述底面的夹角均大于或者均小于,两个所述反射面之间的至少一个反射面与所述底面的夹角;和/或

相对设置的两个反射面与所述底面的夹角相等。

3. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述反射面与所述底面之间夹角的最大值为 $\alpha_1$ ,所述反射面与所述底面之间夹角的最小值为 $\alpha_2$ , $0^\circ < |\alpha_1 - \alpha_2| < 2^\circ$ 。

4. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述发射单元以相同的频率发射多个具有不同波长的激光光束。

5. 根据权利要求1或4所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述发射单元同时发射多个具有不同波长的激光光束,或者所述发射单元以预设间隔依次发射多个具有不同波长的激光光束。

6. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述旋转棱镜的所有反射面与所述底面的夹角都相等。

7. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述发射单元包括多个不同输出波长的脉冲激光器。

8. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述发射单元包括一多波长脉冲光纤激光器,所述多波长脉冲光纤激光器包括种子光源模块、泵浦源以及至少一级光纤放大模块,所有所述光纤放大模块的泵浦输入端均与所述泵浦源连接,所述种子光源模块的输出端与第一级所述光纤放大模块的输入端连接;

所述种子光源模块用于发出多个不同波长的脉冲激光,所述种子光源模块包括多个激光芯片,每个所述激光芯片与一根输出光纤连接,每个所述激光芯片发出一种波长的脉冲激光,且一体封装于所述种子光源模块内;

所述泵浦源用于为所述光纤放大模块提供能量;

所述光纤放大模块用于放大所述种子光源模块产生的脉冲激光,并将放大后的脉冲激光输出。

9. 根据权利要求8所述的多线激光雷达系统,其特征在于,所述多波长脉冲光纤激光器包括至少两级光纤放大模块;至少两级所述光纤放大模块串联设置;

第一级所述光纤放大模块包括第一波分复用器、第一光隔离器、第一增益光纤以及第

一泵浦合束器；

所述第一波分复用器包括多个输入端和一个输出端，每个输入端与一个所述激光芯片的输出光纤连接，输出端与所述第一光隔离器的输入端连接；

所述第一光隔离器的输出端通过所述第一增益光纤与所述第一泵浦合束器的第一输入端连接；或者所述第一光隔离器的输出端与所述第一泵浦合束器的第一输入端连接，所述第一泵浦合束器的输出端与所述第一增益光纤连接；

所述第一泵浦合束器的第二输入端与所述泵浦源连接；

最后一级所述光纤放大模块包括第二波分复用器、第二光隔离器、多段第二增益光纤、多个第二泵浦合束器、第一分束器和多个第三光隔离器，其中所述第二波分复用器包括一个输入端和多个输出端，所述第一分束器包括一个输入端和多个输出端，所述第一分束器的输出端数量、所述第二波分复用器的输出端的数量、所述第二泵浦合束器的数量、所述第二增益光纤的数量和所述第三光隔离器的数量均与所述种子光源模块中激光芯片的数量相同；

所述第二光隔离器的输入端与前一级所述光纤放大模块的输出端连接，所述第二光隔离器的输出端与所述第二波分复用器的输入端连接；

所述第一分束器的输入端与所述泵浦源连接；

所述第二泵浦合束器的第一输入端通过所述第二增益光纤与所述第二波分复用器的每个输出端一一对应连接，所述第二泵浦合束器的第二输入端与所述第一分束器的每个输出端一一对应连接，所述第二泵浦合束器的输出端与所述第三光隔离器的输入端连接；或者所述第二泵浦合束器的第一输入端与所述第二波分复用器的每个输出端一一对应连接，所述第二泵浦合束器的第二输入端与所述第一分束器的每个输出端一一对应连接，所述第二泵浦合束器的输出端与所述第二增益光纤的输入端连接，所述第二增益光纤的输出端与所述第三光隔离器的输入端连接。

10. 根据权利要求1所述的多线激光雷达系统，其特征在于，所述接收单元包括一波分装置以及设置于所述波分装置各输出端的光电探测模块；

所述波分装置包括多个波分模块，每个所述波分模块仅透射一种波长的光，并将其他波长的光反射至下一波分模块。

## 一种多线激光雷达系统

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及激光雷达技术,尤其涉及一种多线激光雷达系统。

### 背景技术

[0002] 激光雷达是一种通过激光来探测目标物的位置、速度等参数的系统,其基本原理是先向目标物发射探测光束,然后接收从目标物反射的回波光束,根据探测光束和回波光束的关系,就可获得目标的距离、方位、高度、速度、姿态、甚至形状等信息,具有精度高、抗干扰能力强、反应速度快等优点,适用于多种使用环境。

[0003] 在使用激光雷达进行测距应用时,为了确保激光雷达能够正确接收回波光束,通常需要在前一发射光束对应的回波光束被接收后再发射下一发射光束。假定探测距离为 $L$ ,则此时最大的频率 $f=c/(2L)$ ,其中 $c$ 为光速。例如当探测距离 $L$ 为2km时,对应的频率 $f$ 为75kHz,但该频率 $f$ 对于一些需要高探测精度的场所是无法满足其需求的。比如在测绘领域,不仅需要实现远距离探测,而且需要得到较为密集的点云分布,而现有的激光雷达无法达到测绘精度需求。

### 发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种多线激光雷达系统,以保证在具有较高的光束发射频率的基础上具有远距离探测的能力,增大测量的点云密度,达到测绘精度和测绘距离的需求。

[0005] 本发明实施例提供一种多线激光雷达系统,包括:

[0006] 旋转棱镜,所述旋转棱镜包括顶面、底面和位于所述顶面和所述底面之间的至少三个侧面,其中至少两个所述侧面为反射面;

[0007] 旋转机构,所述旋转棱镜位于所述旋转机构上,所述旋转机构用于带动所述旋转棱镜绕所述旋转棱镜的旋转轴旋转;

[0008] 至少一组发射接收组件,所述发射接收组件包括发射单元和接收单元;所述发射单元位于所述旋转棱镜的一侧,用于发射多个具有不同波长的激光光束,所述发射单元将发射的多个激光光束经所述旋转棱镜的反射面反射后照射到目标物;所述接收单元与同一组所述发射接收组件中的所述发射单元位于所述旋转棱镜的同一侧,所述接收单元用于接收从所述目标物反射后经所述旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束。

