



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104570002 B

(45)授权公告日 2018.10.16

(21)申请号 201410836095.0

(22)申请日 2014.12.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104570002 A

(43)申请公布日 2015.04.29

(73)专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院

地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72)发明人 王珍珠 王英俭 刘东 王邦新
谢晨波 钟志庆 吴德成 伯广宇
范爱媛

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理
有限公司 34112

代理人 余成俊

(51)Int.Cl.

G01S 17/95(2006.01)

G01S 7/481(2006.01)

(56)对比文件

CN 103616698 A,2014.03.05,

CN 1673771 A,2005.09.28,

CN 103344964 A,2013.10.09,

毛敏娟; 吴永华; 戚福弟; 范爱媛; 岳古明; 周军.车载式1 064 nm和532 nm双波长米散射激光雷达.《强激光与粒子束》.2005,第17卷(第5期),

刘东 等.三波长拉曼偏振激光雷达系统研制及探测个例.《光学学报》.2013,第33卷(第2期),

王珍珠; 刘厚通; 刘东; 徐青山; 周军.PML系统性能测定及卷云偏振探测结果分析.《环境科学研究》.2008,第21卷(第2期),

伯广宇; 刘东; 王邦新; 吴德成; 钟志庆.探测云和气溶胶的机载双波长偏振激光雷达.《中国激光》.2012,第39卷(第10期),

钟志庆; 刘博; 范爱媛; 戚福弟; 王珍珠; 黄威; 岳古明; 周军.双波长双视场米散射激光雷达.《大气与环境光学学报》.2008,第3卷(第3期),

审查员 张静

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

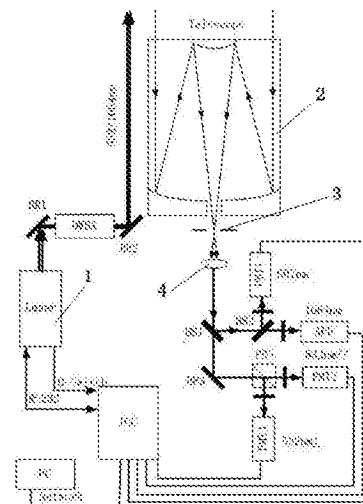
(54)发明名称

探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统

(57)摘要

本发明公开了一种探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,包括有激光扩束发射单元、接收光学及后继分光单元、信号探测采集显示及主控单元;激光扩束发射单元由激光器发射器、激光发射器电源、激光发射器前端安装的导光反射镜一、激光光束扩束器、对光反射镜、激光导光筒构成,接收光学单元由接收望远镜、小孔光阑、会聚透镜、接收导光筒组成,后继分光单元由光束分束镜组、导光反射镜二和检偏棱镜构成,信号探测采集显示及主控单元由光电倍增管一、光电倍增管二、光电倍增管三、雪崩二极管、四通道A/D采集卡、主控计算机以及配套电源组成。本发明具有强信噪比、高探测高度、单次探测

时间短的特点,实现昼夜全自动无人值守连续探测。



CN 104570002 B

1. 一种探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:包括有激光扩束发射单元、接收光学及后继分光单元、信号探测采集显示及主控单元;所述的激光扩束发射单元由激光器发射器、激光发射器电源、激光发射器前端安装的导光反射镜一、激光光束扩束器、对光反射镜、激光导光筒构成,激光发射器水平放置,同时发射1064nm和532nm的激光,其中532nm激光为线偏振光,两束激光经过导光反射镜进入激光光束扩束器扩束后,再由对光反射镜穿过激光导光筒垂直发射到大气中,通过调整导光反射镜使得激光完全进入激光光束扩束器以实现激光扩束和减小发射角的目的,通过调整对光反射镜使得发射光轴与接收望远镜主轴平行;

