(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 112859112 B
(45)授权公告日 2024.03.26

(21)申请号 202110030088.1
(22)申请日 2021.01.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112859112 A
(43)申请公布日 2021.05.28
(73)专利权人 南京晓庄学院
地址 211171 江苏省南京市江宁区弘景大道3601号
专利权人 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院
(72)发明人 李亚娟 杨勇 林鑫 季凯俊 王积勤 夏媛 张磊 程学武 郑金州 刘林美 李发泉
(74)专利代理机构 武汉宇晨专利事务所(普通合伙) 42001
专利代理师 李鹏 王敏锋
(51)Int.Cl.
G01S 17/95(2006.01)
G01S 7/481(2006.01)
G01K 11/00(2006.01)
G01J 3/44(2006.01)
(56)对比文件
CN 101710178 A,2010.05.19
CN 101819275 A,2010.09.01
CN 106526615 A,2017.03.22
CN 106569218 A,2017.04.19
审查员 魏可嘉

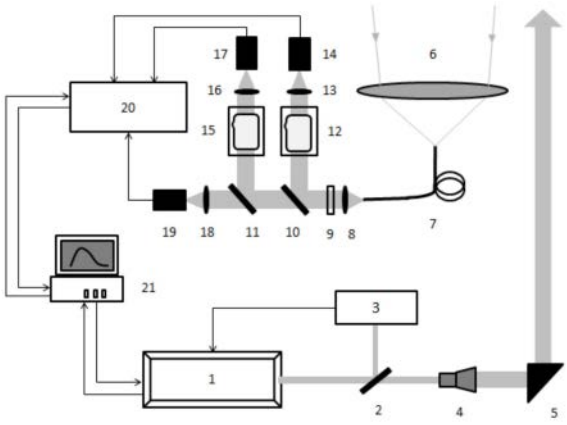
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达及方法

(57)摘要

本发明公开了基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,包括单纵模脉冲激光器、第一分束镜、稳频器、扩束镜、转向镜、接收望远镜、光纤、准直镜、滤光片、第二分束镜、第三分束镜、第一鉴频器、第一会聚透镜、第一光电探测器、第二鉴频器、第二会聚透镜、第二光电探测器、第三会聚透镜、第三光电探测器、数据采集器和计算机。还公开了基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,利用单支转动拉曼光谱的多普勒展宽和频移,实现低层大气温度、风场的同步探测。不受低空云、气溶胶等因素的影响,能同时实现低空温度、风场的探测,可以应用于大气科学研究和天气气象观测等领域。



CN 112859112 B

1.基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,包括单纵模脉冲激光器(1),其特征在于,单纵模脉冲激光器(1)输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经第一分束镜(2)分束获得第一反射光和第一透射光,第一反射光入射稳频器(3),稳频器(3)根据第一反射光输出反馈信号连接到单纵模脉冲激光器(1)进行稳频控制,第一透射光依次经扩束镜(4)和转向镜(5)后射向大气,

接收望远镜(6)接收后向散射回波信号,散射回波信号依次经准直镜(8)和滤光片(9)准直滤光后获得单支转动拉曼光,单支转动拉曼光再经过第二分束镜(10)获得第二反射光和第二透射光,第二透射光经过第三分束镜(11)获得第三反射光和第三透射光,第二反射光依次经过第一鉴频器(12)和第一会聚透镜(13)入射第一光电探测器(14);第三反射光依次经过第二鉴频器(15)和第二会聚透镜(16)入射第二光电探测器(17);第三透射光经过第三会聚透镜(18)入射第三光电探测器(19),第一光电探测器(14)、第二光电探测器(17)和第三光电探测器(19)的输出端分别连接到数据采集器(20),

第二反射光利用第一鉴频器(12)进行鉴频,提取出第一鉴频谱线强度,第一鉴频谱线强度随着温度变化敏感,

第三反射光利用第二鉴频器(15)进行鉴频,提取第二鉴频谱线强度,第二鉴频谱线强度随着风速变化敏感,

第三透射光利用第三会聚透镜(18)和第三光电探测器(19)进行探测,获得全谱信号强度,全谱信号强度随温度和风速变化相对不敏感,

还包括接收端置于望远镜(6)的焦点并与望远镜(6)同轴的光纤(7),光纤(7)输出端置于准直镜(8)的焦点并与准直镜(8)和滤光片(9)同轴。

2.基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,其特征在于,利用权利要求1所述的基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达装置,包括以下步骤:

步骤1、单纵模脉冲激光器(1)输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经第一分束镜(2)分束获得第一反射光和第一透射光;

步骤2、第一反射光入射稳频器(3),稳频器(3)根据第一反射光对单纵模脉冲激光器(1)进行稳频控制;

步骤3、第一透射光依次经扩束镜(4)和转向镜(5)后垂直射向大气;

步骤4、垂直射向大气的单纵模脉冲激光激发低空大气分子发生转动拉曼散射,后向散射回波信号被接收望远镜(6)接收;

步骤5、接收望远镜(6)输出的后向散射回波信号依次经准直镜(8)和滤光片(9)进行准直滤光,准直滤光后的后向散射回波信号经过第二分束镜(10)获得第二反射光和第二透射光;

步骤6、第二反射光利用第一鉴频器(12)进行鉴频,提取出第一鉴频谱线强度,第一鉴频谱线强度随着温度变化敏感,利用第一会聚透镜(13)和第一光电探测器(14)对第一鉴频谱线强度进行探测;

步骤7、第二透射光经过第三分束镜(11)后分为两束,分别为第三反射光和第三透射光;

步骤8、第三反射光利用第二鉴频器(15)进行鉴频,提取第二鉴频谱线强度,第二鉴频谱线强度随着风速变化敏感,并利用第二会聚透镜(16)和第二光电探测器(17)对第二鉴频

谱线强度进行探测；

步骤9、第三透射光利用第三会聚透镜(18)和第三光电探测器(19)进行探测，获得全谱信号强度；

步骤10、建立在一定风速下第一鉴频谱线强度与全谱信号强度之间的比值与温度变化的关系，建立在一定温度下第二鉴频谱线强度与全谱信号强度之间的比值与风速变化的关系，反演大气温度和风场信息。

基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及大气遥感技术领域,涉及基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,还涉及基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,适用于低空(30km以下)大气温度、风场同时探测。

背景技术

[0002] 大气温度和风场是描述大气状态的重要气象参数。低空大气温度和风场的同时观测,对于研究大气的热力动力学过程和能量的辐射传输过程具有重要意义。目前有多种机制的测温测风激光雷达,主要利用激光与大气中原子分子的不同相互作用机制,产生不同类型的回波信号,从而实现不同大气层段温度和风场信息的反演。由于受低空云、气溶胶等的影响,低层大气风温同时探测仍然存在一定的困难,无法满足大气科学研究以及天气气象应用等需求。因此,突破现有激光雷达的局限性,同步获取低空温度、风场信息,是激光雷达观测研究发展的一个重要方向。

[0003] 多普勒激光雷达利用大气中原子分子的散射光谱会随着温度和径向速度的变化产生多普勒展宽和频移,根据回波信号强度可以同时反演出特定高度范围的温度和风场信息。其中,钠、钾、铁等金属共振荧光-多普勒激光雷达利用金属层原子共振荧光谱线的展宽和频移,可以实现80-110km高层大气的温度和风场同时探测(She,C.Y.,and Yu,J.R.:SIMULTANEOUS3-FREQUENCY NA LIDAR MEASUREMENTS OF RADIAL WIND AND TEMPERATURE IN THE MESOPAUSE REGION,Geophysical Research Letters,21,1771-1774,doi:10.1029/94gl01417,1994.)。瑞利-多普勒激光雷达基于瑞利散射光谱的展宽和频移,实现了30km以上纯净大气的温度风场同时探测(Dou,X.K.,Han,Y.L.,Sun,D.S.,Xia,H.Y.,Shu,Z.F.,Zhao,R.C.,Shangguan,M.J.,and Guo,J.:Mobile Rayleigh Doppler lidar for wind and temperature measurements in the stratosphere and lower mesosphere,Optics Express,22,A1203-A1221,doi:10.1364/oe.22.0a1203,2014.)。但30km以下由于受米散射信号的干扰,瑞利-多普勒激光雷达无法直接用于低空大气的风温探测。以上两种多普勒激光雷达由于各自的局限性,都无法实现低空大气温度和风场的探测。