[0009] 可选的,所述旋转棱镜具有 $n$ 对相对设置的反射面, $n$ 为大于或者等于2的正整数;

[0010] 相对的两个所述反射面与所述底面的夹角均大于或者均小于,两个所述反射面之间的至少一个反射面与所述底面的夹角;和/或

[0011] 相对设置的两个反射面与所述底面的夹角相等。

[0012] 可选的,所述反射面与所述底面之间夹角的最大值为 $\alpha_1$ ,所述反射面与所述底面之间夹角的最小值为 $\alpha_2$ , $0^\circ < |\alpha_1 - \alpha_2| < 2^\circ$ 。

[0013] 可选的,所述发射单元以相同的频率发射多个具有不同波长的激光光束。

[0014] 可选的,所述发射单元同时发射多个具有不同波长的激光光束,或者所述发射单

元以预设间隔依次发射多个具有不同波长的激光光束。

[0015] 可选的,所述旋转棱镜的所有反射面与所述底面的夹角都相等。

[0016] 可选的,所述发射单元包括多个不同输出波长的脉冲激光器。

[0017] 可选的,所述发射单元包括一多波长脉冲光纤激光器,所述多波长脉冲光纤激光器包括种子光源模块、泵浦源以及至少一级光纤放大模块,所有所述光纤放大模块的泵浦输入端均与所述泵浦源连接,所述种子光源模块的输出端与第一级所述光纤放大模块的输入端连接;

[0018] 所述种子光源模块用于发出多个不同波长的脉冲激光,所述种子光源模块包括多个激光芯片,每个所述激光芯片与一根输出光纤连接,每个所述激光芯片发出一种波长的脉冲激光,且一体封装于所述种子光源模块内;

[0019] 所述泵浦源用于为所述光纤放大模块提供能量;

[0020] 所述光纤放大模块用于放大所述种子光源模块产生的脉冲激光,并将放大后的脉冲激光输出。

[0021] 可选的,所述多波长脉冲光纤激光器包括至少两级光纤放大模块;至少两级所述光纤放大模块串联设置;

[0022] 第一级所述光纤放大模块包括第一波分复用器、第一光隔离器、第一增益光纤以及第一泵浦合束器;

[0023] 所述第一波分复用器包括多个输入端和一个输出端,每个输入端与一个所述激光芯片的输出光纤连接,输出端与所述第一光隔离器的输入端连接;

[0024] 所述第一光隔离器的输出端通过所述第一增益光纤与所述第一泵浦合束器的第一输入端连接;或者所述第一光隔离器的输出端与所述第一泵浦合束器的第一输入端连接,所述第一泵浦合束器的输出端与所述第一增益光纤连接;

[0025] 所述第一泵浦合束器的第二输入端与所述泵浦源连接;

[0026] 最后一级所述光纤放大模块包括第二波分复用器、第二光隔离器、多段第二增益光纤、多个第二泵浦合束器、第一分束器和多个第三光隔离器,其中所述第二波分复用器包括一个输入端和多个输出端,所述第一分束器包括一个输入端和多个输出端,所述第一分束器的输出端数量、所述第二波分复用器的输出端的数量、所述第二泵浦合束器的数量、所述第二增益光纤的数量和所述第三光隔离器的数量均与所述种子光源模块中激光芯片的数量相同;

[0027] 所述第二光隔离器的输入端与前一级所述光纤放大模块的输出端连接,所述第二光隔离器的输出端与所述第二波分复用器的输入端连接;

[0028] 所述第一分束器的输入端与所述泵浦源连接;

[0029] 所述第二泵浦合束器的第一输入端通过所述第二增益光纤与所述第二波分复用器的每个输出端一一对应连接,所述第二泵浦合束器的第二输入端与所述第一分束器的每个输出端一一对应连接,所述第二泵浦合束器的输出端与所述第三光隔离器的输入端连接;或者所述第二泵浦合束器的第一输入端与所述第二波分复用器的每个输出端一一对应连接,所述第二泵浦合束器的第二输入端与所述第一分束器的每个输出端一一对应连接,所述第二泵浦合束器的输出端与所述第二增益光纤的输入端连接,所述第二增益光纤的输出端与所述第三光隔离器的输入端连接。

[0030] 可选的,所述接收单元包括一波分装置以及设置于所述波分装置各输出端的光电探测模块;

[0031] 所述波分装置包括多个波分模块,每个所述波分模块仅透射一种波长的光,并将其他波长的光反射至下一波分模块。

[0032] 本发明实施例提供的多线激光雷达系统,包括旋转棱镜,旋转棱镜包括顶面、底面和位于顶面和底面之间的至少三个侧面,其中至少两个侧面为反射面;旋转机构,旋转棱镜位于旋转机构上,旋转机构用于带动旋转棱镜绕旋转棱镜的旋转轴旋转;至少一组发射接收组件,发射接收组件包括发射单元和接收单元;发射单元位于旋转棱镜的一侧,用于发射多个具有不同波长的激光光束,发射单元将发射的多个激光光束经旋转棱镜的反射面反射后照射到目标物;接收单元与同一组发射接收组件中的发射单元位于旋转棱镜的同一侧,接收单元用于接收从目标物反射后经旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束。通过发射单元发射多个具有不同波长的激光光束,不同波长的激光光束的收发不会相互影响,因此多个具有不同波长的激光光束的发射过程不会受到单个激光光束的发射频率的限制,从而提高多线激光雷达系统的发射重复频率;通过旋转机构带动旋转棱镜旋转,旋转棱镜的反射面对各激光光束进行反射实现对目标区域的扫描;通过接收单元接收从目标物反射后经旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束,实现对目标物的多线探测,可以保证多线激光雷达系统在具有较高的光束发射频率的基础上具有远距离探测的能力,增大测量的点云密度,达到测绘精度和测绘距离的需求。

## 附图说明

[0033] 图1是本发明实施例提供的一种多线激光雷达系统的结构示意图;

[0034] 图2是本发明实施例提供的一种旋转棱镜的结构示意图;

[0035] 图3是本发明实施例提供的一种旋转棱镜的侧面反射光路示意图;

[0036] 图4是本发明实施例提供的一种发射单元的结构示意图;

[0037] 图5是本发明实施例提供的一种多波长脉冲光纤激光器的结构示意图;

[0038] 图6是本发明实施例提供的一种种子光源模块的局部结构示意图;