所述的接收光学单元由接收望远镜、小孔光阑、会聚透镜、接收导光筒组成,后继分光单元由光束分束镜组、导光反射镜二和检偏棱镜构成,光束分束镜组包括有光束分束镜一、二,接收光学单元的光轴沿垂直方向,后继分光单元的光轴分别经由光束分束镜一和导光反射镜二沿水平方向;接收望远镜后安装有小孔光阑,其后安装会聚透镜,会聚透镜的焦点与接收望远镜的焦点重合,把接收望远镜接收到的大气后向散射光会聚成平行光,再导入后面的后继分光单元,接收导光筒连接接收望远镜和后继分光单元,小孔光阑和会聚透镜嵌在接收导光筒内;后向散射光被光束分束镜一分成两束,一束沿水平方向经由光束分束镜二再分成两束,分别为1064nm米散射信号和607nm拉曼散射信号,此两个信号分别直接进入雪崩二极管和光电倍增管一,另一束继续沿垂直方向经由导光反射镜二导向后被检偏棱镜分成两束,分别为532nm米散射信号的平行分量和垂直分量,此两个分量直接进入光电倍增管二和三;

所述的信号探测采集显示及主控单元由光电倍增管一、光电倍增管二、光电倍增管三、雪崩二极管、四通道A/D采集卡、主控计算机以及配套电源组成,光电倍增管一、二、三、雪崩二极管分别将四个通道的光信号转换成电信号,并送入16比特的四通道A/D采集卡,四通道A/D采集卡插在主控计算机的PCI插槽内,在激光发射器的Q-Switch同步触发信号的控制下,将采集到的电信号转换成数字信号记录到数据测量文件中,随后主控计算机将读取测量数据进行处理和显示;主控计算机ICC通过研制的运行控制软件设定测量参数、实施信号测量和采集、显示测量结果以及网络交互等,实现昼夜全自动无人值守的24/7模式探测,得到连续的探测结果;

所述探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,采用异轴系统、固化箱式结构,激光发射器电源除外的激光扩束发射单元、接收光学单元、后继分光单元和信号探测单元这四个子单元集成成统一的整体,固化在一个方形光学底板上,其上箱体分作两个部分,一部分封装激光扩束发射单元,另一部分封装后继分光单元和信号探测单元,箱体上方平行安装有激光导光筒和接收导光筒,接收望远镜通过两个刚性立柱与方形光学底板固化;采集显示及主控单元、配套电源装配在一个轻便可移动的机柜内;激光发射器的出射激光与接收望远镜的光轴保持平行。

2. 根据权利要求1所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的配套电源包括光电倍增管一、二、三和雪崩二极管的高压电源以及提供给系统供电的不间断稳压电源。

3. 根据权利要求1所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的激光器发射器、激光发射器电源采用Quantel公司生产的Nd:YAG激光发射器及其电

源,同时发射1064nm基频和532nm二倍频的激光;导光反射镜一和对光反射镜为1064nm和532nm双波长全反镜;激光光束扩束器对532nm和1064nm双波长同步5倍扩束;激光导光筒内壁发黑。

4. 根据权利要求1所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的接收望远镜选用Meada公司生产的Cassergrain型望远镜,直径300厘米;小孔光阑选用可变小孔光阑,接收视场角从0.5mrad到2mrad可调节;会聚透镜由BK7玻璃制成,并镀有增透膜;接收导光筒内壁发黑,连接接收望远镜和后继分光单元。

5. 根据权利要求1所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的光束分束镜一选用1064nm和607nm波长全反、532nm波长全透的BK7玻璃,光束分束镜二选用607nm全反、1064nm全透的BK7玻璃,导光反射镜选用532nm全反的BK7玻璃,偏振棱镜选用CVI公司的PBS-532-100偏振分光棱镜;当进行云精细结构探测时,后向散射光被分作四个通道进入光电倍增管和雪崩二极管同步探测。

6. 根据权利要求1所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的光电倍增管一、二、三选用Hamamatsu公司的R7400型光电倍增管,雪崩二极管选用Licel公司的Si-APD型雪崩二极管,光电倍增管一、二、三、雪崩二极管前面装有Bar公司生产的窄带滤光片。

