



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112558109 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(21) 申请号 202011414410.2

(22) 申请日 2020.12.07

(71) 申请人 北京遥测技术研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

申请人 航天长征火箭技术有限公司

(72) 发明人 赵一鸣 胡涛涛 潘超 商雅楠

王丽东 张玉石 梅艳鹏 李凉海

于勇 刘昊

(74) 专利代理机构 北京巨弘知识产权代理事务

所(普通合伙) 11673

代理人 王辉

(51) Int. Cl.

G01S 17/95 (2006.01)

G01S 7/4861 (2020.01)

G01N 21/65 (2006.01)

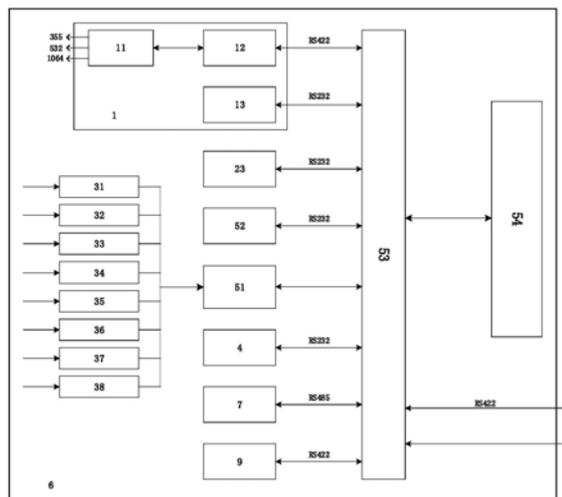
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统

(57) 摘要

本发明提供一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,包括激光发射子系统、光学接收子系统、探测器单元、GNSS/INS组合导航单元、数据处理与综合控制子系统;光学接收子系统用于接收激光光束与大气作用而产生的回波并分光输出弹性散射光信号、拉曼散射光信号及消偏衰减。本发明发射355nm、532nm、1064nm三波长激光,具有弹性散射、拉曼散射、偏振探测的八通道探测,同时配备有GNSS/INS组合导航,实现对航行区域下大气气溶胶、云层的光学参数及微物理参数空间分布的定量测量和全面反演;采用光子计数型探测器及多通道光子计数卡,各电子单机通过数据交换机有序连接在一起,使雷达系统构架更加简洁,组成高度模块化。



1. 一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在于:包括激光发射子系统(1),设置在所述激光发射子系统(1)一侧的光学接收子系统(2),设置在所述光学接收子系统(2)一侧的探测器单元(3),设置在所述激光发射子系统(1)一侧的GNSS/INS组合导航单元(4),与所述激光发射子系统(1)、所述光学接收子系统(2)、所述探测器单元(3)、所述GNSS/INS组合导航单元(4)均电连接的数据处理与综合控制子系统(5);

激光发射子系统(1)用于发射激光光束并调节所述激光光束指向及输出激光发射脉冲同步信号,所述光学接收子系统(2)用于接收所述激光光束与大气作用而产生的回波并分光输出弹性散射光信号、拉曼散射光信号及消偏衰减,所述探测器单元(3)用于接收所述弹性散射光信号、所述拉曼散射光信号并转化为电信号输出,所述GNSS/INS组合导航单元(4)用于将激光雷达系统位置及姿态输出给所述数据处理与综合控制子系统(5),所述数据处理与综合控制子系统(5)用于采集和处理所述电信号并进行所述激光雷达系统的控制、状态监控、数据处理及反演;

所述光学接收子系统(2)包括用于接收所述激光光束与大气作用而产生的回波的望远镜(21),设置在所述望远镜(21)一侧的中继光学单元(22)和设置在所述中继光学单元(22)一侧的用于对所述中继光学单元(22)校准及调整衰减的自动衰减消偏装置(23);所述自动衰减消偏装置(23)包括消偏片、衰减片、控制电机和消偏衰减控制器,所述自动衰减消偏装置(23)用于对所述中继光学单元(22)的通道进行校准,获得偏振通道校准常数;所述自动衰减消偏装置(23)用于根据所述光信号强度自动调整所述中继光学单元(22)各通道的衰减。

2. 根据权利要求1所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在于:所述激光发射子系统(1)包括用于发射所述激光光束的三波长固体激光器(11),与所述三波长固体激光器(11)及所述数据处理与综合控制子系统(5)均电连接用于控制所述三波长固体激光器(11)发射、关断并向所述数据处理与综合控制子系统(5)输出所述激光发射脉冲同步信号的激光控制器(12)和与所述三波长固体激光器(11)连接用于调节激光光束指向的自动对中装置(13);

所述自动对中装置(13)包括用于调节所述激光光束指向的自动对中组件,所述自动对中组件包括两轴调节反射镜、带编码器的高精度微电调节架和微电调节架控制器。

3. 根据权利要求2所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在于:所述三波长固体激光器(11)用于发射355nm激光光束、532nm激光光束、1064nm激光光束;

所述自动对中装置(13)包括用于调节355nm激光光束指向的第一自动对中组件、用于调节532nm激光光束指向的第二自动对中组件和用于调节1064nm激光光束指向的第三自动对中组件。

4. 根据权利要求3所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在于:

所述中继光学单元(22)包括355nm平行通道、355nm垂直通道、532nm平行通道、532nm垂直通道、1064nm通道、386nm通道、407nm通道和607nm通道,所述中继光学单元(22)将所述回波通过波长分束、偏振分束和窄带滤波转换为355nm平行光信号、355nm垂直光信号、532nm平行光信号、532nm垂直光信号、1064nm光信号、386nm光信号、407nm光信号和607nm光信号