[0039] 图7是本发明实施例提供的一种多波长脉冲光纤激光器的结构示意图;

[0040] 图8是本发明实施例提供的一种波分装置的结构示意图。

## 具体实施方式

[0041] 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。

[0042] 在本发明实施例中使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本发明。需要注意的是,本发明实施例所描述的“上”、“下”、“左”、“右”等方位词是以附图所示的角度来进行描述的,不应理解为对本发明实施例的限定。此外在上下文中,还需要理解的是,当提到一个元件被形成在另一个元件“上”或“下”时,其不仅能够直接形成在另一个元件“上”或者“下”,也可以通过中间元件间接形成在另一元件“上”或者“下”。术语“第一”、“第二”等仅用于描述目的,并不表示任何顺序、数量或者重要性,而只是用来区分不同的组

成部分。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0043] 本发明实施例提供一种多线激光雷达系统,包括:旋转棱镜,旋转棱镜包括顶面、底面和位于顶面和底面之间的至少三个侧面,其中至少两个侧面为反射面;旋转机构,旋转棱镜位于旋转机构上,旋转机构用于带动旋转棱镜绕旋转棱镜的旋转轴旋转;至少一组发射接收组件,发射接收组件包括发射单元和接收单元;发射单元位于旋转棱镜的一侧,用于发射多个具有不同波长的激光光束,发射单元将发射的多个激光光束经旋转棱镜的反射面反射后照射到目标物;接收单元与同一组发射接收组件中的发射单元位于旋转棱镜的同一侧,接收单元用于接收从目标物反射后经旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束。

[0044] 示例性的,以旋转棱镜包括四个侧面均为反射面,多线激光雷达系统包括一组发射接收组件为例,图1所示为本发明实施例提供的一种多线激光雷达系统的结构示意图。参考图1,本实施例提供的多线激光雷达系统包括:旋转棱镜10,旋转棱镜10包括顶面101、底面102和位于顶面101和底面102之间的四个侧面,分别为侧面103(图1中左后侧面)、侧面104(图1中左前侧面)、侧面105(图1中右前侧面)以及侧面106(图1中右后侧面),其中四个侧面均为反射面;旋转机构20,旋转棱镜10位于旋转机构20上,旋转机构20用于带动旋转棱镜10绕旋转棱镜10的旋转轴旋转;发射接收组件30,发射接收组件30包括发射单元301和接收单元302;发射单元301位于旋转棱镜10的一侧,用于发射多个具有不同波长的激光光束,发射单元301将发射的多个激光光束经旋转棱镜10的反射面反射后照射到目标物(图1中未示出);接收单元302与同一组发射接收组件30中的发射单元301位于旋转棱镜10的同一侧,接收单元302用于接收从目标物反射后经旋转棱镜10的反射面反射的多个激光光束。

[0045] 可以理解的是,在本实施例中,发射单元301发射多个具有不同波长的激光光束,接收单元302可以设置波分复用装置,不同波长的信号不会产生干扰,因此多个具有不同波长的激光光束可以同时发射,也可以间隔发射,例如不同波长的激光光束间隔相同的时间。例如发射单元301可以发射32束具有不同波长的激光光束,每个波长的激光光束的发射频率设置为65kHz,则整个系统的重复频率(也即重频)可以达到 $65 \times 32 = 2080$ kHz,即接近2MHz,根据 $f = c / (2L)$ 可知此时的探测距离约为2.3km,若设置旋转棱镜10的四个反射面与底面102的夹角不同,旋转棱镜10旋转时可以将32束光线变为128束,能够满足测绘需求。

[0046] 在一实施例中,发射单元301可以包括多个发射器,比如设置有32个发射器。多个发射器均具有不同的扫描平面。每个发射器发射一种波长的激光光束,从而形成有32线具有不同波长的激光光束。当旋转棱镜10的四个反射面与底面102的夹角不同时,经过前述中的旋转棱镜10的旋转后,可以将原来的每一线激光光束投射至四个不同的扫描平面,以使得激光雷达的线数成4倍增加,由原来的32线变为128线,形成128线激光雷达。激光雷达线数的增加有利于提高激光雷达的垂直角度分辨率,进而提高探测精度。可选的,各发射器可以采用相同的发射频率同时对外发射多个具有不同波长的激光光束,也可以以预设间隔依次发射。间隔时间并不会对各激光光束的接收产生影响。当旋转棱镜10的所有反射面与底面的夹角都相等时,每一线激光光束经过旋转棱镜10的各反射面的发射后均投射在同一扫描平面内,从而不会改变多线激光雷达的线数,多线激光雷达为32线激光雷达。通过旋转棱镜10的旋转,可以增加水平方向上的点云密度,进而提高了激光雷达的水平角度分辨率。

[0047] 在其他的实施例中,每个发射器也可以采用不同的发射频率来发射各自波长的激

光光束,此时,整个多线激光雷达系统的重频就等于各发射器的发射频率之和。

[0048] 需要说明的是,在其他实施例中,旋转棱镜的反射面的数量可以根据实际需求设置,例如可以包括三个反射面、五个发射面、六个反射面等。在其他的实施例中,多线激光雷达系统也可以包括一个以上的发射接收组件,实现更多目标区域的同时扫描,增大测量范围。

[0049] 本发明实施例的技术方案,通过发射单元发射多个具有不同波长的激光光束,不同波长的激光光束的收发不会相互影响,因此多个具有不同波长的激光光束的发射过程不会受到单个激光光束的发射频率的限制,从而提高多线激光雷达系统的发射重复频率;通过旋转机构带动旋转棱镜旋转,旋转棱镜的反射面对各激光光束进行反射实现对目标区域的扫描;通过接收单元接收从目标物反射后经旋转棱镜的反射面反射的多个激光光束,实现对目标物的多线探测,可以保证多线激光雷达系统在具有较高的光束发射频率的基础上具有远距离探测的能力,增大测量的点云密度,达到测绘精度和测绘距离的需求。

[0050] 在上述实施例的基础上,可选的,旋转棱镜具有 $n$ 对相对设置的反射面, $n$ 为大于或者等于2的正整数;相对的两个反射面与底面的夹角均大于或者均小于,两个反射面之间的至少一个反射面与底面的夹角;和/或相对设置的两个反射面与底面的夹角相等。