探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统

技术领域

[0001] 本发明属于一种激光雷达系统装置,具体是一种探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统。

背景技术

[0002] 激光雷达是一种大气探测领域强有力的主动遥感工具,因其具有探测大气气溶胶和云的高时间-空间变化而得到广泛运用,激光雷达已经成为研究云和气溶胶不可或缺的纽带。目前,随着光学技术、机械设计、电子学技术以及计算机控制技术等的发展和大气科学的研究需求,给激光雷达技术的发展带来机遇和挑战,要发展传统的技术方法的同时,开拓新的技术方法。

[0003] 针对云探测的传统米散射激光雷达系统,是通过接收激光与大气中的粒子(气溶胶粒子、云粒子等)发生米散射后的后向散射回波信号来反映大气特征的有效探测工具,米散射主要集中在前向,后向散射的强度相对小些,但其散射截面仍然比其它散射过程的散射截面大几个数量级,因此成为激光雷达探测大气的主要手段。由于散射粒子在受到偏振光照射时所产生的散射光强和偏振特性依赖于散射粒子的物理性质、照射波长以及散射角,所以在进行实际大气测量时,大气中的非球形粒子(气溶胶粒子、卷云粒子等)会使得入射线偏振光的偏振特性发生改变。探测云的偏振激光雷达接收后向散射的偏振光,就是通过探测这些非球形粒子的后向散射光的退偏特性来研究他们的形态的一种有效的探测工具。拉曼散射过程涉及入射光子和大气分子间的能量交换,是散射光频率不同于入射光频率的一类非弹性散射过程。利用拉曼散射方法可识别并探测大气中某种成分,根据拉曼散射原理探测大气气体分子浓度的激光雷达,称为拉曼散射激光雷达。拉曼激光雷达的回波信息相对丰富,在云探测中,以把氮气作为拉曼介质的拉曼激光雷达为例,接收到的氮气分子的拉曼散射回波不受其它粒子的后向散射的影响,故可以直接计算云的消光系数空间分布。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于米散射-偏振-拉曼技术的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,结构上比较紧凑,自动化程度比较高,探测时间(30秒)、空间(7.5米)分辨率高,连续性好(24/7),已经成功的用于组网探测建站试点,获取一年以上连续数据资料。

[0005] 本发明的技术方案是:

[0006] 一种探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:包括有激光扩束发射单元、接收光学及后继分光单元、信号探测采集显示及主控单元;所述的激光扩束发射单元由激光器发射器、激光发射器电源、激光发射器前端安装的导光反射镜一、激光光束扩束器、对光反射镜、激光导光筒构成,激光发射器水平放置,同时发射1064nm和532nm的激光,其中532nm激光为线偏振光,两束激光经过导光反射镜进入激光光束扩束器扩束后,再

由对光反射镜穿过激光导光筒垂直发射到大气中,通过调整导光反射镜使得激光完全进入激光光束扩束器以实现激光扩束和减小发射角的目的,通过调整对光反射镜使得发射光轴与接收望远镜主轴平行;所述的接收光学单元由接收望远镜、小孔光阑、会聚透镜、接收导光筒组成,后继分光单元由光束分束镜组、导光反射镜二和检偏棱镜构成,光束分束镜组包括有光束分束镜一、二,接收光学单元的光轴沿垂直方向,后继分光单元的光轴分别经由光束分束镜一和导光反射镜二沿水平方向;接收望远镜后安装有小孔光阑,其后安装会聚透镜,会聚透镜的焦点与接收望远镜的焦点重合,把接收望远镜接收到的大气后向散射光会聚成平行光,再导入后面的后继分光单元,接收导光筒连接接收望远镜和后继分光单元,小孔光阑和会聚透镜嵌在接收导光筒内;后向散射光被光束分束镜一分成两束,一束沿水平方向经由光束分束镜二再分成两束,分别为1064nm米散射信号和607nm拉曼散射信号,此两个信号分别直接进入雪崩二极管和光电倍增管一,另一束继续沿垂直方向经由导光反射镜二导向后被检偏棱镜分成两束,分别为532nm米散射信号的平行分量和垂直分量,此两个分量直接进入光电倍增管二和三;所述的信号探测采集显示及主控单元由光电倍增管一、光电倍增管二、光电倍增管三、雪崩二极管、四通道A/D采集卡、主控计算机以及配套电源组成,光电倍增管一、二、三、雪崩二极管分别将四个通道的光信号转换成电信号,并送入16比特的四通道A/D采集卡,四通道A/D采集卡插在主控计算机的PCI插槽内,在激光发射器的Q-Switch同步触发信号的控制下,将采集到的电信号转换成数字信号记录到数据测量文件中,随后主控计算机将读取测量数据进行处理和显示;主控计算机ICC通过研制的运行控制软件设定测量参数、实施信号测量和采集、显示测量结果以及网络交互等,实现昼夜全自动无人值守的24/7模式探测,得到连续的探测结果。

