



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106646429 B

(45)授权公告日 2019.02.15

(21)申请号 201611064924.3

(22)申请日 2016.11.28

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106646429 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(73)专利权人 北京空间机电研究所  
地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号  
9201信箱5分箱

(72)发明人 王玉诏 郑永超 杨居奎 陶宇亮  
高龙 赵文峰 尚卫东 沈振民  
罗萍萍 荣微

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心  
11009  
代理人 张丽娜

(51)Int.Cl.

G01S 7/497(2006.01)

(56)对比文件

CN 101963665 A,2011.02.02,  
CN 1847806 A,2006.10.18,  
CN 1657972 A,2005.08.24,  
CN 1641339 A,2005.07.20,  
CN 102508225 A,2012.06.20,  
CN 106019303 A,2016.10.12,  
黄春红.红外微脉冲激光雷达系统研制.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2012,(第4期),I136-1275.

谢晨波 等.新型车载式拉曼激光雷达测量对流层水汽.《光学学报》.2006,第26卷(第9期),

审查员 杨喆

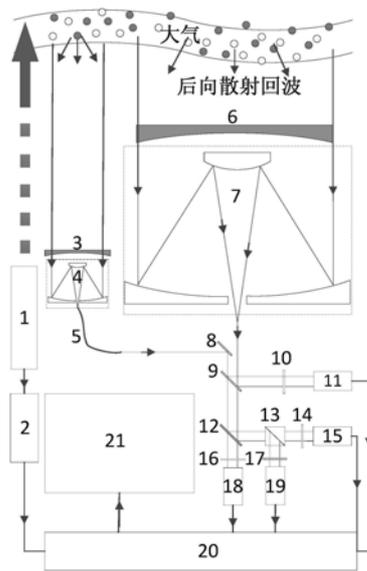
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置及方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置及方法,属于激光大气遥感技术领域。该装置包括激光器、主波脉冲发生器、次接收镜罩、次接收镜、导光光纤、主接收镜罩、主接收镜、折转镜、红绿二色向分光镜、1064nm窄带滤光片、APD探测器、蓝绿二色向分光镜、偏振分束棱镜、第一532nm窄带滤光片、第一PMT探测器、355nm窄带滤光片、第二532nm窄带滤光片、第二PMT探测器、第三PMT探测器和综合采集系统。本发明在系统规模、成本、易用性、可靠性等方面具有极大优势。



1. 一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:该装置包括激光器、主波脉冲发生器、次接收镜罩、次接收镜、导光光纤、主接收镜罩、主接收镜、折转镜、红绿二色向分光镜、1064nm窄带滤光片、APD探测器、蓝绿二色向分光镜、偏振分束棱镜、第一532nm窄带滤光片、第一PMT探测器、355nm窄带滤光片、第二532nm窄带滤光片、第二PMT探测器、第三PMT探测器和综合采集系统;

激光器发射1064nm、532nm和355nm三个波长的激光脉冲直接进入大气,激光器的玻璃表面反射一部分激光脉冲通过光纤导入到主波脉冲发生器中;主波脉冲发生器中的光电转换单元将主波脉冲发生器接收到的激光脉冲转换并整形为矩形电脉冲,矩形电脉冲作为采集触发信号通过电缆输出到综合采集系统;

由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由主接收镜接收,主接收镜对接收到的后向散射光进行聚焦并准直后生成平行光传输到红绿二色向分光镜上;

由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由次接收镜接收,次接收镜对接收到的后向散射光进行聚焦并通过光纤传输并准直成平行光到达折转镜上,折转镜将接收到平行光反射到红绿二色向分光镜上;

1064nm波长的光在红绿二色向分光镜上进行反射,532nm波长的光和355nm波长的光在红绿二色向分光镜上进行透射;

红绿二色向分光镜将接收到的平行光中的1064nm波长的光反射到1064nm窄带滤光片上,1064nm波长的光透过1064nm窄带滤光片后到达APD探测器上,APD探测器对接收到的1064nm波长的光信号进行光电转换为电信号,电信号通过电缆传输给综合采集系统,综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集;

532nm波长的光和355nm波长的光透过红绿二色向分光镜后到达蓝绿二色向分光镜,532nm波长的光在蓝绿二色向分光镜上进行反射,355nm波长的光在蓝绿二色向分光镜上进行透射;

蓝绿二色向分光镜将接收到的532nm波长的光反射到偏振分束棱镜上,其中532nm波长的光中的P光透过偏振分束棱镜到达第一532nm窄带滤光片上,532nm波长的光中的P光再透过第一532nm窄带滤光片到达第一PMT探测器上,第一PMT探测器对接收到532nm波长的光中的P光进行光电转换为电信号,电信号通过电缆传输给综合采集系统,综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集;

532nm波长的光中的S光通过偏振分束棱镜反射后到达第二532nm窄带滤光片上,532nm波长的光中的S光再透过第二532nm窄带滤光片后到达第三PMT探测器,第三PMT探测器对接收到的532nm波长的光中的S光进行光电转换为电信号,电信号通过电缆传输给综合采集系统,综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集;

355nm波长的光透过蓝绿二色向分光镜后到达355nm窄带滤光片上,355nm波长的光再透过355nm窄带滤光片后达到第二PMT探测器,第二PMT探测器对接收到的355nm波长的光进行光电转换为电信号,电信号通过电缆传输给综合采集系统,综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集。