[0051] 示例性的,以 $n=2$ 为例,图2所示为本发明实施例提供的一种旋转棱镜的结构示意图。参考图2,相对的侧面104和侧面106与底面102的夹角均大于侧面105与底面102的夹角,这样设置的目的是可以避免各个侧面与底面102的夹角逐渐增大或逐渐减小,导致旋转棱镜在旋转过程中力矩不平衡,提高旋转棱镜旋转时的稳定性。

[0052] 为了便于理解,本发明实施例还进一步地给出了数值示例,但并非对本发明的限定。示例性的,参考图2,侧面104与底面102的夹角为 $90^\circ$ ,侧面105与底面102的夹角为 $89.8^\circ$ ,侧面106与底面102的夹角为 $89.9^\circ$ ,侧面103与底面102的夹角为 $89.8^\circ$ 。从图2的俯视图中沿逆时针观察,旋转棱镜中各个侧面(侧面104、侧面105、侧面106、侧面103)与底面102的夹角分别为 $90^\circ$ 、 $89.8^\circ$ 、 $89.9^\circ$ 和 $89.8^\circ$ ,而不是 $90^\circ$ 、 $89.9^\circ$ 、 $89.8^\circ$ 和 $89.7^\circ$ ,避免旋转棱镜在旋转过程中力矩不平衡,提高稳定性。

[0053] 在其他实施例中,还可以设置相对设置的两个反射面与底面的夹角相等,即相对的两个反射面对称设置,可以简化旋转棱镜结构,提高旋转稳定性。

[0054] 可选的,反射面与底面之间夹角的最大值为 $\alpha_1$ ,反射面与底面之间夹角的最小值为 $\alpha_2$ , $0^\circ < |\alpha_1 - \alpha_2| < 2^\circ$ 。

[0055] 可以理解的是,这样设置的优点在于,保证了所有的反射面不至于倾斜过大,保证了多线雷达系统具有良好的分辨率。需要说明的是,在其他实施方式中, $\alpha_1$ 与 $\alpha_2$ 的差值还可以大于或者等于 $2^\circ$ ,本发明实施例对此不作限定。

[0056] 图3所示为本发明实施例提供的一种旋转棱镜的侧面反射光路示意图。参考图3,可选的,每一反射面包括发射区域110和接收区域120,发射区域110反射的激光光束的传播方向与接收区域120反射的激光光束的传播方向相反。发射区域110将从右侧入射的激光光束(光源发出)反射到左侧,发射区域110反射的激光光束的传播方向为从右到左;接收区域120将从右侧入射的激光光束(目标物反射)反射到右侧,接收区域120反射的激光光束的传播方向为从左到右。通过在旋转棱镜侧面设置接收区域,可以将目标物反射的光束反射和汇聚到接收单元上,有效降低对接收镜头视场角的要求,减少接收单元光敏面的面积,降低



多线激光雷达系统的成本。

[0057] 可选的,旋转棱镜的所有反射面与底面的夹角都相等。

[0058] 示例性的,可以设置旋转棱镜的所有反射面均与底面垂直,从而通过旋转棱镜旋转时实现光束在水平方向的扫描,提高多线激光雷达系统的水平角度分辨率。

[0059] 图4所示为本发明实施例提供的一种发射单元的结构示意图。参考图4,可选的,发射单元301包括多个不同输出波长的脉冲激光器311。

[0060] 可以理解的是,图4中示意性的示出发射单元包括输出波长分别为 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 和 $\lambda_3$ 的三个脉冲激光器311,具体实施时,可以根据实际应用需求选择脉冲激光器的数量,本发明实施例对此不作限定。

[0061] 进一步的,为了降低多线激光雷达系统的成本,发射单元可以选用一个多波长的脉冲激光器。可选的,发射单元包括一多波长脉冲光纤激光器,多波长脉冲光纤激光器包括种子光源模块、泵浦源以及至少一级光纤放大模块,所有光纤放大模块的泵浦输入端均与泵浦源连接,种子光源模块的输出端与第一级光纤放大模块的输入端连接;种子光源模块用于发出多个不同波长的脉冲激光,种子光源模块包括多个激光芯片,每个激光芯片与一根输出光纤连接,每个激光芯片发出一种波长的脉冲激光,且一体封装于种子光源模块内;泵浦源用于为光纤放大模块提供能量;光纤放大模块用于放大种子光源模块产生的脉冲激光,并将放大后的脉冲激光输出。

[0062] 可以理解的是,种子光源模块用于产生多个不同波长的脉冲激光,其中激光芯片可以为半导体激光芯片,所有激光芯片都封装在种子光源模块内,由于半导体材料对温度敏感,具体实施时,还可以在种子光源模块内封装温度传感器和温控装置,以提高种子光源模块的输出稳定性。根据要输出的脉冲功率,可以选择光纤放大模块的数量,例如输出功率为几十或者几百毫瓦时,可以选用一级放大,输出功率为瓦量级时,可以选用二级放大等。泵浦源可以为多模半导体激光器。

[0063] 示例性的,以多波长脉冲光纤激光器包括一级光纤放大模块,种子光源模块包括三个激光芯片为例,图5所示为本发明实施例提供的一种多波长脉冲光纤激光器的结构示意图。参考图5,本实施例提供的多波长脉冲光纤激光器包括种子光源模块1、泵浦源2以及光纤放大模块3,光纤放大模块3的泵浦输入端与泵浦源2连接,种子光源模块1的输出端与光纤放大模块3的输入端连接;种子光源模块1包括三个激光芯片11,每个激光芯片与一根输出光纤12连接,每个激光芯片11发出一种波长的脉冲激光,且一体封装于种子光源模块1内;泵浦源2用于为光纤放大模块3提供能量;光纤放大模块3用于放大种子光源模块1产生的脉冲激光,并将放大后的脉冲激光输出。具体实施时,光纤放大模块3的输出端可以与波分复用器(图5中未示出)的输出端连接,波分复用器的每个输出端输出一个波长的激光光束。

[0064] 可选的,种子光源模块还包括多个准直透镜,准直透镜与激光芯片一一对应,设置于激光芯片与输出光纤之间,准直透镜用于将激光芯片输出的脉冲激光耦合入输出光纤。

[0065] 示例性的,图6所示为本发明实施例提供的一种种子光源模块的局部结构示意图。参考图6,种子光源模块还包括准直透镜13,设置于激光芯片11和输出光纤12之间,准直透镜用于将激光芯片11输出端脉冲激光耦合入输出光纤12。