并输出至所述355nm平行通道、所述355nm垂直通道、所述532nm平行通道、所述532nm垂直通道、所述1064nm通道、所述386nm通道、所述407nm通道和所述607nm通道；

所述弹性散射光信号包括所述355nm平行光信号、所述355nm垂直光信号、所述532nm平行光信号、所述532nm垂直光信号，所述拉曼散射光信号包括所述1064nm光信号、所述386nm光信号、所述407nm光信号和所述607nm光信号。

5. 根据权利要求4所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统，其特征在于：

所述探测器单元(3)包括用于探测所述355nm平行光信号并转换为电信号输出的355nm平行探测器(31)、用于探测所述355nm垂直光信号并转换为电信号输出的355nm垂直探测器(32)、用于所述探测532nm平行光信号并转换为电信号输出的532nm平行探测器(33)、用于探测所述532nm垂直光信号并转换为电信号输出的532nm垂直探测器(34)、用于探测所述1064nm光信号并转换为电信号输出的1064nm探测器(35)、用于探测所述386nm光信号并转换为电信号输出的386nm探测器(36)、用于探测所述407nm光信号并转换为电信号输出的407nm探测器(37)和用于探测所述607nm光信号并转换为电信号输出的607nm探测器(38)。

6. 根据权利要求5所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统，其特征在于：所述355nm激光光束、所述532nm激光光束和所述1064nm激光光束能量均为1mJ，所述355nm激光光束、所述532nm激光光束和所述1064nm激光光束脉冲重复频率为1kHz，所述355nm激光光束、所述532nm激光光束和所述1064nm激光光束偏振度均为100:1；

所述自动对中装置(13)方位向和俯仰向调整范围 $\pm 0.76^\circ$ ，所述自动对中装置(13)调整精度50 μ rad；

所述望远镜(21)为反射式离轴卡塞格林望远镜，所述望远镜(21)光学口径为250mm，所述望远镜(21)视场为1mrad；

所述探测器单元(3)采用基于300nm~1100nm响应的光子探测器。

7. 根据权利要求1所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统，其特征在于：

所述数据处理与综合控制子系统(5)包括与所述探测器单元(3)电连接的多通道光子计数卡(51)，用于监测的状态采集与监控器(52)，与所述激光发射子系统(1)、所述光学接收子系统(2)、所述探测器单元(3)及所述GNSS/INS组合导航单元(4)均电连接的数据交换服务器(53)、与所述数据交换服务器(53)电连接安装雷达数据实时处理与显控软件的工控机(54)，所述数据实时处理与显控软件用于工作参数配置、控制指令收发、工作状态检测量显示、数据实时存储及显示。

8. 根据权利要求7所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统，其特征在于：所述多通道光子计数卡(51)包括八个光子采集通道，所述光子计数卡(51)光子计数频率大于200MHz；

各所述光子采集通道均包括计数模块和数据积累模块，光子脉冲检测完成后，所述计数模块在所述激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内对检测出的所述光子脉冲个数进行累加计数，得到单个距离门序列内所述光子脉冲计数值；所述数据积累模块对多个所述激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内光子脉冲计数值进行对应距离门计数值累加，获取光子计数通道的积累数值；所述积累数值通过以太网发送给所述工控机(54)。

9. 根据权利要求7所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在
于:

所述激光雷达系统还包括安装在机载平台上的机体(6),所述激光发射子系统(1)、光
学接收子系统(2)均部分设置在所述机体(6)内部部分伸出所述机体(6)外部,所述探测器
单元(3)、所述GNSS/INS组合导航单元(4)和所述数据处理与综合控制子系统(5)均设置在
所述机体(6)内部;

所述激光雷达系统还包括安装在所述机体(6)内部的温控子系统(7)、设置在所述机体
(6)四周的机载雷达减震装置(8)和安装在所述机体(6)上的激光雷达系统电源(9);

所述采集与监控器(52)用于监控所述激光发射子系统(1)、所述探测器单元(3)、所述
多通道光子计数卡(51)和所述激光雷达系统电源(9)的温度;

所述温控子系统(7)用于通过制冷或加热调节所述机体(6)内部温度。

10. 根据权利要求9所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,其特征在
于:所述数据交换服务器(53)包括串口服务器和网络交换机,所述串口服务器包括8路串
口,所述串口服务器包括RS422串口、RS232串口和RS485串口,所述网络交换机包括4路100/
1000M自适应以太网口;

所述工控机(54)为小型无风扇工控机;

所述激光雷达系统电源(9)输入电压为28V直流,所述光雷达系统电源(9)输出电压为
通过RS422串口控制的24V、12V和5V直流。

一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统

技术领域

[0001] 本发明涉及测量测试技术领域,具体涉及一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统。

背景技术

[0002] 大气气溶胶和云是影响全球气候和大气环境的重要因子。大气气溶胶通过吸收和散射太阳辐射及作为云凝结核参与云的形成对全球气候产生影响。云对入射太阳辐射的散射和对地球表面向上热辐射的吸收会改变地球表面和大气层内的热通量,云在大气能量分配、辐射传输、水循环系统中扮演了重要的角色。

[0003] 近些年,全球工业化、城市化不断发展,大气环境污染频发。其中,雾霾已经成为我国一种频发的环境灾害事件。针对雾霾事件频发的现状,雾霾的危害、形成机制和预报已经引起了人们的高度重视。大气污染物的排放、传输和聚积是灰霾事件发生的必要条件之一,为了跟踪大气污染物的排放、传输和聚积过程,环保和气象部门需要在区域空间尺度上开展对气溶胶分布的观测研究。