[0004] 目前,用于低空大气风场探测的相干多普勒激光雷达,由于受气溶胶含量的影响,其探测高度通常限制在5km,而且该激光雷达无法同时获取低空大气温度信息。用于低空大气温度探测的激光雷达,根据不同探测机制,也有不同的类型。其中,瑞利散射激光雷达和振动拉曼散射激光雷达利用理想气体定律和静力学平衡两个假设,根据回波信号强度可以反演得到大气密度和温度信息。但是受低空云、气溶胶等因素的影响,这两种测温激光雷达的探测高度和探测精度均受到限制。纯转动拉曼散射激光雷达利用激光与大气分子之间的非弹性碰撞,其散射光子在不同转动量子态形成多根转动拉曼谱线分布在入射光频率的两端,这些谱线强度与温度之间服从玻尔兹曼分布规律,即位于高转动量子态的拉曼谱线强度随温度升高而增强,而位于低转动量子态的拉曼谱线强度随温度升高而减弱。因此,利用高、低转动量子态拉曼谱线强度与温度之间的变化关系可以反演大气温度信息。由于其散

射波长与米散射波长不同,因而不受低空云、气溶胶等因素的影响,而且散射截面相对大于振动拉曼散射截面,因此广泛用于低空大气温度的高精度探测。目前,转动拉曼散射激光雷达主要采用窄带干涉滤光片、双光栅单色仪或者F-P标准具结合干涉滤光片的方式分别获取位于高、低转动量子态的多根或单根拉曼谱线强度信息(Behrendt A,Reichardt J.Atmospheric temperature profiling in the presence of clouds with a pure rotational Raman lidar by use of an interference-filter-based polychromator [J].Appl Optics,2000,39(9):1372-8.钟山,易帆,张绍东.纯转动拉曼谱反演大气温度和气溶胶后向散射系数的新方法[J].地球物理学报,2012,55(011):3527-3533.)。这些滤光器件的带宽都大于单根拉曼谱线的线宽,因此无法测量谱线随环境温度以及速度变化引起的多普勒展宽和频移,所以无法同时测量低空大气温度和风场。

[0005] 综上,基于多种散射机制的多种激光雷达进行组合才能实现低空大气的风场与温度测量。因此目前没有一种激光雷达可以实现低空大气风场与温度的同时测量。本发明通过测量转动拉曼光谱中一根谱线的多普勒展宽和频移来实现低空大气风场与温度的同时测量,既可以有效避免气溶胶米散射的干扰,又能同时获取低空大气温度和风场的高时空分辨探测资料。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有技术存在的上述缺陷,提供基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,还提供基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,用于实现低空大气温度、风场的同时探测。本发明通过对大气分子转动拉曼散射一根谱线的多普勒展宽和频移进行高分辨频率鉴别,具有不受低空云、气溶胶等米散射信号干扰,并能同时实现低空温度、风场探测的优点。

[0007] 本发明的上述目的通过以下技术方案实现:

[0008] 基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,包括单纵模脉冲激光器,单纵模脉冲激光器输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经第一分束镜分束获得第一反射光和第一透射光,第一反射光入射稳频器,稳频器根据第一反射光输出反馈信号连接到单纵模脉冲激光器进行稳频控制,第一透射光依次经扩束镜和转向镜后射向大气。

[0009] 接收望远镜接收后向散射回波信号,散射回波信号依次经准直镜和滤光片准直滤光后,再经过第二分束镜获得第二反射光和第二透射光,第二透射光经过第三分束镜获得第三反射光和第三透射光,第二反射光依次经过第一鉴频器和第一会聚透镜入射第一光电探测器;第三反射光依次经过第二鉴频器和第二会聚透镜入射第二光电探测器;第三透射光经过第三会聚透镜入射第三光电探测器,第一光电探测器、第二光电探测器和第三光电探测器的输出端分别连接到数据采集器。

[0010] 基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,还包括接收端置于望远镜的焦点并与望远镜同轴的光纤,光纤输出端置于准直镜的焦点并与准直镜和滤光片同轴。

[0011] 基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,包括以下步骤:

[0012] 步骤1、单纵模脉冲激光器输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经第一分束镜分束获得第一反射光和第一透射光;