2. 根据权利要求1所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:综合采集系统经接收到的所有电信号通过数据线传输给计算机,计算机对接收到的电信号进行数据处理后得到几何因子。

3. 根据权利要求1或2所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:所述激光器为355nm、532nm、1064nm波长的全固态激光器;

所述主波脉冲发生器为监测激光发射脉冲的光电二极管及脉冲生成电路;

所述次接收镜罩用于对次接收镜进行光线的遮挡;

所述次接收镜为任意用于光谱信息接收的接收望远镜;

所述导光光纤为多模光纤,在光纤出射端耦合一个准直镜头;

所述主接收镜罩用于对主接收镜(7)进行光线的遮挡;

所述主接收镜为任意用于光谱信息接收的接收望远镜;

所述折转镜为高反射率平面镜。

4. 根据权利要求1或2所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:所述红绿二色向分光镜为针对1064nm高反射,对532nm和355nm波长高透过的分光镜;

所述蓝绿二色向分光镜为对532nm波长高反对355nm波长高透的二色向分光片;

所述偏振分束棱镜为针对532nm波长的高消光比偏振分束棱镜。

5. 根据权利要求1或2所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:所述APD探测器为对1064nm波长高灵敏的探测器;

所述第一PMT探测器和第三PMT探测器为对532nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器;

所述第二PMT探测器为对355nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器。

6. 根据权利要求1或2所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:所述1064nm窄带滤光片为对1064nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

所述355nm窄带滤光片为对355nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

所述第一532nm窄带滤光片和第二532nm窄带滤光片为对532nm波长高带外抑制的干涉滤光片。

7. 根据权利要求2所述的一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,其特征在于:所述综合采集系统为对上述1064nm、532nm、355nm三个波长的回波信号进行高速采集的嵌入式电子学系统;

所述计算机为安装激光雷达系统控制软件的工控机系统。

8. 一种使用权利要求1-7任一所述的装置进行激光雷达的自标定几何因子的方法,其特征在于步骤为:

(1) 将位于主接收镜上的主接收镜罩打开,将位于次接收镜上的次接收镜罩盖上,通过综合采集系统采集所有的表征大气回波的电信号,此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_1(R)$ ;

(2) 将位于主接收镜上的主接收镜罩盖上,将位于次接收镜上的次接收镜罩打开,通过综合采集系统采集所有的表征大气回波的电信号,此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_2(R)$ ;

(3) 对于1064nm通道、532nm的P通道和355nm通道,其几何因子通过以下公式获得:

$$O(R) = C \frac{f_1(R)}{f_2(R)}$$

其中C为两种电信号的归一化常数,通过饱和区数据标定求得。

9. 根据权利要求8所述的激光雷达的自标定几何因子的方法,其特征在于:532nm的S通道的几何因子采用532nm的P通道的几何因子。

10. 根据权利要求8所述的激光雷达的自标定几何因子的方法,其特征在于:所述的方法能够用于375nm、387nm、407nm、580nm、607nm、660nm拉曼散射回波通道几何因子的标定。

## 一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置及方法,属于激光大气遥感技术领域,将该装置应用到地基或机载激光雷达上,可以提高对近距离云、气溶胶、温度、湿度等大气参数的遥感能力。

### 背景技术

[0002] 激光雷达是实现多种大气参数(云、气溶胶、温度、湿度等)的高空间分辨、高时间分辨、全天时探测的有效手段,广泛应用于气候、气象、环境等多个领域具有重要的研究意义和应用价值。

[0003] 典型的激光雷达装置原理如图1所示。激光雷达装置中激光器1发射激光脉冲,同时由主波生成器2采集激光脉冲并完成光电转换并生成触发主波脉冲,由接收望远镜3接收大气回波信号,经准直后由窄带滤光片4过滤背景噪声,透过的有效回波光信号进入光电探测器5完成光电信号转换,再进入集成信号采集系统6完成模数转换或光子计数信号采集,采集后的大气探测数据送入计算机7进行数据反演。

[0004] 典型的激光雷达装置其固有特点是存在固定的几何因子(又叫重合系数)。图2为几何因子原理图。由于接收视场与激光发散角的匹配关系,在一定的距离内,激光回波信号难以进入接收光路,这段距离称为盲区;随着探测距离增加,一部分回波光开始进入接收光路,且在总回波光中的占比(回波饱合比)随距离增加但小于1,这段区域称为过渡区;探测距离继续增加,回波饱合比达到1,之后的区域称为饱合区。

[0005] 显然,在盲区和过渡区内,激光雷达信号随距离发生畸变,要实现全空域探测必须想办法去掉盲区同时压缩过渡区,并对过渡区的回波饱合比进行高精度校正。

[0006] 目前常用的解决方案有两种:一种是定期创造外场条件对几何因子进行校正;第二种是共用发射系统采用两套接收光电系统。

[0007] 其中第一种几何因子校正方式,有几种方法。包括假设水平均一条件下的水平测量校正、假设无气溶影响的背景大气校正、加入拉曼或转动拉曼通道的拉曼校正、近年来发展的CCD相机散射校正等。

[0008] 第二种解决方案较为简单,直接采用两套接收光电系统,一套小接收镜大视场系统用于测量近场回波,另一套大镜头小视场系统用于测量远场回波,再进行数据融合。

[0009] 上述的第一种方法存在的问题是:对于多数激光雷达装置,在无转台的条件下往往难以进行水平校正,而无气溶胶影响的大气条件(如在一定海拔高度)也较难实现,拉曼或CCD散射等方法需要加入独立的探测通道或探测装置增加可观的硬件配置的同时也需要复杂的反演方法才能实现。第二种方法存在的问题是:对成本和系统规模的要求高。