[0004] 地基激光雷达可以探测大气气溶胶和云的垂直分布及时间变化特征,但仅能探测地基激光雷达系统上空小范围内大气气溶胶和云的垂直分布和时间变化特征。机载大气探测激光雷达是获得航线范围里大气气溶胶和云的三维空间分布信息的最有效手段之一。

[0005] 机载大气探测激光雷达是一种主动遥感探测雷达,具有高时间、垂直分辨率和测量精度,能在航线区域内快速、连续、实时进行大气气溶胶和云的探测,可以用来定量地研究大气气溶胶和云在航线范围内的时空变化特征及研制大气环境污染源的起源和传输路径等。

[0006] 国内外的机载大气探测激光雷达多是单波长或双波长探测,综合弹性散射、拉曼散射、偏振探测的三波长激光发射,八通道探测以全面反演航行区域下大气气溶胶、云层的光学参数及微物理参数雷达尚少。

发明内容

[0007] 本发明是为了解决机载综合探测的问题,提供一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,发射355nm、532nm、1064nm三波束激光,具有弹性散射、拉曼散射、偏振探测的八通道探测,同时配备有GNSS/INS组合导航,实现对航行区域下大气气溶胶、云层的光学参数及微物理参数空间分布的定量测量和全面反演;采用光子计数型探测器及多通道光子计数卡,探测时信噪比高,获取的系统动态范围更大和数据结果更精准,并且体积小便于系统模块化集成;各电子单机通过数据交换机有序连接在一起,使雷达系统构架更加简洁,组成高度模块化;同时,有利于系统后续功能设备的增加、集成及开发。

[0008] 本发明提供一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,包括激光发射子系统,设置在激光发射子系统一侧的光学接收子系统,设置在光学接收子系统一侧的探测器单元,设置在激光发射子系统一侧的GNSS/INS组合导航单元,与激光发射子系统、光学接收

子系统、探测器单元、GNSS/INS组合导航单元均电连接的数据处理与综合控制子系统；

[0009] 激光发射子系统用于发射激光光束并调节激光光束指向及输出激光发射脉冲同步信号,光学接收子系统用于接收激光光束与大气作用而产生的回波并分光输出弹性散射光信号、拉曼散射光信号及消偏衰减,探测器单元用于接收弹性散射光信号、拉曼散射光信号并转化为电信号输出,GNSS/INS组合导航单元用于将激光雷达系统位置及姿态输出给数据处理与综合控制子系统,数据处理与综合控制子系统用于采集和处理电信号并进行激光雷达系统的控制、状态监控、数据处理及反演;

[0010] 光学接收子系统包括用于接收激光光束与大气作用而产生的回波的望远镜,设置在望远镜一侧的中继光学单元和设置在中继光学单元一侧的用于对中继光学单元校准及调整衰减的自动衰减消偏装置;自动衰减消偏装置包括消偏片、衰减片、控制电机和消偏衰减控制器,自动衰减消偏装置用于对中继光学单元的通道进行校准,获得偏振通道校准常数;自动衰减消偏装置用于根据光信号强度自动调整中继光学单元各通道的衰减,以获得大动态范围和高的信噪比。

[0011] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,激光发射子系统包括用于发射激光光束的三波长固体激光器,与三波长固体激光器及数据处理与综合控制子系统均电连接用于控制三波长固体激光器发射、关断并向数据处理与综合控制子系统输出激光发射脉冲同步信号的激光控制器和与三波长固体激光器连接用于调节激光光束指向的自动对中装置;

[0012] 自动对中装置包括用于调节激光光束指向的自动对中组件,自动对中组件包括两轴调节反射镜、带编码器的高精度微电调节架和微电调节架控制器。

[0013] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,三波长固体激光器用于发射355nm激光光束、532nm激光光束、1064nm激光光束;

[0014] 自动对中装置包括用于调节355nm激光光束指向的第一自动对中组件、用于调节532nm激光光束指向的第二自动对中组件和用于调节1064nm激光光束指向的第三自动对中组件。

[0015] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,中继光学单元包括355nm平行通道、355nm垂直通道、532nm平行通道、532nm垂直通道、1064nm通道、386nm通道、407nm通道和607nm通道,中继光学单元将回波通过波长分束、偏振分束和窄带滤波转换为355nm平行光信号、355nm垂直光信号、532nm平行光信号、532nm垂直光信号、1064nm光信号、386nm光信号、407nm光信号和607nm光信号并输出至355nm平行通道、355nm垂直通道、532nm平行通道、532nm垂直通道、1064nm通道、386nm通道、407nm通道和607nm通道;

[0016] 弹性散射光信号包括355nm平行光信号、355nm垂直光信号、532nm平行光信号、532nm垂直光信号,拉曼散射光信号包括1064nm光信号、386nm光信号、407nm光信号和607nm光信号。

[0017] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,探测器单元包括用于探测355nm平行光信号并转换为电信号输出的355nm平行探测器、用于探测355nm垂直光信号并转换为电信号输出的355nm垂直探测器、用于探测532nm平行光信号并转换为电信号输出的532nm平行探测器、用于探测532nm垂直光信号并转换为电信号输

出的532nm垂直探测器、用于探测1064nm光信号并转换为电信号输出的1064nm探测器、用于探测386nm光信号并转换为电信号输出的386nm探测器、用于探测407nm光信号并转换为电信号输出的407nm探测器和用于探测607nm光信号并转换为电信号输出的607nm探测器。

[0018] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束能量均为1mJ,355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束脉冲重复频率为1kHz,355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束偏振度均为100:1;