[0066] 需要说明的是,图6中示出的准直透镜13为凸透镜仅是示例性的,具体实施时,还

可以采用凸透镜和凹透镜组合等其他形式,本发明实施例对此不做限定。

[0067] 可选的,多波长脉冲光纤激光器包括至少两级光纤放大模块;至少两级光纤放大模块串联设置;第一级光纤放大模块包括第一波分复用器、第一光隔离器、第一增益光纤以及第一泵浦合束器;第一波分复用器包括多个输入端和一个输出端,每个输入端与一个激光芯片的输出光纤连接,输出端与第一光隔离器的输入端连接;第一光隔离器的输出端通过第一增益光纤与第一泵浦合束器的第一输入端连接;或者第一光隔离器的输出端与第一泵浦合束器的第一输入端连接,第一泵浦合束器的输出端与第一增益光纤连接;第一泵浦合束器的第二输入端与泵浦源连接;最后一级光纤放大模块包括第二波分复用器、第二光隔离器、多段第二增益光纤、多个第二泵浦合束器、第一分束器和多个第三光隔离器,其中第二波分复用器包括一个输入端和多个输出端,第一分束器包括一个输入端和多个输出端,第一分束器的输出端数量、第二波分复用器的输出端的数量、第二泵浦合束器的数量、第二增益光纤的数量和第三光隔离器的数量均与种子光源模块中激光芯片的数量相同;第二光隔离器的输入端与前一级光纤放大模块的输出端连接,第二光隔离器的输出端与第二波分复用器的输入端连接;第一分束器的输入端与泵浦源连接;第二泵浦合束器的第一输入端通过第二增益光纤与第二波分复用器的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器的第二输入端与第一分束器的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器的输出端与第三光隔离器的输入端连接;或者第二泵浦合束器的第一输入端与第二波分复用器的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器的第二输入端与第一分束器的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器的输出端与第二增益光纤的输入端连接,第二增益光纤的输出端与第三光隔离器的输入端连接。

[0068] 可以理解的是,由于光纤放大模块放大时可能发生饱和,单级放大在某些应用场景中不能满足要求,可以将多级放大模块串联,提高激光脉冲的输出功率。

[0069] 示例性的,以下以多波长脉冲光纤激光器包括两级光纤放大模块,种子光源模块包括三个激光芯片为例,图7所示为本发明实施例提供的一种多波长脉冲光纤激光器的结构示意图。参考图7,本实施例提供的多波长脉冲光纤激光器包括第一级光纤放大模块2a和第二级光纤放大模块2b,第一级光纤放大模块2a包括第一波分复用器21a、第一光隔离器22a、第一增益光纤23a以及第一泵浦合束器24a;第一波分复用器21a包括三个输入端和一个输出端,每个输入端与一个激光芯片11的输出光纤12连接,输出端与第一光隔离器22a的输入端连接;第一光隔离器22a的输出端通过第一增益光纤23a与第一泵浦合束器24a的第一输入端连接;第二级光纤放大模块2b包括第二波分复用器21b、第二光隔离器22b、三段第二增益光纤23b、三个第二泵浦合束器24b、第一分束器25b和三个第三光隔离器26b,其中第二波分复用器21b包括一个输入端和三个输出端,第一分束器25b包括一个输入端和三个输出端;第二光隔离器22b的输入端与第一级光纤放大模块2a的输出端连接,第二光隔离器22b的输出端与第二波分复用器21b的输入端连接;第一分束器25b的输入端与泵浦源3连接;第二泵浦合束器24b的第一输入端通过第二增益光纤23b与第二波分复用器21b的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器24b的第二输入端与第一分束器25b的每个输出端一一对应连接,第二泵浦合束器24b的输出端与第三光隔离器26b的输入端连接。

[0070] 可以理解的是,图7中所示的第一光纤放大模块和第二光纤放大模块均采用反向泵浦方式,在其他实施例中,第一光纤放大模块和第二光纤放大模块都可以选用正向泵浦

或反向泵浦方式,此处不再详述。

[0071] 需要说明的是,图7示出的结构只是示例性的实施例,具体实施时,各个器件的位置可以根据实际情况进行调整,例如隔离器的位置可以移动,本发明实施例对各个器件的连接顺序不作限定,只需要满足光纤放大器的条件即可。

[0072] 可选的,继续参考图7,该多波长脉冲光纤激光器还包括一个滤波器4,滤波器4设置于第一级光纤放大模块2a和第二级光纤放大模块2b之间,滤波器4的输入端与第一级光纤放大模块2a的输出端连接,滤波器4的输出端与第二级光纤放大模块2b的输入端连接。

[0073] 可以理解的是,滤波器4只允许种子光源模块1发出的波长的光透过,而阻止其他波长的光透过(例如第一光纤放大模块2a的自发辐射光),从而滤除噪声,提高激光器的稳定性。

[0074] 可选的,最后一级光纤放大模块还包括多个准直器,每个准直器与最后一级光纤放大模块的一个输出端连接。

[0075] 继续参考图7,第二级光纤放大模块2b还包括三个准直器27b,每个准直器27b与第二级光纤放大模块2b的一个输出端连接。通过准直器的设置,可以提高激光器输出光的光束质量,以便应用于更多场景。

[0076] 可选的,第一增益光纤和第二增益光纤为掺杂相同稀土元素的掺杂光纤。

[0077] 可选的,掺杂光纤包括掺镱光纤、掺铒光纤、双包层铒镱共掺光纤、掺铥光纤中的任意一种。

[0078] 可以理解的是,掺镱光纤可以用于产生1060nm波段的激光,掺铒光纤和双包层铒镱共掺光纤可以用于产生1550nm波段的激光,掺铥光纤可以用于产生2000nm波段的激光,具体实施时可以根据实际应用场景选择,并使用波长匹配的激光芯片和滤波器。

[0079] 示例性的,1550nm波段位于第三个低损耗通信窗口,该波段激光对云雾、烟尘有很强的穿透力,而且人眼在1550nm波段的损伤阈值比在1060nm波段的损伤阈值高出四个数量级,所以该激光波段也被称为“人眼安全”激光波段。由于普通掺铒1550nm脉冲光纤激光器可能存在功率较低的问题,本发明实施例还可以采用铒镱共掺双包层光纤,有效提高激光器的输出功率。采用铒镱共掺光纤,通过高浓度的Yb<sup>3+</sup>掺杂可以对邻近的Er<sup>3+</sup>起到很好的隔离作用,从而显著地降低Er<sup>3+</sup>的浓度淬灭效应,同时降低Er<sup>3+</sup>之间发生上转换的概率,有效提高增益和输出功率。