### 发明内容

[0010] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提出一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置及方法。

[0011] 本发明的技术解决方案是：

[0012] 一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置，该装置包括激光器、主波脉冲发生器、次接收镜罩、次接收镜、导光光纤、主接收镜罩、主接收镜、折转镜、红绿二色向分光镜、1064nm窄带滤光片、APD探测器、蓝绿二色向分光镜、偏振分束棱镜、第一532nm窄带滤光片、第一PMT探测器、355nm窄带滤光片、第二532nm窄带滤光片、第二PMT探测器、第三PMT探测器和综合采集系统；

[0013] 激光器发射1064nm、532nm和355nm三个波长的激光脉冲直接进入大气，激光器的玻璃表面反射一部分激光脉冲通过光纤导入到主波脉冲发生器中；主波脉冲发生器中的光电转换单元将主波脉冲发生器接收到的激光脉冲转换并整形为矩形电脉冲，矩形电脉冲作为采集触发信号通过电缆输出到综合采集系统；

[0014] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由主接收镜接收，主接收镜对接收到的后向散射光进行聚焦并准直后生成平行光传输到红绿二色向分光镜上；

[0015] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由次接收镜接收，次接收镜对接收到的后向散射光进行聚焦并通过光纤传输并准直成平行光到达折转镜上，折转镜将接收到平行光反射到红绿二色向分光镜上；

[0016] 1064nm波长的光在红绿二色向分光镜上进行反射，532nm波长的光和355nm波长的光在红绿二色向分光镜上进行透射；

[0017] 红绿二色向分光镜将接收到的平行光中的1064nm波长的光反射到1064nm窄带滤光片上，1064nm波长的光透过1064nm窄带滤光片后到达APD探测器上，APD探测器对接收到的1064nm波长的光信号进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统，综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0018] 532nm波长的光和355nm波长的光透过红绿二色向分光镜后到达蓝绿二色向分光镜，532nm波长的光在蓝绿二色向分光镜上进行反射，355nm波长的光在蓝绿二色向分光镜上进行透射；

[0019] 蓝绿二色向分光镜将接收到的532nm波长的光反射到偏振分束棱镜上，其中532nm波长的光中的P光透过偏振分束棱镜到达第一532nm窄带滤光片上，532nm波长的光中的P光再透过第一532nm窄带滤光片到达第一PMT探测器上，第一PMT探测器对接收到532nm波长的光中的P光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统，综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0020] 532nm波长的光中的S光通过偏振分束棱镜反射后到达第二532nm窄带滤光片上，532nm波长的光中的S光再透过第二532nm窄带滤光片后到达第三PMT探测器，第三PMT探测器对接收到的532nm波长的光中的S光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统，综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0021] 355nm波长的光透过蓝绿二色向分光镜后到达355nm窄带滤光片上，355nm波长的光再透过355nm窄带滤光片后达到第二PMT探测器，第二PMT探测器对接收到的355nm波长的光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统，综合采集系统在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集。

[0022] 综合采集系统经接收到的所有电信号通过数据线传输给计算机，计算机对接收到

的电信号进行数据处理后得到几何因子。

- [0023] 所述激光器为355nm、532nm、1064nm波长的全固态激光器；
- [0024] 所述主波脉冲发生器为监测激光发射脉冲的光电二极管及脉冲生成电路；
- [0025] 所述次接收镜罩用于对次接收镜进行光线的遮挡；
- [0026] 所述次接收镜为任意用于光谱信息接收的接收望远镜；
- [0027] 所述导光光纤为多模光纤，在光纤出射端耦合一个准直镜头；
- [0028] 所述主接收镜罩用于对主接收镜7进行光线的遮挡；
- [0029] 所述主接收镜为任意用于光谱信息接收的接收望远镜；
- [0030] 所述折转镜为高反射率平面镜。
- [0031] 所述红绿二色向分光镜为针对1064nm高反射，对532nm和355nm波长高透过的分光镜；
- [0032] 所述蓝绿二色向分光镜为对532nm波长高反对355nm波长高透的二色向分光片；
- [0033] 所述偏振分束棱镜为针对532nm波长的高消光比偏振分束棱镜。
- [0034] 所述APD探测器为对1064nm波长高灵敏的探测器；
- [0035] 所述第一PMT探测器和第三PMT探测器为对532nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器；
- [0036] 所述第二PMT探测器为对355nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器。
- [0037] 所述1064nm窄带滤光片为对1064nm波长高带外抑制的干涉滤光片；
- [0038] 所述355nm窄带滤光片为对355nm波长高带外抑制的干涉滤光片；
- [0039] 所述第一532nm窄带滤光片和第二532nm窄带滤光片为对532nm波长高带外抑制的干涉滤光片。
- [0040] 所述综合采集系统为对上述1064nm、532nm、355nm三个波长的回波信号进行高速采集的嵌入式电子学系统；
- [0041] 所述计算机为安装激光雷达系统控制软件的工控机系统。
- [0042] 一种所述的装置进行激光雷达的自标定几何因子的方法，步骤为：
- [0043] (1) 将位于主接收镜上的主接收镜罩打开，将位于次接收镜上的次接收镜罩盖上，通过综合采集系统采集所有的表征大气回波的电信号，此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_1(R)$ ；
- [0044] (2) 将位于主接收镜上的主接收镜罩盖上，将位于次接收镜上的次接收镜罩打开，通过综合采集系统采集所有的表征大气回波的电信号，此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_2(R)$ ；
- [0045] (3) 对于1064nm通道、532nm的P通道和355nm通道，其几何因子通过以下公式获得：
- [0046] 
$$O(R) = C \frac{f_1(R)}{f_2(R)}$$
- [0047] 其中C为两种电信号的归一化常数，通过饱和区数据标定求得。
- [0048] 532nm的S通道的几何因子采用532nm的P通道的几何因子。
- [0049] 所述的方法能够用于375nm、387nm、407nm、580nm、607nm、660nm拉曼散射回波通道几何因子的标定。
- [0050] 有益效果