[0013] 步骤2、第一反射光入射稳频器,稳频器根据第一反射光对单纵模脉冲激光器进行

稳频控制；

[0014] 步骤3、第一透射光依次经扩束镜和转向镜后垂直射向大气；

[0015] 步骤4、垂直射向大气的单纵模脉冲激光激发低空大气分子发生转动拉曼散射，后向散射回波信号被接收望远镜接收；

[0016] 步骤5、接收望远镜输出的后向散射回波信号依次经准直镜和滤光片进行准直滤光，准直滤光后的后向散射回波信号经过第二分束镜获得第二反射光和第二透射光；

[0017] 步骤6、第二反射光利用第一鉴频器进行鉴频，提取出第一鉴频谱线强度，第一鉴频谱线强度随着温度变化敏感，利用第一会聚透镜和第一光电探测器对第一鉴频谱线强度进行探测；

[0018] 步骤7、第二透射光经过第三分束镜后分为两束，分别为第三反射光和第三透射光；

[0019] 步骤8、第三反射光利用第二鉴频器进行鉴频，提取第二鉴频谱线强度，第二鉴频谱线强度随着风速变化敏感，并利用第二会聚透镜和第二光电探测器对第二鉴频谱线强度进行探测；

[0020] 步骤9、第三透射光利用第三会聚透镜和第三光电探测器进行探测，获得全谱信号强度；

[0021] 步骤10、建立在一定风速下第一鉴频谱线强度与全谱信号强度之间的比值与温度变化的关系，建立在一定温度下第二鉴频谱线强度与全谱信号强度之间的比值与风速变化的关系，反演大气温度和风场信息。

[0022] 本发明与现有技术相比，具有以下优点和有益效果：

[0023] 本发明提出了一种转动拉曼-多普勒机制，利用单支转动拉曼光谱的多普勒展宽和频移，通过发射激光稳频和接收信号鉴频的方式，分别获得单支转动拉曼光谱在不同频率处的信号强度，一方面，可以有效避免低空气溶胶等米散射信号的干扰；另一方面，可以实现低层大气温度、风场的同步探测。

附图说明

[0024] 图1是基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达的结构示意图。

[0025] 其中，1-单纵模脉冲激光器，2-第一分束镜，3-稳频器，4-扩束镜，5-转向镜，6-接收望远镜，7-光纤，8-准直镜，9-滤光片，10-第二分束镜，11-第三分束镜，12-第一鉴频器，13-第一会聚透镜，14-第一光电探测器，15-第二鉴频器，16-第二会聚透镜，17-第二光电探测器，18-第三会聚透镜，19-第三光电探测器，20-数据采集器，21-计算机。

[0026] 图2是基于转动拉曼-多普勒机制的激光雷达温度、风场探测原理图。

[0027] 其中，a-第一鉴频曲线，b-第二鉴频曲线，c-单支转动拉曼光谱的滤光片透射曲线，d-温度280K、风速0m/s时的第一单支转动拉曼光谱，e-温度200K、风速0m/s时的第二单支转动拉曼光谱，f-温度280K、风速-100m/s时的第三单支转动拉曼光谱，g-温度280K、风速+100m/s时的第四单支转动拉曼光谱。

具体实施方式

[0028] 为了便于本领域普通技术人员理解和实施本发明，下面结合实施例对本发明作进

一步的详细描述,应当理解,此处所描述的实施示例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0029] 1、结构

[0030] 基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,包括单纵模脉冲激光器1、第一分束镜2、稳频器3、扩束镜4、转向镜5、接收望远镜6、光纤7、准直镜8、滤光片9、第二分束镜10、第三分束镜11、第一鉴频器12、第一会聚透镜13、第一光电探测器14、第二鉴频器15、第二会聚透镜16、第二光电探测器17、第三会聚透镜18、第三光电探测器19、数据采集器20和计算机21。

[0031] 其中,单纵模脉冲激光器1输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经过与光路呈45度角的第一分束镜2分束获得第一反射光和第一透射光,第一反射光入射稳频器3,稳频器3根据第一反射光输出反馈信号连接到脉冲激光器1进行稳频控制,第一透射光依次经扩束镜4和转向镜5后垂直射向大气。