[0019] 自动对中装置方位向和俯仰向调整范围 $\pm 0.76^\circ$,自动对中装置调整精度50 μ rad;

[0020] 望远镜为反射式离轴卡塞格林望远镜,望远镜光学口径为250mm,望远镜视场为1mrad;

[0021] 探测器单元采用基于300nm~1100nm响应的光子探测器。

[0022] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,数据处理与综合控制子系统包括与探测器单元电连接的多通道光子计数卡,用于监测的状态采集与监控器,与激光发射子系统、光学接收子系统、探测器单元及GNSS/INS组合导航单元均电连接的数据交换服务器、与数据交换服务器电连接安装雷达数据实时处理与显控软件的工控机,数据实时处理与显控软件用于工作参数配置、控制指令收发、工作状态检测量显示、数据实时存储及显示。

[0023] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,多通道光子计数卡包括八个光子采集通道,光子计数卡光子计数频率大于200MHz;

[0024] 各光子采集通道均包括计数模块和数据积累模块,光子脉冲检测完成后,计数模块在激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内对检测出的光子脉冲个数进行累加计数,得到单个距离门序列内光子脉冲计数值;数据积累模块对多个激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内光子脉冲计数值进行对应距离门计数值累加,获取光子计数通道的积累数值;积累数值通过以太网发送给工控机。

[0025] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,激光雷达系统还包括安装在机载平台上的机体,激光发射子系统、光学接收子系统均部分设置在机体内部部分伸出机体外部,探测器单元、GNSS/INS组合导航单元和数据处理与综合控制子系统均设置在机体内部;

[0026] 激光雷达系统还包括安装在机体内部的温控子系统、设置在机体四周的机载雷达减震装置和安装在机体上的激光雷达系统电源;

[0027] 采集与监控器用于监控激光发射子系统、探测器单元、多通道光子计数卡和激光雷达系统电源的温度;

[0028] 温控子系统用于通过制冷或加热调节机体内部温度。

[0029] 本发明所述的一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,作为优选方式,数据交换服务器包括串口服务器和网络交换机,串口服务器包括8路串口,串口服务器包括RS422串口、RS232串口和RS485串口,网络交换机包括4路100/1000M自适应以太网口;

[0030] 工控机为小型无风扇工控机;

[0031] 激光雷达系统电源输入电压为28V直流,光雷达系统电源输出电压为通过RS422串口控制的24V、12V和5V直流。

[0032] 激光雷达系统对外接口简单,只有28V电源供电接口,一个以太网数据通信接口和一个RS422串口。

[0033] 机载减震装置使本激光雷达应用于多飞机平台的应用。

[0034] 本发明具有以下优点:

[0035] (1) 国内外的机载大气探测激光雷达多是单波长或双波长探测,综合弹性散射、拉曼散射、偏振探测的三波长激光发射,八通道探测以全面反演航行区域下大气气溶胶、云层的光学参数及微物理参数雷达尚少。本发明的机载多波长拉曼偏振长大气探测激光雷达系统发射355nm、532nm、1064nm三波束激光,具有弹性散射、拉曼散射、偏振探测的八通道探测,同时配备有GNSS/INS组合导航,实现对航行区域下大气气溶胶、云层的光学参数及微物理参数空间分布的定量测量和全面反演。

[0036] (2) 对光信号的探测主要包括模拟记录技术和光子计数技术,而光子计数技术在弱信号探测时有着更高的信噪比。更高的信噪比,激光雷达系统可以获取更大的系统动态范围和更精确的数据结果。传统的激光雷达的1064nm探测通道的探测器多使用模拟输出探测器,本发明系统1064nm探测器使用的是光子计数型探测器,探测时信噪比高,获取的系统动态范围更大和数据结果更精准。

[0037] 同时,雷达中355nm、532nm、386nm、407nm及607nm探测通道使用的都是光子计数型探测器,1064nm通道也使用光子计数型探测器,有利于系统信号采集与处理方式统一及开发。

[0038] (3) 激光雷达系统的信号采集与处理卡一般采用市场上通用的采集卡,如PCIe插槽采集卡,一块板卡的采集通道通常为1个通道或2个通道,最多也就4个采集通道,同时需要配个具有插PCIe的工控机,体积大。本发明的雷达系统是八通道采集,使用通用板卡至少需要2块板卡;同时,本发明是机载雷达,机载系统较地面系统要求体积小、重量轻、功耗小。本发明系统的多通道光子计数卡,一块卡具有8路光子采集通道,光子计数频率优于200MHz,光子检测完成后,计数模块在同步触发信号触发下的距离门序列内对检测出的光子脉冲个数进行累加计数,得到单个距离门序列内光子脉冲计数值;数据积累模块对多个同步触发信号触发下的距离门序列内光子脉冲计数值进行对应距离门计数值累加,获取光子计数通道的积累数值;数据通过以太网发送给上位机。本发明的多通道光子计数卡12V供电,功耗小于15W,体积小,便于系统模块化集成。

[0039] (4) 本发明的数据交换服务器是集串口交换机和网络交换机于一体的数据交换机,具有8路串口(RS422/RS232/RS485软件可设),4路100/1000M自适应以太网口,是本发明雷达系统的数据枢纽。它将本发明的雷达系统内各电子单机有序连接在一起,使雷达系统构架更加简洁,组成高度模块化;同时,有利于系统后续功能设备的增加、集成及开发。

附图说明

[0040] 图1为一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统实施例1整机框架图;

[0041] 图2为一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统实施例2整机框架图;