[0051] (1) 本发明的装置不需要额外的独立装置或复杂的算法即可实现激光雷达系统几何因子的自标;

[0052] (2) 本发明采用三个波长实现云、气溶胶大气探测,有利于适应复杂的能见度环境;

[0053] 本发明采用三个波长实现云、气溶胶大气探测,有利于实现粒子尺度的评估;

[0054] 本发明采用532nm通道实现大气退偏振探测,可以实现云相态识别和粒子形状区分;

[0055] 本发明仅在原接收光路中加入了一组低成本大视场小型接收光学元件即可实现之前采用复杂方案的几何因子标定,在系统规模、成本、易用性、可靠性等方面具有极大优势。

[0056] 本发明采用的自标定几何因子的方法,还可以推广至振动拉曼、转动拉曼等其它需要进行几何因子标定的激光雷达系统,提高该类系统的效费比。

[0057] 本发明属于航空航天光学遥感器技术领域。为了解决传统的共平台分置方法测量基准不统一,光轴的一致性和稳定性难以保证,目标远场一致性匹配精度较差,系统体积大、重量大的问题。采用一种高光谱与激光雷达共光路一体化分光方法,为高光谱与激光雷达系统提供共用接收口径的有效分光方案。

[0058] 在接收主镜的焦面处设置光阑(或狭缝),通过光栅光谱仪分光谱,在光谱仪成像焦面处分别设置用于接收测距激光回波的光电探测装置和高光谱探测的成像探测器,实现测距与光谱共光路一体化高精度地匹配接收。

[0059] 本装置几何因子自标定过程较为简单。正常大气探测工作过程中使用小接收镜罩3遮挡住小接收镜头4。选择静稳气象条件开展几何因子校正,主要分三步。(1) 在正常工作条件下,采集一定时间的大气回波数据;(2) 打开大视场小接收镜罩3,盖上大接收镜罩6,再采集一定时间的大气回波数据;(3) 除532nm垂直通道外,其它三个通道两种工作条件下的数据直接相除即可实现几何因子标定。

## 附图说明

[0060] 图1为典型收发非共轴激光雷达装置示意图;

[0061] 图2为几何因子原理图;

[0062] 图3为本发明的装置的结构示意图。

## 具体实施方式

[0063] 由激光器1发射1064nm、532nm和355nm三个波长的激光脉冲,绝大部分激光脉冲能量直接进入大气,极小部分激光脉冲能量通过光纤采集导入主波脉冲发生器2;激光脉冲发射的同时,主波脉冲发生器2接收到光纤导入的激光光子脉冲,光子脉冲通过光电转换及脉冲整形生成主波脉冲并通过电缆传输至综合采集系统20触发信号采集卡开始采集工作;激光脉冲进入大气后产生的大气后向散射回波通过次接收镜头4或主接收镜7进行收集;其中进入主接收镜头7的回波光直接准直成平行光进入红绿二色向分光镜9;进入次接收镜头4的回波光通过导光光纤5后被准直成细平行光束,再通过转折镜8进入红绿二色向分光镜9;1064nm回波光经红绿二色向分光镜9反射后通过窄带滤光片10实现背景光抑制,进入APD探

测器11实现回波信号的光电转换,回波电信号通过电缆导入综合采集系统20实现A/D转换和信号采集;透过分光镜9的回波光进入蓝绿二色向分光镜12;532nm回波光经反射后进入偏振分束棱镜13,其中平行偏振回波透过分束棱镜13后通过窄带滤光片14实现背景光抑制,进入PMT探测器15实现回波信号的光电转换,回波电信号通过电缆导入综合采集系统20实现A/D转换(近场)和光子计数(远场)及数据采集;经偏振分束棱镜13反射的垂直偏振光,也通过自己的窄带滤光片17实现背景光抑制,进入PMT探测器19实现回波信号的光电转换,回波电信号通过电缆导入综合采集系统20实现A/D转换(近场)和光子计数(远场)及数据采集;透过蓝绿二色向分光镜12的355nm回波信号光,经过窄带滤光片16实现背景光抑制,进入PMT探测器18实现回波信号的光电转换,回波电信号通过电缆导入综合采集系统20实现A/D转换(近场)和光子计数(远场)及数据采集。在综合采集系统20采集的大气回波数据通过以太网送入计算机21进行处理、反演和显示。