[0007] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的配套电源包括光电倍增管一、二、三和雪崩二极管的高压电源以及提供给系统供电的不间断稳压电源。

[0008] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:采用异轴系统、固化箱式结构,激光发射器电源除外的激光扩束发射单元、接收光学单元、后继分光单元和信号探测单元这四个子单元集成成统一的整体,固化在一个方形光学底板上,其上箱体分作两个部分,一部分封装激光扩束发射单元,另一部分封装后继分光单元和信号探测单元,箱体上方平行安装有激光导光筒和接收导光筒,接收望远镜通过两个刚性立柱与方形光学底板固化,此整体结构紧凑、体积小、质量轻,可以整体作俯仰和方位移动而不改变内部光学结构;采集显示及主控单元、配套电源装配在一个轻便可移动的机柜内;激光发射器的出射激光与接收望远镜的光轴保持平行;箱体封装结构作用在于避免激光发射光干扰接收信号光,天空背景光干扰接收信号光,同时防止灰尘污染光学部件。

[0009] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的激光器发射器、激光发射器电源采用Quantel公司生产的Nd:YAG激光发射器及其电源,同时发射1064nm基频和532nm二倍频的激光;导光反射镜一和对光反射镜为1064nm和532nm双波长全反镜;激光光束扩束器对532nm和1064nm双波长同步5倍扩束;激光导光筒内壁发黑,考虑人眼安全和杂散光干扰。

[0010] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的接收望远镜选用Meada公司生产的Cassergrain型望远镜,直径300厘米;小孔光阑选用可变小孔

光阑,接收视场角从0.5mrad到2mrad可调节;会聚透镜由BK7玻璃制成,并镀有增透膜;接收导光筒内壁发黑,连接接收望远镜和后续分光单元,避免杂散光干扰。

[0011] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的光束分束镜一选用1064nm和607nm波长全反、532nm波长全透的BK7玻璃,光束分束镜二选用607nm全反、1064nm全透的BK7玻璃,导光反射镜选用532nm全反的BK7玻璃,偏振棱镜选用CVI公司的PBS-532-100偏振分光棱镜;当进行云精细结构探测时,后向散射光被分作四个通道进入光电倍增管和雪崩二极管同步探测。

[0012] 所述的探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,其特征在于:所述的光电倍增管一、二、三选用Hamamatsu公司的R7400型光电倍增管,雪崩二极管选用Licel公司的Si-APD型雪崩二极管,光电倍增管一、二、三、雪崩二极管前面装有Bar公司生产的窄带滤光片。光电倍增管一、二、三和雪崩二极管将四通道的光信号转换为电信号后,由16比特AD9826型高速采集卡完成A/D转换,在运行控制软件的指令下完成数据的采集、存储、显示和连续测量,运行控制软件还具有系统故障诊断、反馈和数据传输等网络化交互功能。