[0042] 图3为一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统实施例2数据交换服务器与各电子单机连接关系示意图;

[0043] 图4为一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统实施例2整机结构图。

[0044] 附图标记:

[0045] 1、激光发射子系统;11、三波长固体激光器;12、激光控制器;13、自动对中装置;2、光学接收子系统;21、望远镜;22、中继光学单元;23、自动衰减消偏装置;3、探测器单元;31、355nm平行探测器;32、355nm垂直探测器;33、532nm平行探测器;34、532nm垂直探测器;35、1064nm探测器;36、386nm探测器;37、407nm探测器;38、607nm探测器;4、GNSS/INS组合导航单元;5、数据处理与综合控制子系统;51、多通道光子计数卡;52、状态采集与监控器;53、数据交换服务器;54、工控机;6、机体;7、温控子系统;8、机载雷达减震装置;9、激光雷达系统电源。

具体实施方式

[0046] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0047] 实施例1

[0048] 如图1所示,一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,包括激光发射子系统1,设置在激光发射子系统1一侧的光学接收子系统2,设置在光学接收子系统2一侧的探测器单元3,设置在激光发射子系统1一侧的GNSS/INS组合导航单元4,与激光发射子系统1、光学接收子系统2、探测器单元3、GNSS/INS组合导航单元4均电连接的数据处理与综合控制子系统5;

[0049] 激光发射子系统1用于发射激光光束并调节激光光束指向及输出激光发射脉冲同步信号,光学接收子系统2用于接收激光光束与大气作用而产生的回波并分光输出弹性散射光信号、拉曼散射光信号及消偏衰减,探测器单元3用于接收弹性散射光信号、拉曼散射光信号并转化为电信号输出,GNSS/INS组合导航单元4用于将激光雷达系统位置及姿态输出给数据处理与综合控制子系统5,数据处理与综合控制子系统5用于采集和处理电信号并进行激光雷达系统的控制、状态监控、数据处理及反演;

[0050] 光学接收子系统2包括用于接收激光光束与大气作用而产生的回波的望远镜21,设置在望远镜21一侧的中继光学单元22和设置在中继光学单元22一侧的用于对中继光学单元22校准及调整衰减的自动衰减消偏装置23;自动衰减消偏装置23包括消偏片、衰减片、控制电机和消偏衰减控制器,自动衰减消偏装置23用于对中继光学单元22的通道进行校准,获得偏振通道校准常数;自动衰减消偏装置23用于根据光信号强度自动调整中继光学单元22各通道的衰减。

[0051] 实施例2

[0052] 如图2所示,一种机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统,包括激光发射子系统1,设置在激光发射子系统1一侧的光学接收子系统2,设置在光学接收子系统2一侧的探测器单元3,设置在激光发射子系统1一侧的GNSS/INS组合导航单元4,与激光发射子系统1、光学接收子系统2、探测器单元3、GNSS/INS组合导航单元4均电连接的数据处理与综合控制子系统5;

[0053] 激光发射子系统1用于发射激光光束并调节激光光束指向及输出激光发射脉冲同步信号,光学接收子系统2用于接收激光光束与大气作用而产生的回波并分光输出弹性散射光信号、拉曼散射光信号及消偏衰减,探测器单元3用于接收弹性散射光信号、拉曼散射

光信号并转化为电信号输出,GNSS/INS组合导航单元4用于将激光雷达系统位置及姿态输出给数据处理与综合控制子系统5,数据处理与综合控制子系统5用于采集和处理电信号并进行激光雷达系统的控制、状态监控、数据处理及反演;激光发射子系统1包括用于发射激光光束的三波长固体激光器11,与三波长固体激光器11及数据处理与综合控制子系统5均电连接用于控制三波长固体激光器11发射、关断并向数据处理与综合控制子系统5输出激光发射脉冲同步信号的激光控制器12和与三波长固体激光器11连接用于调节激光光束指向的自动对中装置13;

[0054] 自动对中装置13包括用于调节激光光束指向的自动对中组件,自动对中组件包括两轴调节反射镜、带编码器的高精度微电调节架和微电调节架控制器;

[0055] 三波长固体激光器11用于发射355nm激光光束、532nm激光光束、1064nm激光光束;

[0056] 自动对中装置13包括用于调节355nm激光光束指向的第一自动对中组件、用于调节532nm激光光束指向的第二自动对中组件和用于调节1064nm激光光束指向的第三自动对中组件;

[0057] 自动对中装置13方位向和俯仰向调整范围 $\pm 0.76^\circ$,自动对中装置13调整精度 $50\mu\text{rad}$;

[0058] 光学接收子系统2包括用于接收激光光束与大气作用而产生的回波的望远镜21,设置在望远镜21一侧的中继光学单元22和设置在中继光学单元22一侧的用于对中继光学单元22校准及调整衰减的自动衰减消偏装置23;自动衰减消偏装置23包括消偏片、衰减片、控制电机和消偏衰减控制器,自动衰减消偏装置23用于对中继光学单元22的通道进行校准,获得偏振通道校准常数;自动衰减消偏装置23用于根据光信号强度自动调整中继光学单元22各通道的衰减,以获得大动态范围和高的信噪比;

[0059] 望远镜21为反射式离轴卡塞格林望远镜,望远镜21光学口径为250mm,望远镜21视场为1mrad;