[0064] 本装置几何因子自标定过程较为简单。

[0065] 正常大气探测工作过程中使用小接收镜罩3遮挡住小接收镜头4。选择静稳气象条件开展几何因子校正,主要分三步。

[0066] 一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,该装置包括激光器1、主波脉冲发生器2、次接收镜罩3、次接收镜4、导光光纤5、主接收镜罩6、主接收镜7、折转镜8、红绿二色向分光镜9、1064nm窄带滤光片10、APD探测器11、蓝绿二色向分光镜12、偏振分束棱镜13、第一532nm窄带滤光片14、第一PMT探测器15、355nm窄带滤光片16、第二532nm窄带滤光片17、第二PMT探测器18、第三PMT探测器19、综合采集系统20和计算机21;

[0067] 所述激光器1优选355nm、532nm、1064nm波长的全固态激光器;

[0068] 所述主波脉冲发生器2为监测激光发射脉冲的光电二极管及脉冲生成电路;

[0069] 所述次接收镜罩3,用于对次接收镜4进行光线的遮挡;

[0070] 所述次接收镜4,为任意用于光谱信息接收的接收望远镜;

[0071] 所述导光光纤5,优选芯径较粗的多模光纤,在光纤出射端耦合一个准直镜头;

[0072] 所述主接收镜罩6,用于对主接收镜7进行光线的遮挡;

[0073] 所述主接收镜7,为任意用于光谱信息接收的接收望远镜;

[0074] 所述折转镜8,为高反射率平面镜;

[0075] 所述红绿二色向分光镜9,为针对1064nm高反射,对532nm和355nm波长高透过的分光镜;

[0076] 所述1064nm窄带滤光片10,为对1064nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

[0077] 所述APD探测器11,为对1064nm波长高灵敏的探测器;

[0078] 所述蓝绿二色向分光镜12,为对532nm波长高反对355nm波长高透的二色向分光片;

[0079] 所述偏振分束棱镜13,为针对532nm波长的高消光比偏振分束棱镜;

[0080] 所述第一532nm窄带滤光片14和第二532nm窄带滤光片17,为对532nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

[0081] 所述第一PMT探测器15和第三PMT探测器19,为对532nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器;

[0082] 所述355nm窄带滤光片16,为对355nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

- [0083] 所述第二PMT探测器18为对355nm波长高灵敏探测的光电倍增管探测器；
- [0084] 所述综合采集系统20为对上述1064nm、532nm、355nm三个波长的回波信号进行高速采集的嵌入式电子学系统；
- [0085] 所述计算机21为安装激光雷达系统控制软件的工控机系统。
- [0086] 连接关系：
- [0087] 激光器1发射1064nm、532nm和355nm三个波长的激光脉冲直接进入大气，激光器1的玻璃表面反射一部分激光脉冲通过光纤导入到主波脉冲发生器2中；主波脉冲发生器2中的光电转换单元将主波脉冲发生器2接收到的激光脉冲转换并整形为矩形电脉冲，矩形电脉冲作为采集触发信号通过电缆输出到综合采集系统20；
- [0088] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由主接收镜7接收，主接收镜7对接收到的后向散射光进行聚焦并准直后生成平行光传输到红绿二色向分光镜9上；
- [0089] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由次接收镜4接收，次接收镜4对接收到的后向散射光进行聚焦并通过光纤5传输并准直成平行光到达折转镜8上，折转镜8将接收到平行光反射到红绿二色向分光镜9上；
- [0090] 1064nm波长的光在红绿二色向分光镜9上进行反射，532nm波长的光和355nm波长的光在红绿二色向分光镜9上进行透射；
- [0091] 红绿二色向分光镜9将接收到的平行光中的1064nm波长的光反射到1064nm窄带滤光片10上，1064nm波长的光透过1064nm窄带滤光片10后到达APD探测器11上，APD探测器11对接收到的1064nm波长的光信号进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；
- [0092] 532nm波长的光和355nm波长的光透过红绿二色向分光镜9后到达蓝绿二色向分光镜12，532nm波长的光在蓝绿二色向分光镜12上进行反射，355nm波长的光在蓝绿二色向分光镜12上进行透射；
- [0093] 蓝绿二色向分光镜12将接收到的532nm波长的光反射到偏振分束棱镜13上，其中532nm波长的光中的P光透过偏振分束棱镜13到达第一532nm窄带滤光片14上，532nm波长的光中的P光再透过第一532nm窄带滤光片14到达第一PMT探测器15上，第一PMT探测器15对接收到532nm波长的光中的P光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；
- [0094] 532nm波长的光中的S光通过偏振分束棱镜13反射后到达第二532nm窄带滤光片17上，532nm波长的光中的S光再透过第二532nm窄带滤光片17后到达第三PMT探测器19，第三PMT探测器19对接收到的532nm波长的光中的S光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；
- [0095] 355nm波长的光透过蓝绿二色向分光镜12后到达355nm窄带滤光片16上，355nm波长的光再透过355nm窄带滤光片16后达到第二PMT探测器18，第二PMT探测器18对接收到的355nm波长的光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；
- [0096] 综合采集系统20经接收到的所有电信号通过数据线传输给计算机21，计算机21对

接收到的电信号进行数据处理后得到几何因子。

[0097] 一种用于激光雷达的自标定几何因子的方法,步骤为:

[0098] (1) 将位于主接收镜7上的主接收镜罩6打开,将位于次接收镜4上的次接收镜罩3盖上,通过综合采集系统20采集所有的表征大气回波的电信号,并通过数据线传输给计算机21,此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_1(R)$ ;