[0013] 本发明探测云精细结构的双波长四通道激光雷达,有以下特点:

[0014] 1)、米散射探测、偏振探测和拉曼散射探测多重功能的融合。可进行云层高度、厚度等宏观结构,云粒子相态、大小等微物理特性,以及云光学特性的同步探测。

[0015] 2)、强信噪比,高探测高度,精细空间分辨率。不论白天还是晚上,云垂直分布的廓线探测高度从地面到15km,分辨率为7.5m。

[0016] 3)、单次探测时间短。每条有效廓线探测时间仅为30秒。

[0017] 4)、昼夜全自动无人值守连续探测。在实施云观测时,实现24/7模式探测,得到连续的探测结果。

[0018] 5)、结构紧凑、重量较轻,模块化设计,便于携带和移动,便于部件更换,适于外场实验。

[0019] 6)、网络化程度高。可以通过网络诊断、数据交互,适于激光雷达网络建站布点。

[0020] 7)、维护性好。一年的探测实验表明,在外部环境适宜(温度0-40度、湿度0-75%)条件下,其常规维护只需要几个月一次的更换激光发射器的冷却循环水和氙灯。

附图说明

[0021] 图1为本发明探测云精细结构的双波长四通道激光雷达的结构示意图。

[0022] 图2为典型的云精细结构空间分布时间演变探测结果。

具体实施方式

[0023] 如图1所示,一种探测云精细结构的双波长四通道激光雷达系统,包括有激光扩束发射单元、接收光学及后续分光单元、信号探测采集显示及主控单元;所述的激光扩束发射单元由激光器发射器1、激光发射器电源、激光发射器前端安装的导光反射镜BR1、激光光束扩束器DWBX、对光反射镜BR2、激光导光筒构成,激光发射器1水平放置,同时发射1064nm和532nm的激光,其中532nm激光为线偏振光,两束激光经过导光反射镜BR1进入激光光束扩束器DWBX扩束后,再由对光反射镜BR2穿过激光导光筒垂直发射到大气中,通过调整导光反射镜BR1使得激光完全进入激光光束扩束器DWBX以实现激光扩束和减小发射角的目的,通过

调整对光反射镜BR2使得发射光轴与接收望远镜主轴平行；所述的接收光学单元由接收望远镜2、小孔光阑3、会聚透镜4、接收导光筒组成，后继分光单元由光束分束镜组、导光反射镜BR3和检偏棱镜PBS构成，光束分束镜组包括有光束分束镜BS1、BS2，接收光学单元的光轴沿垂直方向，后继分光单元的光轴分别经由光束分束镜BS1和导光反射镜BR3沿水平方向；接收望远镜2后安装有小孔光阑3，其后安装会聚透镜4，会聚透镜4的焦点与接收望远镜2的焦点重合，把接收望远镜2接收到的大气后向散射光会聚成平行光，再导入后面的后继分光单元，接收导光筒连接接收望远镜2和后继分光单元，小孔光阑3和会聚透镜4嵌在接收导光筒内；后向散射光被光束分束镜BS1分成两束，一束沿水平方向经由光束分束镜BS2再分成两束，分别为1064nm米散射信号和607nm拉曼散射信号，此两个信号分别直接进入雪崩二极管APD和光电倍增管PMT1，另一束继续沿垂直方向经由导光反射镜BR3导向后被检偏棱镜PBS分成两束，分别为532nm米散射信号的平行分量和垂直分量，此两个分量直接进入光电倍增管PMT2和PMT3；所述的信号探测采集显示及主控单元由光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3、雪崩二极管APD、四通道A/D采集卡、主控计算机ICC以及配套电源组成，光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3、雪崩二极管APD分别将四个通道的光信号转换成电信号，并送入16比特的四通道A/D采集卡，四通道A/D采集卡插在主控计算机的PCI插槽内，在激光发射器1的Q-Switch同步触发信号的控制下，将采集到的电信号转换成数字信号记录到数据测量文件中，随后主控计算机ICC将读取测量数据进行处理和显示；主控计算机ICC通过研制的运行控制软件设定测量参数、实施信号测量和采集、显示测量结果以及网络交互等，实现昼夜全自动无人值守的24/7模式探测，得到连续的探测结果。可以实现昼夜全自动无人值守的24/7模式探测，得到连续的探测结果(如图2所示)。