[0032] 接收望远镜6的轴线与经转向镜5射向大气的激光的发射方向同轴,接收望远镜6接收后向散射回波信号,并汇聚到光纤7中;光纤7接收端置于望远镜6的焦点并与望远镜6同轴;光纤7输出端输出的后向散射回波信号依次经准直镜8和滤光片9进行准直滤光,光纤7输出端置于准直镜8的焦点并与准直镜8和滤光片9同轴。准直滤光后的后向散射回波信号经过与光路呈45度角的第二分束镜10获得第二反射光和第二透射光,第二透射光经过与光路呈45度角的第三分束镜11获得第三反射光和第三透射光,其中,第二反射光依次经过第一鉴频器12和第一会聚透镜13入射第一光电探测器14;第三反射光依次经过第二鉴频器15和第二会聚透镜16入射第二光电探测器17;第三透射光经过第三会聚透镜18入射第三光电探测器19。第一光电探测器14、第二光电探测器17和第三光电探测器19的输出端分别连接到数据采集器20进行采集,分别获得第一鉴频谱线强度、第二鉴频谱线强度和全谱信号强度,最后第一鉴频谱线强度、第二鉴频谱线强度和全谱信号强度由计算机21进行数据处理,同时控制激光发射和数据采集卡的触发,实现收发同步。

[0033] 这里,第一鉴频器12和第二鉴频器15可以采用原子鉴频器(或者FP标准具),实现转动拉曼谱支在不同频率通道的信号提取。由第一光电探测器14、第二光电探测器17和第三光电探测器19分别探测得到所选转动拉曼谱支的第一鉴频谱、第二鉴频谱和全谱的信号强度,根据探测到的信号强度与温度和风速的变化关系,进一步反演低层大气的温度、风场信息。基于多普勒机制的大气温度、风场反演方法是该领域所已知的常识。

[0034] 本发明利用激光与大气中分子相互作用产生的转动拉曼散射,该散射是一种非弹性散射,散射光频率与气溶胶等产生的米散射频率不同,因此可以不受低空气溶胶等米散射信号的干扰。由于分子的热运动,转动拉曼散射光谱的每一根谱线都会产生一定的展宽和频移,通过检测某一高度转动拉曼散射回波光谱的展宽和频移量,可以推算出该高度大气的温度和风场。

[0035] 图2中针对所选的单支转动拉曼光谱,利用该谱线的多普勒展宽和频移,同时反演温度和风场信息。第一鉴频器12的第一鉴频曲线a和第二鉴频器15的第二鉴频曲线b对应该转动拉曼谱支在不同频率位置的光谱信号(鉴频曲线是鉴频器透射谱线,鉴频谱线强度是信号经过鉴频曲线后透射的信号强度),第一鉴频谱线强度N1和第二鉴频谱线强度N2的变化中包含了温度和风速变化的信息。第一鉴频谱线强度N1随着温度变化非常敏感,第二鉴

频谱线强度N2随着风速变化非常敏感。滤光片透射曲线c包含了该支转动拉曼谱线的全谱信号,作为参考信号,全谱信号强度N3随温度和风速变化相对不敏感。建立在一定风速下第一鉴频谱线强度N1与全谱信号强度N3之间的比值与温度变化的关系,以及建立在一定温度下第二鉴频谱线强度N2与全谱信号强度N3之间的比值与风速变化的关系,反演低空大气温度和风场信息:

[0036] $$R_T(T,V)=\frac{N1}{N3}$$

[0037] $$R_V(T,V)=\frac{N2}{N3}$$

[0038] T表示温度,V表示风速,R_T(T,V)表示温度比值,R_V(T,V)表示风速比值,温度比值R_T(T,V)是一个对温度变化非常敏感的比值,风速比值R_V(T,V)是一个对风速变化非常敏感的比值。

[0039] 在风速一定(比如0m/s)时,当大气温度由280K降到200K,第一单支转动拉曼光谱d变为第二单支转动拉曼光谱e,光谱幅度增加、线宽变窄。第一鉴频谱线强度N1随温度降低而明显增强,而第二鉴频谱线强度N2随温度降低而有所减弱,而且第一鉴频谱线强度N1相较于第二鉴频谱线强度N2对温度变化更为敏感。改变风速,第一鉴频谱线强度N1相比第二鉴频谱线强度N2变化不太明显。计算第一鉴频谱线强度N1与全谱信号强度N3之间的比值,得到在一定风速下,第一鉴频谱线强度N1与全谱信号强度N3之间的比值与温度变化的关系。