[0099] (2) 将位于主接收镜7上的主接收镜罩6盖上,将位于次接收镜4上的次接收镜罩3打开,通过综合采集系统20采集所有的表征大气回波的电信号,并通过数据线传输给计算机21,此时任一通道的大气回波数据表示为 $f_2(R)$ ;

[0100] (3) 对于1064nm通道、532nm的P通道和355nm通道,其几何因子可以通过以下公式获得:

$$[0101] \quad O(R) = C \frac{f_1(R)}{f_2(R)}$$

[0102] 其中C为两种电信号的归一化常数,可以同过饱和区数据标定求得;

[0103] 532nm的S通道的几何因子采用532nm的P通道的几何因子。

[0104] 所述的装置和方法也可以用于375nm、387nm、407nm、580nm、607nm、660nm等拉曼散射回波通道几何因子的标定;

[0105] 所述的探测器,也可以替换为GM-APD、MPPC等光子计数探测器。

[0106] 实施例

[0107] 如图3所示,一种用于激光雷达的自标定几何因子的装置,该装置包括激光器1、主波脉冲发生器2、次接收镜罩3、次接收镜4、导光光纤5、主接收镜罩6、主接收镜7、折转镜8、红绿二色向分光镜9、1064nm窄带滤光片10、APD探测器11、蓝绿二色向分光镜12、偏振分束棱镜13、第一532nm窄带滤光片14、第一PMT探测器15、355nm窄带滤光片16、第二532nm窄带滤光片17、第二PMT探测器18、第三PMT探测器19、综合采集系统20和计算机21;

[0108] 所述激光器1为含有355nm、532nm、1064nm波长的全固态激光器;

[0109] 所述主波脉冲发生器2为监测激光发射脉冲的光电二极管及脉冲生成电路;

[0110] 所述次接收镜罩3用于对次接收镜4进行光线的遮挡;

[0111] 所述次接收镜4为卡塞格林式接收望远镜;

[0112] 所述导光光纤5为芯径1mm的多模光纤,在光纤出射端耦合一个准直镜头;

[0113] 所述主接收镜罩6用于对主接收镜7进行光线的遮挡;

[0114] 所述主接收镜7为卡塞格林式接收望远镜;

[0115] 所述折转镜8为反射率为99.5%的平面镜;

[0116] 所述红绿二色向分光镜9为针对1064nm高反射,对532nm和355nm波长高透过的分光镜;

[0117] 所述1064nm窄带滤光片10为对1064nm波长高带外抑制的干涉滤光片;

[0118] 所述APD探测器11为1064nm波长的探测器;

[0119] 所述蓝绿二色向分光镜12为对532nm波长高反射,对355nm波长高透射的二色向分光片;

[0120] 所述偏振分束棱镜13为针对532nm波长的高消光比偏振分束棱镜;

[0121] 所述第一532nm窄带滤光片14和第二532nm窄带滤光片17,为对532nm波长高带外

抑制的干涉滤光片；

[0122] 所述第一PMT探测器15和第三PMT探测器19,为532nm波长的光电倍增管探测器；

[0123] 所述355nm窄带滤光片16为对355nm波长高带外抑制的干涉滤光片；

[0124] 所述第二PMT探测器18为355nm波长的光电倍增管探测器；

[0125] 所述综合采集系统20为对上述1064nm、532nm、355nm三个波长的回波信号进行采集的嵌入式电子学系统；

[0126] 所述计算机21为安装激光雷达系统控制软件的工控机系统。

[0127] 上述的高反射是指反射率不低于90%，高透射是指透射率不低于90%；高消光比：是指消光比不低于500:1；高带外抑制是指：抑制比不低于 $10^4$ ；

[0128] 激光器1发射1064nm、532nm和355nm三个波长的激光脉冲直接进入大气，激光器1的玻璃表面反射一部分激光脉冲通过光纤导入到主波脉冲发生器2中；主波脉冲发生器2中的光电转换单元将主波脉冲发生器2接收到的激光脉冲转换并整形为矩形电脉冲，矩形电脉冲作为采集触发信号通过电缆输出到综合采集系统20；

[0129] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由主接收镜7接收，主接收镜7对接收到的后向散射光进行聚焦并准直后生成平行光传输到红绿二色向分光镜9上；

[0130] 由大气散射的包含1064nm、532nm和355nm三个波长的后向散射光由次接收镜4接收，次接收镜4对接收到的后向散射光进行聚焦并通过光纤5传输并准直成平行光到达折转镜8上，折转镜8将接收到平行光反射到红绿二色向分光镜9上；

[0131] 1064nm波长的光在红绿二色向分光镜9上进行反射，532nm波长的光和355nm波长的光在红绿二色向分光镜9上进行透射；

[0132] 红绿二色向分光镜9将接收到的平行光中的1064nm波长的光反射到1064nm窄带滤光片10上，1064nm波长的光透过1064nm窄带滤光片10后到达APD探测器11上，APD探测器11对接收到的1064nm波长的光信号进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0133] 532nm波长的光和355nm波长的光透过红绿二色向分光镜9后到达蓝绿二色向分光镜12，532nm波长的光在蓝绿二色向分光镜12上进行反射，355nm波长的光在蓝绿二色向分光镜12上进行透射；