[0024] 配套电源包括光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3、雪崩二极管APD的高压电源以及提供给系统供电的不间断稳压电源。

[0025] 采用异轴系统、固化箱式结构，激光发射器电源除外的激光扩束发射单元、接收光学单元、后继分光单元和信号探测单元这四个子单元集成成统一的整体，固化在一个方形光学底板上，其上箱体分作两个部分，一部分封装激光扩束发射单元，另一部分封装后继分光单元和信号探测单元，箱体上方平行安装有激光导光筒和接收导光筒，接收望远镜2通过两个刚性立柱与方形光学底板固化，此整体结构紧凑、体积小、质量轻，可以整体作俯仰和方位移动而不改变内部光学结构；采集显示及主控单元、配套电源装配在一个轻便可移动的机柜内；激光发射器1的出射激光与接收望远镜的光轴保持平行；箱体封装结构作用在于避免激光发射光干扰接收信号光，天空背景光干扰接收信号光，同时防止灰尘污染光学部件。

[0026] 激光器发射器1、激光发射器电源采用Quantel公司生产的Nd:YAG激光发射器及其电源，同时发射1064nm基频和532nm二倍频的激光；导光反射镜BR1和对光反射镜BR2为1064nm和532nm双波长全反镜；激光光束扩束器DWBX对532nm和1064nm双波长同步5倍扩束；激光导光筒内壁发黑，考虑人眼安全和杂散光干扰。

[0027] 接收望远镜2选用Meada公司生产的Cassergrain型望远镜，直径300厘米；小孔光阑3选用可变小孔光阑，接收视场角从0.5mrad到2mrad可调节；会聚透镜4由BK7玻璃制成，并镀有增透膜；接收导光筒内壁发黑，连接接收望远镜1和后继分光单元，避免杂散光干扰。

[0028] 光束分束镜BS1选用1064nm和607nm波长全反、532nm波长全透的BK7玻璃，光束分

束镜BS2选用607nm全反、1064nm全透的BK7玻璃,导光反射镜BR3选用532nm全反的BK7玻璃,偏振棱镜选用CVI公司的PBS-532-100偏振分光棱镜;当进行云精细结构探测时,后向散射光被分作四个通道进入光电倍增管和雪崩二极管同步探测。

[0029] 光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3选用Hamamatsu公司的R7400型光电倍增管,雪崩二极管APD选用Lice1公司的Si-APD型雪崩二极管,光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3、雪崩二极管APD前面装有Bar公司生产的窄带滤光片。光电倍增管PMT1、PMT2和PMT3、雪崩二极管APD将四通道的光信号转换为电信号后,由16比特AD9826型高速采集卡完成A/D转换,在运行控制软件的指令下完成数据的采集、存储、显示和连续测量,运行控制软件还具有系统故障诊断、反馈和数据传输等网络化交互功能。

[0030] 本发明探测云精细结构的双波长四通道激光雷达主要技术参数

技术参数	技术指标
激光扩束发射单元	
激光器	Quentel Nd: YAG
波长	1064/532nm
能量	240mj@混合 / 140mj@532nm
发散角	<1.5mrad
光斑直径	6mm@10cm 处
重复频率	20Hz
扩束镜	DWBX
输入孔径	10mm
放大倍率	5X
反射镜	R-BK7
反射率	>99%@1064/532nm
接收光学单元	
望远镜	MEADE300
接收孔径	12inch-304.8mm
接收视场	<1mrad
后继分光单元	
分束镜 1	BS-BK7
反射率	>99%@1064/607nm