[0060] 中继光学单元22包括355nm平行通道、355nm垂直通道、532nm平行通道、532nm垂直通道、1064nm通道、386nm通道、407nm通道和607nm通道,中继光学单元22将回波通过波长分束、偏振分束和窄带滤波转换为355nm平行光信号、355nm垂直光信号、532nm平行光信号、532nm垂直光信号、1064nm光信号、386nm光信号、407nm光信号和607nm光信号并输出至355nm平行通道、355nm垂直通道、532nm平行通道、532nm垂直通道、1064nm通道、386nm通道、407nm通道和607nm通道;

[0061] 弹性散射光信号包括355nm平行光信号、355nm垂直光信号、532nm平行光信号、532nm垂直光信号,拉曼散射光信号包括1064nm光信号、386nm光信号、407nm光信号和607nm光信号;

[0062] 探测器单元3包括用于探测355nm平行光信号并转换为电信号输出的355nm平行探测器31、用于探测355nm垂直光信号并转换为电信号输出的355nm垂直探测器32、用于探测532nm平行光信号并转换为电信号输出的532nm平行探测器33、用于探测532nm垂直光信号并转换为电信号输出的532nm垂直探测器34、用于探测1064nm光信号并转换为电信号输出的1064nm探测器35、用于探测386nm光信号并转换为电信号输出的386nm探测器36、用于探测407nm光信号并转换为电信号输出的407nm探测器37和用于探测607nm光信号并转换为电信号输出的607nm探测器38;

[0063] 355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束能量均为1mJ, :355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束脉冲重复频率为1kHz, :355nm激光光束、532nm激光光束和1064nm激光光束偏振度均为100:1;

[0064] 探测器单元3采用基于300nm~1100nm响应的光子探测器;

[0065] 数据处理与综合控制子系统5包括与探测器单元3电连接的多通道光子计数卡51, 用于监测的状态采集与监控器52, 与激光发射子系统1、光学接收子系统2、探测器单元3及GNSS/INS组合导航单元4均电连接的数据交换服务器53、与数据交换服务器53电连接安装雷达数据实时处理与显控软件的工控机54, 数据实时处理与显控软件用于工作参数配置、控制指令收发、工作状态检测量显示、数据实时存储及显示;

[0066] 多通道光子计数卡51包括八个光子采集通道, 光子计数卡51光子计数频率大于200MHz;

[0067] 各光子采集通道均包括计数模块和数据积累模块, 光子脉冲检测完成后, 计数模块在激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内对检测出的光子脉冲个数进行累加计数, 得到单个距离门序列内光子脉冲计数值; 数据积累模块对多个激光发射脉冲同步信号触发下的距离门序列内光子脉冲计数值进行对应距离门计数值累加, 获取光子计数通道的积累数值; 积累数值通过以太网发送给工控机54;

[0068] 激光雷达系统还包括安装在机载平台上的机体6, 激光发射子系统1、光学接收子系统2均部分设置在机体6内部部分伸出机体6外部, 探测器单元3、GNSS/INS组合导航单元4和数据处理与综合控制子系统5均设置在机体6内部;

[0069] 激光雷达系统还包括安装在机体6内部的温控子系统7、设置在机体6四周的机载雷达减震装置8和安装在机体6上的激光雷达系统电源9;

[0070] 采集与监控器52用于监控激光发射子系统1、探测器单元3、多通道光子计数卡51和激光雷达系统电源9的温度;

[0071] 温控子系统7用于通过制冷或加热调节机体6内部温度;

[0072] 数据交换服务器53包括串口服务器和网络交换机, 串口服务器包括8路串口, 串口服务器包括RS422串口、RS232串口和RS485串口, 网络交换机包括4路100/1000M自适应以太网口;

[0073] 工控机54为小型无风扇工控机;

[0074] 机载减震装置8使本激光雷达应用于多飞机平台的应用;

[0075] 激光雷达系统电源9输入电压为28V直流, 光雷达系统电源9输出电压为通过RS422串口控制的24V、12V和5V直流;

[0076] 激光雷达系统对外接口简单, 只有28V电源供电接口, 一个以太网数据通信接口和一个RS422串口;

[0077] 如图3所示, 数据交换服务器53是本机载多波长拉曼偏振大气探测激光雷达系统的数据信息交换枢纽, 连接着系统内各电子单机。

[0078] 激光发射子系统1发射激光; 光学接收子系统2接收和处理激光与大气相互作用产生的回波信号; 8路探测器光信号进行光电转换, 输出光子电信号; 多通道光子计数卡51在探测开始后, 各通道对光子进行检测, 计数模块在同步触发信号触发下的距离门序列内对检测出的光子脉冲个数进行累加计数, 得到单个距离门序列内光子脉冲计数值; 数据积累

模块对多个同步触发信号触发下的距离门序列内光子脉冲计数值进行对应距离门计数值累加,获取光子计数通道的积累数值;数据通过以太网发送给上位机;雷达实时数据处理与显卡软件完成对机载多波长拉曼偏振长大气探测激光雷达系统工作参数的配置、控制指令收发、工作状态检测量显示、数据实时存储和显示。