[0134] 蓝绿二色向分光镜12将接收到的532nm波长的光反射到偏振分束棱镜13上，其中532nm波长的光中的P光透过偏振分束棱镜13到达第一532nm窄带滤光片14上，532nm波长的光中的P光再透过第一532nm窄带滤光片14到达第一PMT探测器15上，第一PMT探测器15对接收到532nm波长的光中的P光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0135] 532nm波长的光中的S光通过偏振分束棱镜13反射后到达第二532nm窄带滤光片17上，532nm波长的光中的S光再透过第二532nm窄带滤光片17后到达第三PMT探测器19，第三PMT探测器19对接收到的532nm波长的光中的S光进行光电转换为电信号，电信号通过电缆传输给综合采集系统20，综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集；

[0136] 355nm波长的光透过蓝绿二色向分光镜12后到达355nm窄带滤光片16上，355nm波

长的光再透过355nm窄带滤光片16后达到第二PMT探测器18,第二PMT探测器18对接收到的355nm波长的光进行光电转换为电信号,电信号通过电缆传输给综合采集系统20,综合采集系统20在矩形电脉冲的触发下对接收到的电信号进行采集;

[0137] 综合采集系统20经接收到的所有电信号通过数据线传输给计算机21,计算机21对接收到的电信号进行数据处理后得到几何因子。

[0138] 一种用于激光雷达的自标定几何因子的方法,步骤为:

[0139] (1) 将位于主接收镜7上的主接收镜罩6打开,将位于次接收镜4上的次接收镜罩3盖上,通过综合采集系统20采集所有的表征大气回波的电信号,并通过数据线传输给计算机21,此时各通道的大气回波数据分别表示为 $f_{a1064}(R)$ 、 $f_{a532P}(R)$ 、 $f_{a532S}(R)$ 、 $f_{a355}(R)$ 。

[0140] (2) 将位于主接收镜7上的主接收镜罩6盖上,将位于次接收镜4上的次接收镜罩3打开,通过综合采集系统20采集所有的表征大气回波的电信号,并通过数据线传输给计算机21,此时各通道的大气回波数据分别表示为 $f_{b1064}(R)$ 、 $f_{b532P}(R)$ 、 $f_{b532S}(R)$ 、 $f_{b355}(R)$ 。

[0141] (3) 对于1064nm通道,设其几何因子表示为 $O_{1064}(R)$ ,则有,

$$[0142] \quad \frac{O_{1064}(R)}{C_{1064}} = \frac{f_{a1064}(R)}{f_{b1064}(R)}$$

[0143] 在信号饱和区,几何因子 $O_{1064}(R) = 1$ ,因此,可由此标定常数 $C_{1064}$ ,从而得到几何因子:

$$[0144] \quad O_{1064}(R) = \frac{C_{1064} f_{a1064}(R)}{f_{b1064}(R)}$$

[0145] 同理,对于532nmP通道,其几何因子为:

$$[0146] \quad O_{532P}(R) = \frac{C_{532P} f_{a532P}(R)}{f_{b532P}(R)}$$

[0147] 同理,对于355nm通道,其几何因子为:

$$[0148] \quad O_{355}(R) = \frac{C_{355} f_{a355}(R)}{f_{b355}(R)}$$

[0149] 532nm的S通道的几何因子采用532nm的P通道的几何因子。

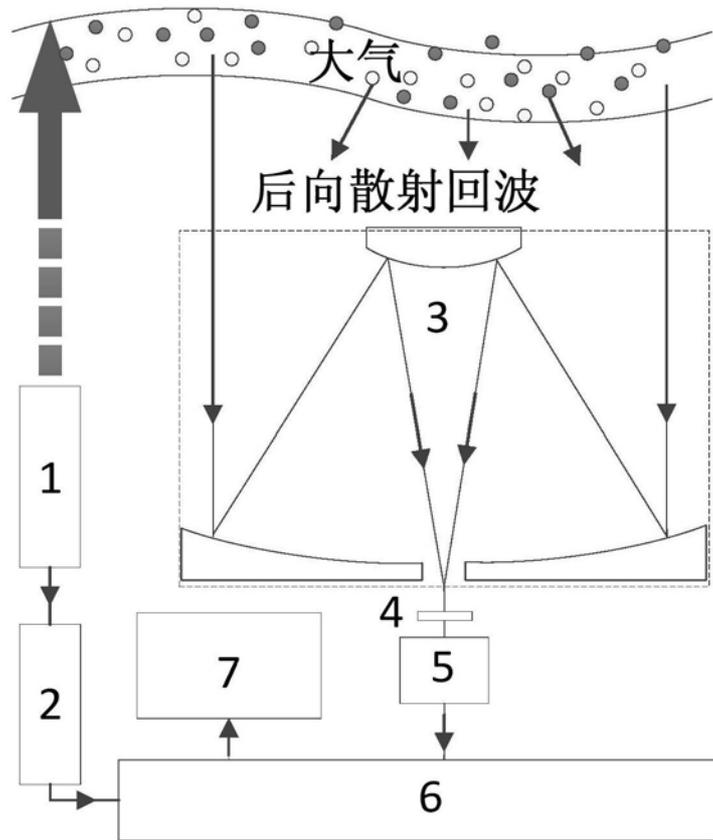


图1

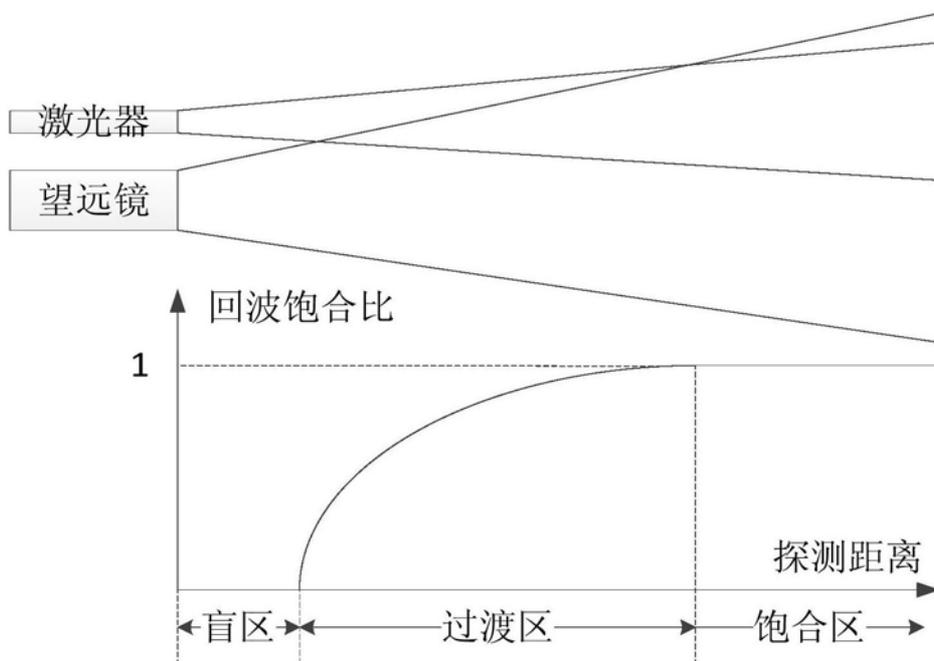


图2

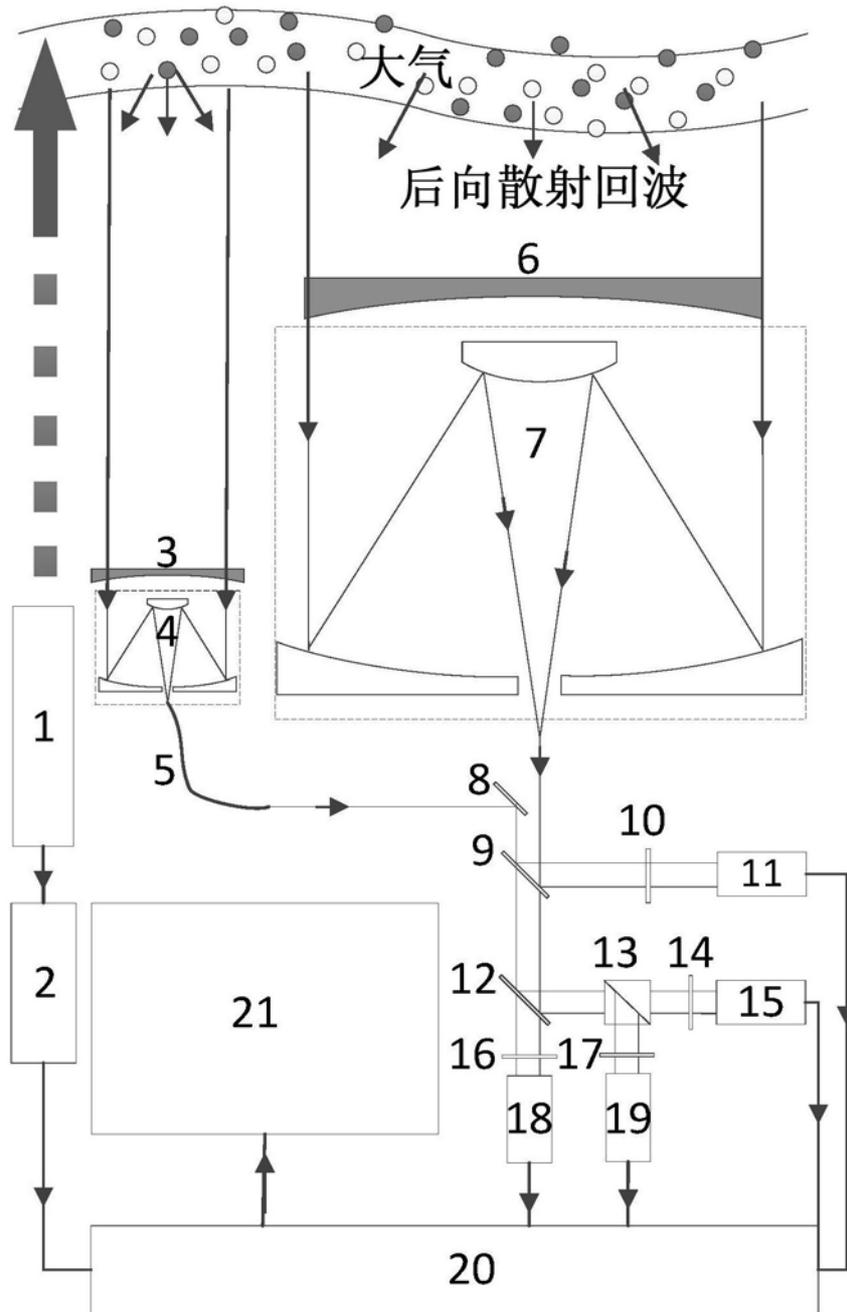


图3