[0080] 可选的,泵浦源包括915nm多模半导体激光器、940nm多模半导体激光器或者带体光栅的976nm多模半导体激光器的任意一种。

[0081] 示例性的,对于铒镱共掺双包层光纤,由于Yb<sup>3+</sup>的吸收谱很宽(800nm-1000nm),在915nm和940nm波段的吸收带宽很宽,保证温度等因素引起泵浦源波长漂移不会对放大器有明显影响,带体光栅(VBG)的976nm的激光器可以保证波长锁定在976nm,几乎不随温度漂移,在-35℃到65℃的环境温度下,其波长漂移为0.1nm左右,因此可以提高放大系统对泵浦光的吸收效率,同时也降低了对泵浦激光器波长的要求。

[0082] 可选的,接收单元包括一波分装置以及设置于波分装置各输出端的光电探测模块;波分装置包括多个波分模块,每个波分模块仅透射一种波长的光,并将其他波长的光反射至下一波分模块。

[0083] 图8所示为本发明实施例提供的一种波分装置的结构示意图。参考图8,波分装置

包括多个波分模块100(图8中示意性示出三个波分模块),每个波分模块100仅透射一种波长的光,并将其他波长的光反射至下一波分模块(例如透射波长为 $\lambda_1$ 的光波分模块反射波长为 $\lambda_2$ 和 $\lambda_3$ 的光),依次类推。在一实施例中,每个波分模块倾斜一定的角度,比如大约倾斜 $1\sim 2^\circ$ 。可以理解的是,每个波分模块的倾斜角度还可以根据各波分模块之间的相对位置关系来进行确定。