[0040] 在温度一定(比如280K)时,当大气中分子的群体速度由0m/s变为+100m/s,转动拉曼光谱线型由第一单支转动拉曼光谱d变为第三单支转动拉曼光谱f,光谱幅度、线宽不变,整体向右搬移。这时第二鉴频谱线强度N2随转动拉曼光谱右移而明显减弱,第一鉴频谱线强度N1随转动拉曼光谱右移变化不明显。当大气中分子的群体速度由0m/s变为-100m/s,转动拉曼光谱线型由第一单支转动拉曼光谱d变为第四单支转动拉曼光谱g,光谱幅度、线宽不变,整体向左搬移。这时第二鉴频谱线强度N2随转动拉曼光谱左移而明显增强,第一鉴频谱线强度N1随转动拉曼光谱左移变化不明显。改变温度,第二鉴频谱线强度N2相比第一鉴频谱线强度N1变化不太明显。计算第二鉴频谱线强度N2与全谱信号强度N3之间的比值,得到在一定温度下,第二鉴频谱线强度N2与全谱信号强度N3之间的比值与风速变化的关系。

[0041] 基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测方法,利用上述基于转动拉曼-多普勒机制的风温探测激光雷达,包括以下步骤:

[0042] 步骤1、单纵模脉冲激光器1输出单纵模脉冲激光,单纵模脉冲激光经第一分束镜2分束获得第一反射光和第一透射光;

[0043] 步骤2、第一反射光入射稳频器3,稳频器3根据第一反射光对单纵模脉冲激光器1进行稳频控制;

[0044] 步骤3、第一透射光依次经扩束镜4和转向镜5后垂直射向大气;

[0045] 步骤4、垂直射向大气的单纵模脉冲激光激发低空大气分子发生转动拉曼散射,后向散射回波信号被接收望远镜6接收,并耦合进入光纤7;

[0046] 步骤5、光纤7接收端置于望远镜6的焦点并与望远镜6同轴;光纤7输出端输出的后向散射回波信号依次经准直镜8和滤光片9进行准直滤光,光纤7输出端置于准直镜8的焦点

并与准直镜8和滤光片9同轴。准直滤光后的后向散射回波信号经过与光路呈45度角的第二分束镜10获得第二反射光和第二透射光；

[0047] 步骤6、第二反射光利用第一鉴频器12进行鉴频，提取出单支转动拉曼光谱的第一鉴频谱线强度N1，第一鉴频谱线强度N1随着温度变化敏感，并利用第一会聚透镜13和第一光电探测器14对第一鉴频谱线强度N1进行探测；

[0048] 步骤7、第二透射光经过第三分束镜11后分为两束，分别为第三反射光和第三透射光；

[0049] 步骤8、第三反射光利用第二鉴频器15进行鉴频，提取出该单支转动拉曼光谱的第二鉴频谱线强度N2，第二鉴频谱线强度N2随着风速变化敏感，并利用第二会聚透镜16和第二光电探测器17对第二鉴频谱线强度N2进行探测；

[0050] 步骤9、第三透射光利用第三会聚透镜18和第三光电探测器19进行探测，获得该单支转动拉曼光谱的全谱信号强度N3；

[0051] 步骤10、计算机控制激光发射和数据采集卡同步触发，第一光电探测器14、第二光电探测器17和第三光电探测器19的信号输出数据线分别连接到数据采集器对第一鉴频谱线强度N1、第二鉴频谱线强度N2和全谱信号强度N3进行采集，

[0052] 步骤11、最后由计算机对第一鉴频谱线强度、第二鉴频谱线强度和全谱信号强度进行数据处理，根据不同探测通道获取的回波信号强度比值与温度和风速之间的关系(包括:在一定风速下第一鉴频谱线强度N1与全谱信号强度N3之间的比值与温度变化的关系、在一定温度下第二鉴频谱线强度N2与全谱信号强度N3之间的比值与风速变化的关系)，反演低空大气温度和风场。

[0053] 目前采用一束激光和一个望远镜匹配用于低空大气温度和视向风场的探测，通过多方向激光发射器向多个方向发射激光，并为每束激光匹配一个接收望远镜，可以实现矢量风场的探测。

[0054] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或替代，但不会偏离本发明的精髓或者超越所附权利要求书外定义的范围。