[0079] 如图4所示,本实施例为一体式结构,机载减震装置可保障雷达使用于机载平台用。

[0080] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

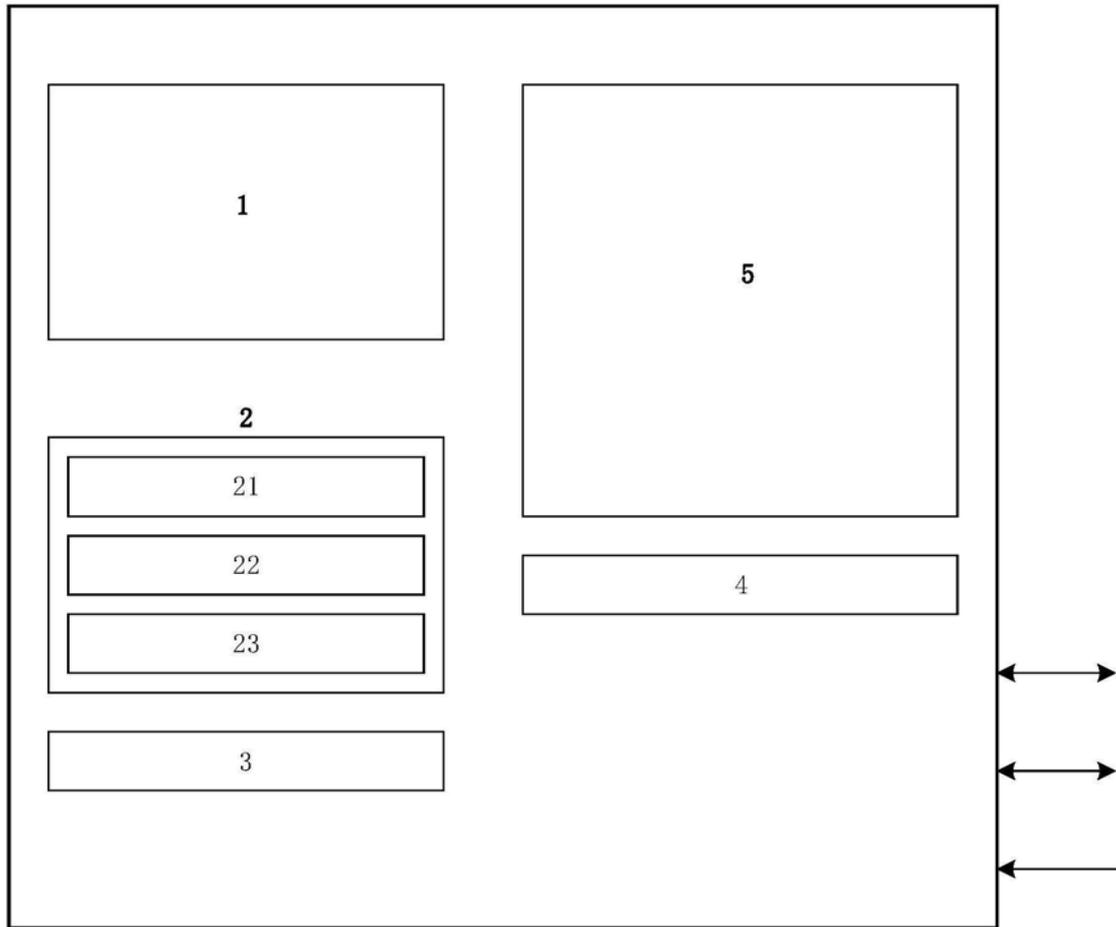