[0084] 本实施例提供的波分装置采用自由空间滤波的方式,相比于传统光纤器件的波分复用器成本更低,有利于降低多线激光雷达系统的成本。

[0085] 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。

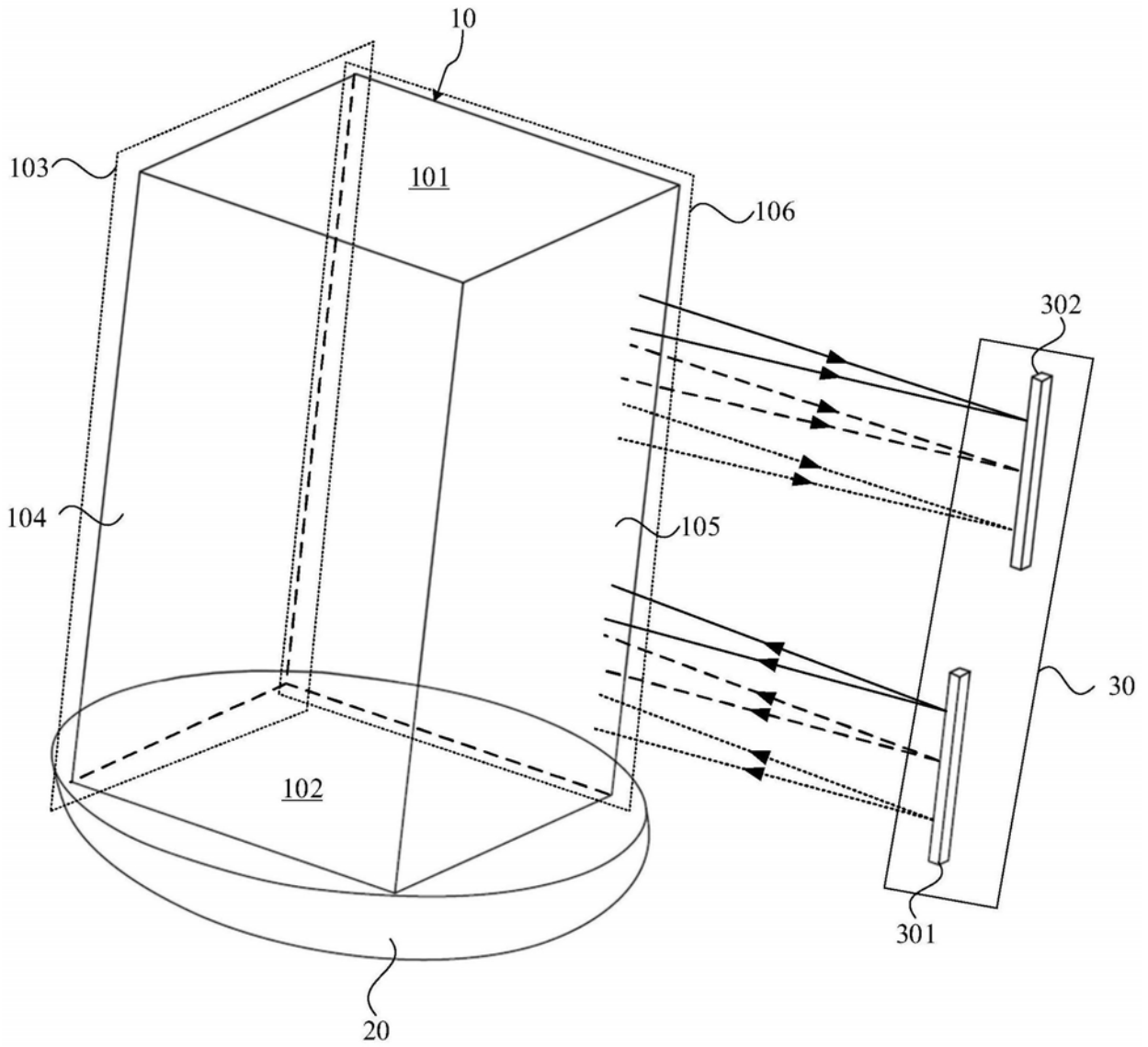


图1

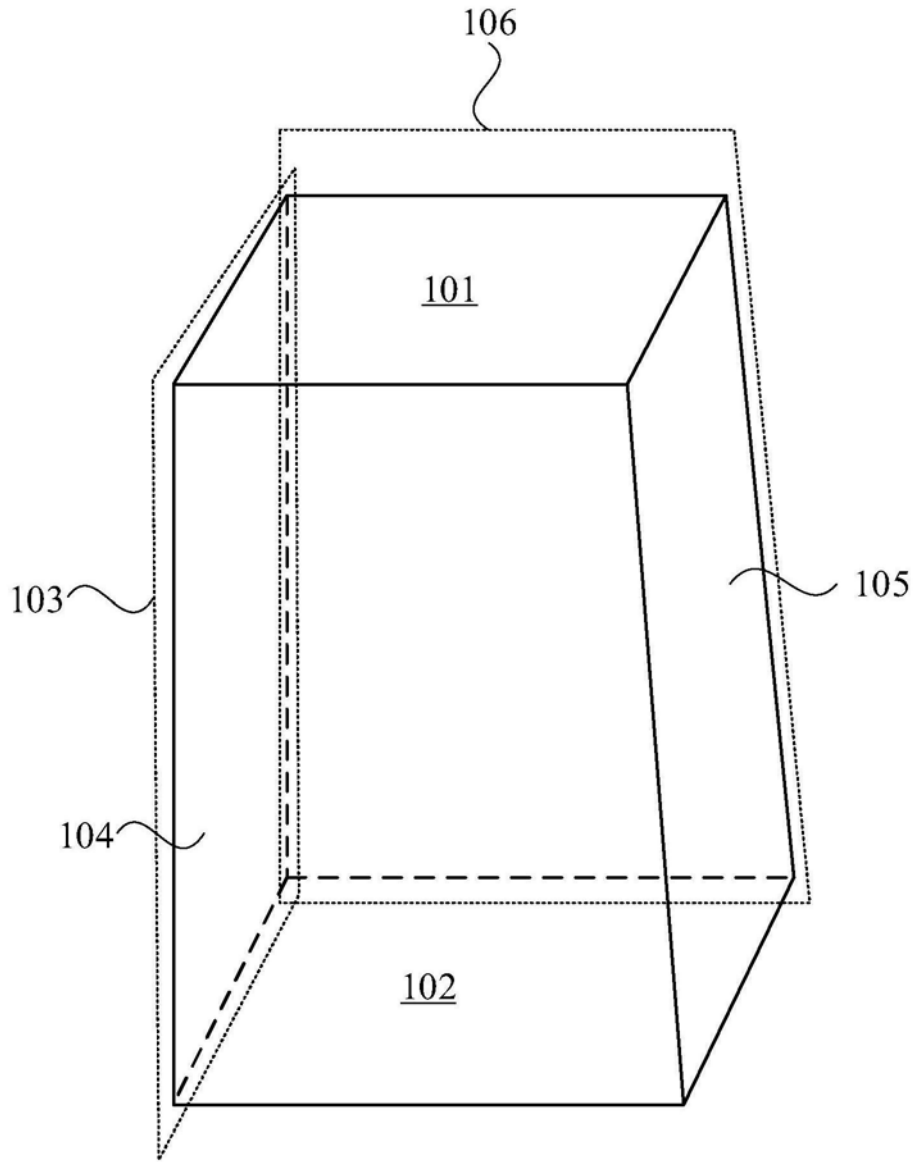


图2

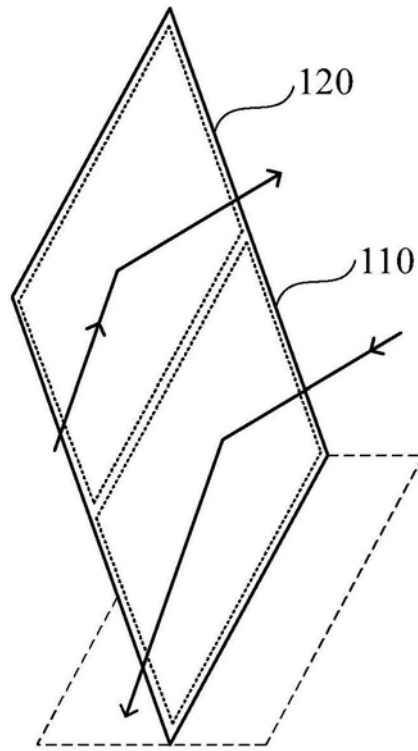