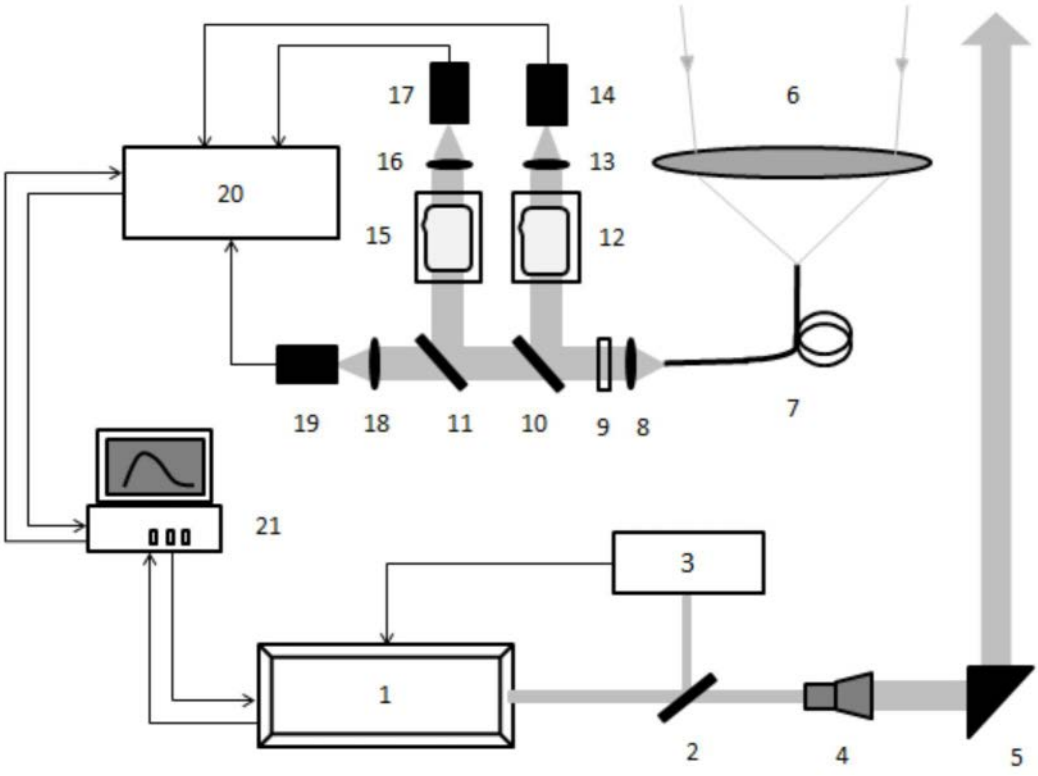

17
14
6
16
13
20
15
12
19
18
11
10
9
8
7
21
3
1
2
4
5

图1

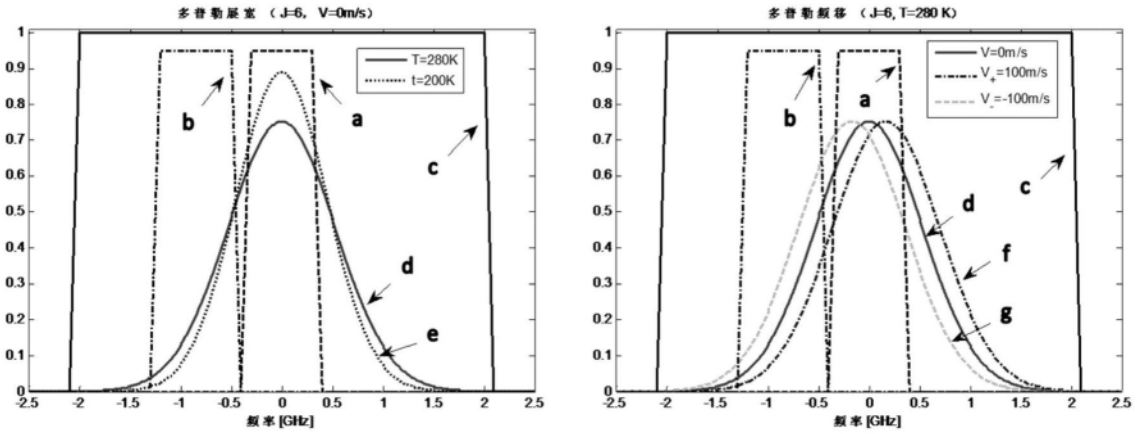

多普勒展宽 （J=6, V=0m/s）
T=280K
t=200K
a
b
c
d
e
频率 [GHz]
多普勒频移 （J=6, T=280 K）
V=0m/s
V+=100m/s
V-=-100m/s
a
b
c
d
f
g
频率 [GHz]

图2