透过率	>95%@532nm
分束镜 2	BS-BK7
反射率	>99%@607nm
透过率	>95%@1064nm
反射镜	R- BK7
反射率	>99%@532nm
滤光片	Barr
中心波长	1064/607/532nm
带宽	0.5/0.3/0.3nm
偏振棱镜	CVI-PBS-100
中心波长	532nm
消光比	1000: 1
探测采集主控单元	
PMT 光灵敏度谱	500-650nm@ PMT-R7400
APD 响应度	QE=38%@1060nm@Licel-APD
采集卡	AD-9826
采集速率	20Mhz
精度	16bit
主控计算机	ICC-Adlink 610
不间断稳压电源	UPS-APC 3000

[0031] 本发明探测云精细结构的双波长四通道激光雷达典型结果说明：

[0032] 图2为典型的云精细结构空间分布时间演变连续24小时的典型探测结果，如图从上到下分别为532nm平行分量、532nm垂直分量、1064nm米散射信号、607nm拉曼散射信号，色标代表云散射信号的强弱，云层结构由10km一直延伸到15km范围，结构变化丰富，同时还可以看到2km以下的气溶胶层的变化特征。进一步将532nm垂直分量和平行分量结合起来获得云532nm的退偏振信息，判别云的相态特征；结合532nm和1064nm信号获得云的后向散射颜色比，判别云粒子大小特征；通过上述信息，则可以研究云精细结构的时间、空间分布以及变化，加深对云的微宏观特征的理解。