图3

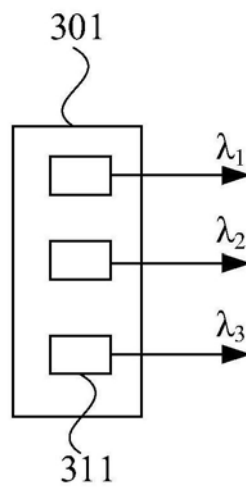


图4

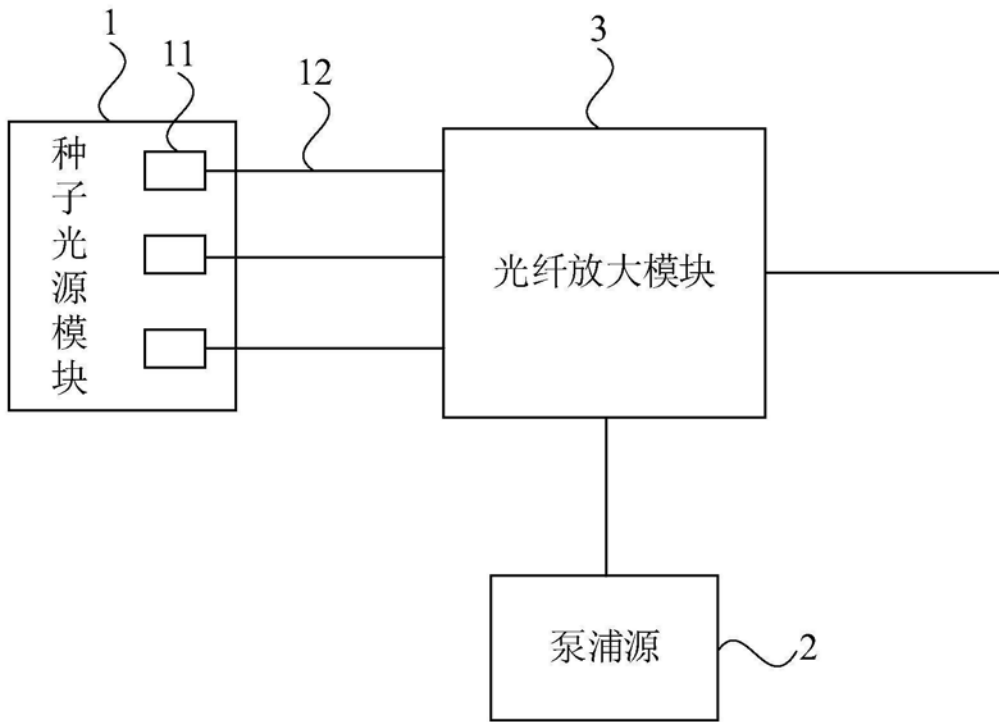


图5

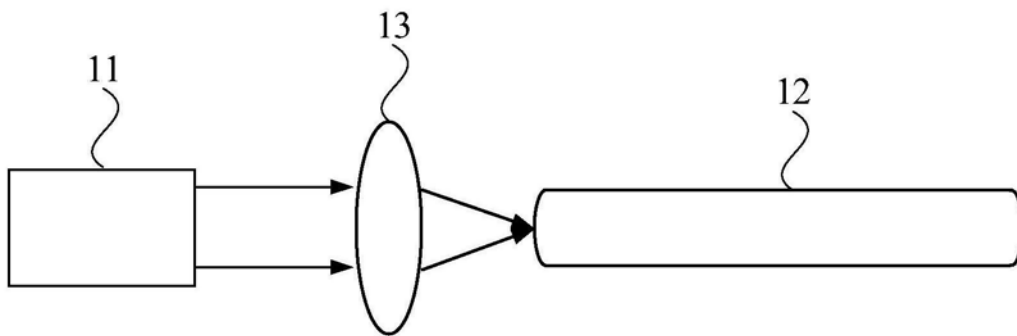


图6



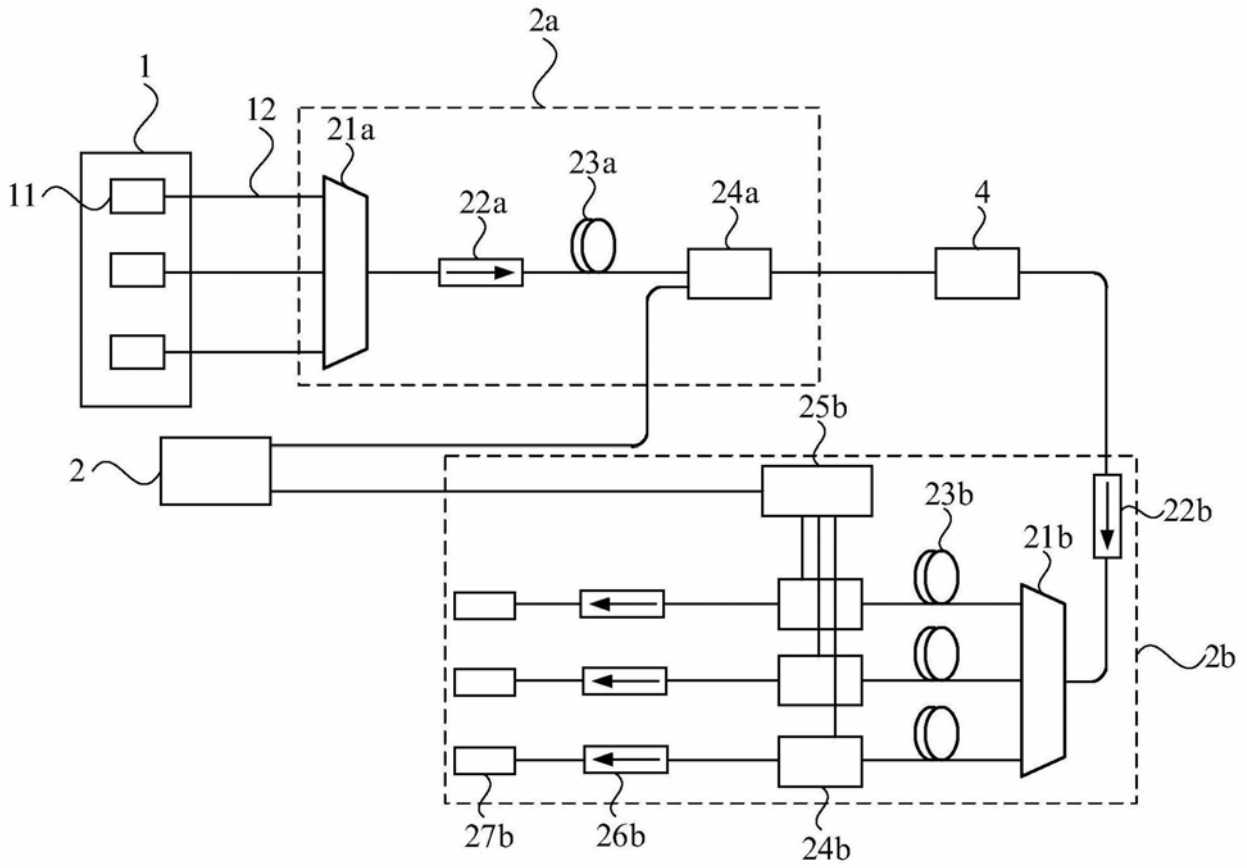


图7

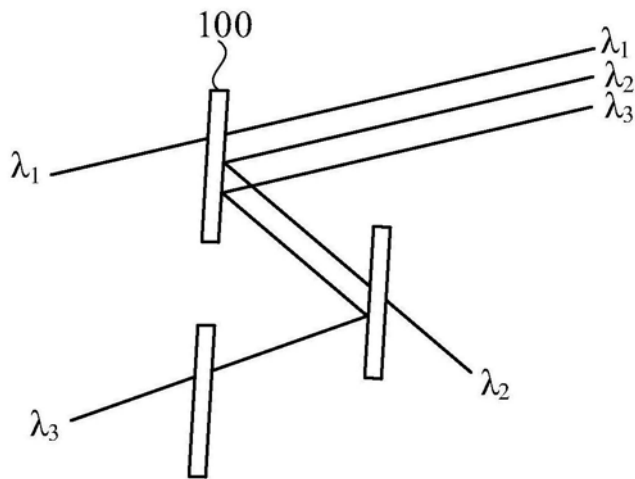


图8