图1

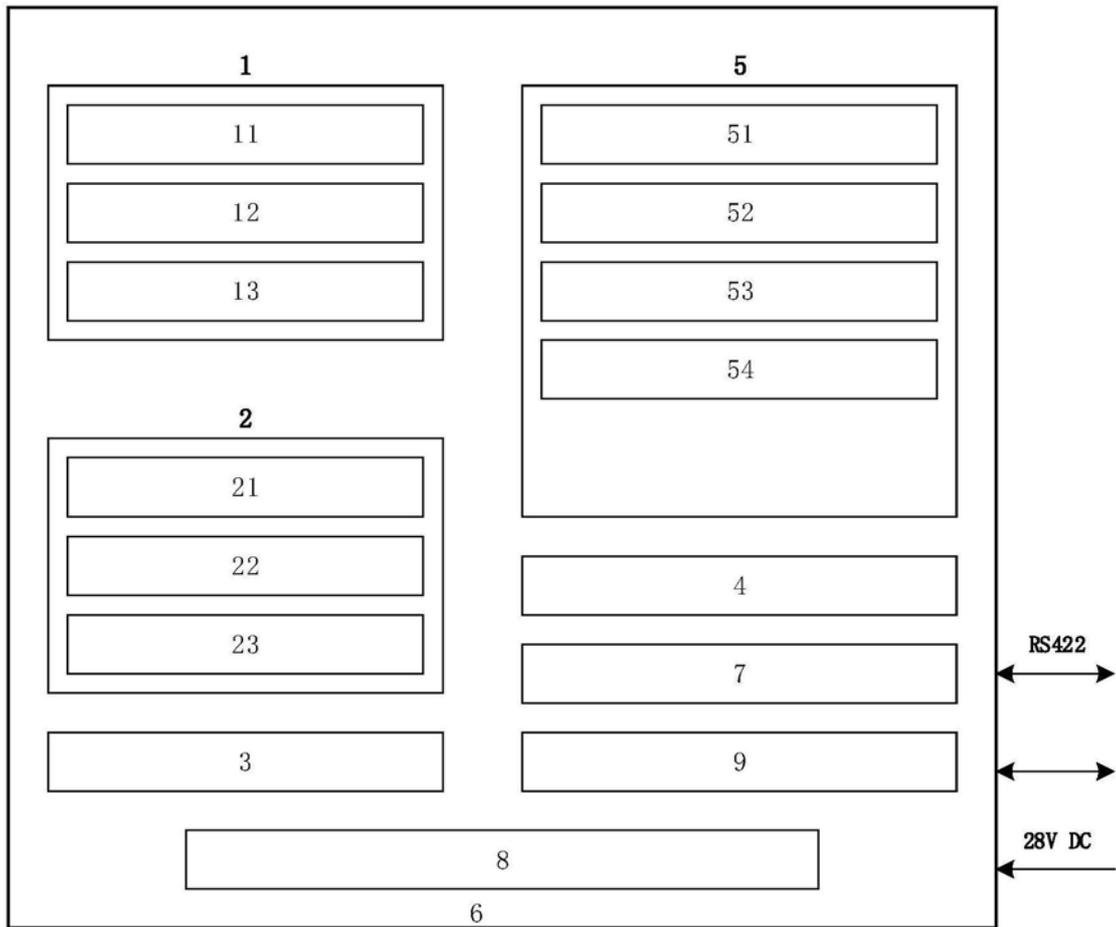


图2

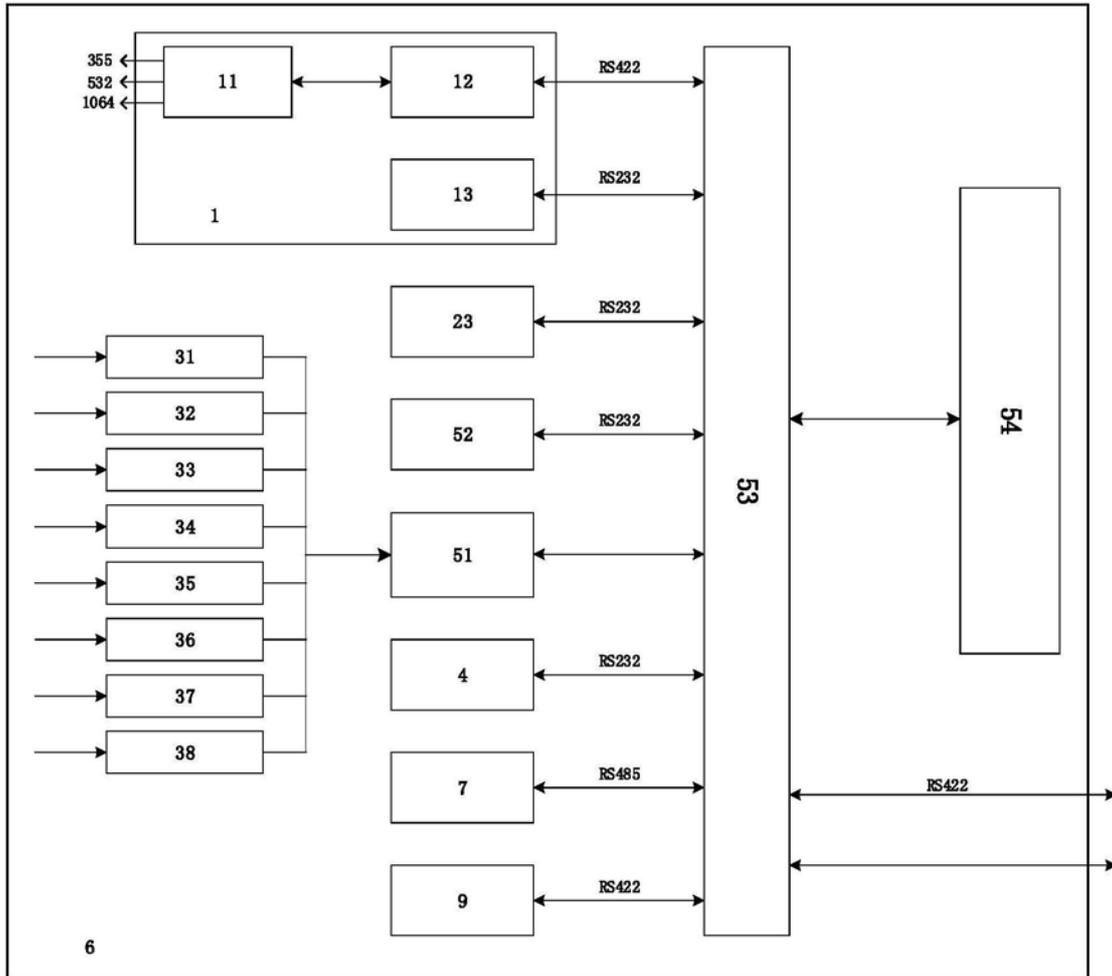


图3

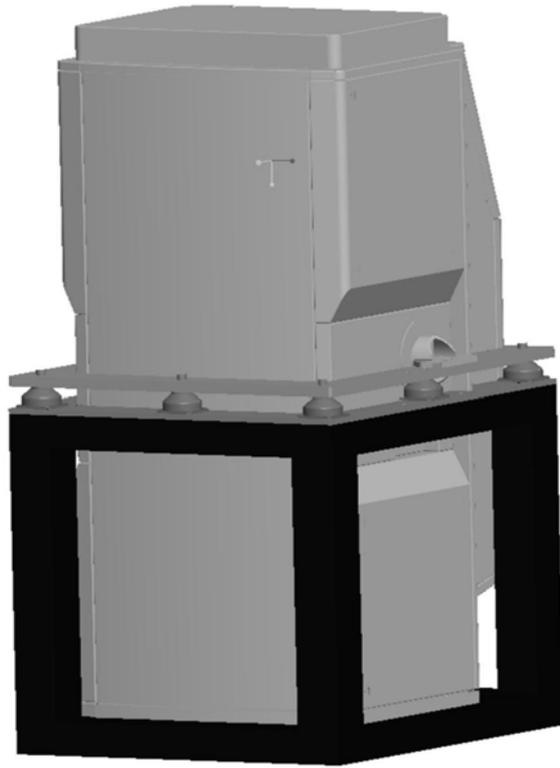


图4