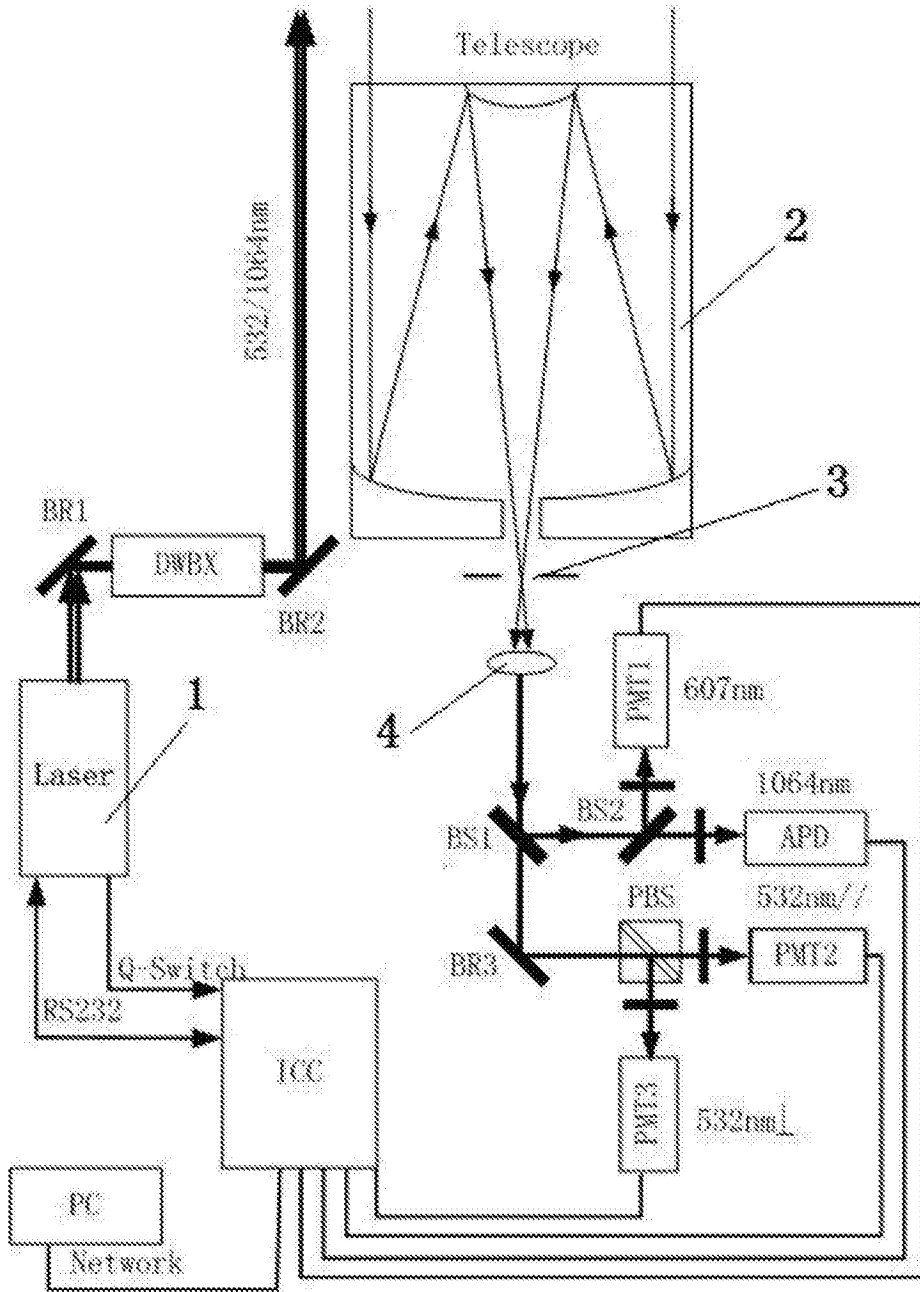


图1

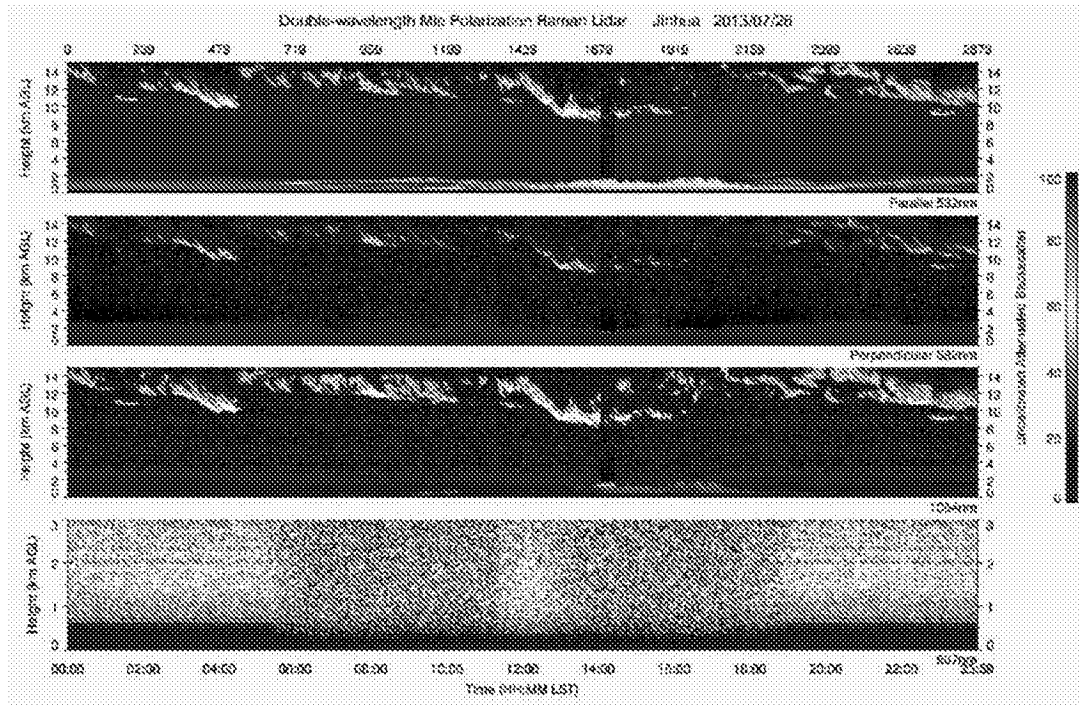


图2