

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 17/95 (2006.01)

H01S 3/137 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710051538.5

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 100561255C

[22] 申请日 2007. 2. 13

[21] 申请号 200710051538.5

[73] 专利权人 中国科学院武汉物理与数学研究所  
地址 430071 湖北省武汉市武昌小洪山中国  
科学院武汉物理与数学研究所

[72] 发明人 龚顺生 程学武 李发泉 戴 阳  
王嘉珉 李奉延

[56] 参考文献

WO03/048804A1 2003. 6. 12

JP2000 - 338246A 2000. 12. 8

CN1805228A 2006. 7. 19

CN201021940Y 2008. 2. 13

CN1339705A 2002. 3. 13

CN1641377A 2005. 7. 20

通过瑞利激光雷达观测研究武汉上空中层大气(30~60km)的稳定性. 常启海, 杨国韬, 宋娟等. 科学通报, 第 50 卷第 24 期. 2005

武汉上空中层顶大气重力波活动的钠层荧光激光雷达观测研究. 宋娟, 程学武, 杨国韬等. 空间科学学报, 第 25 卷第 6 期. 2005

审查员 秦一帆

[74] 专利代理机构 武汉荆楚联合知识产权代理有限公司

代理人 王 健

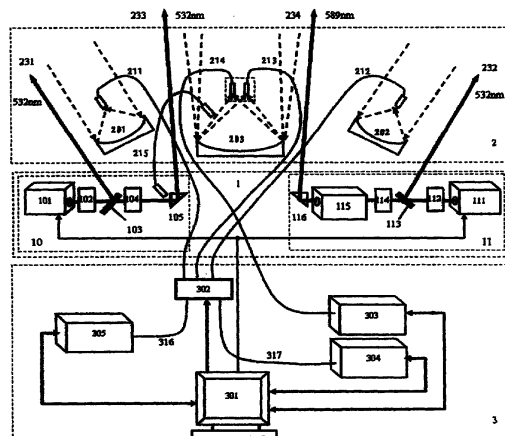
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达

[57] 摘要

本发明公开了一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达, 由激光发射(1)、光学接收(2)、信号检测(3)三部分组成。该雷达将瑞利散射激光雷达、钠层荧光激光雷达和瑞利测风激光雷达有机融合在一起, 使硬件资源得到综合利用, 实现用一台激光雷达对中高层大气的密度、温度、波动和风场多种参数的全天时探测。本激光雷达采用三向固定收发、光纤开关切换、单通道单边缘风场检测、发射激光和回波鉴频频率联锁于分子跃迁, 以及原子滤光或复合滤光、两次倍频余光复用、双光纤焦面分光、脉冲染料激光原子稳频等关键技术, 使之具有工作稳定可靠、探测精度高、自动化程度高, 以及探测参数多、探测时间长等优点。



1、一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，该激光雷达由激光发射部分(1)、光学接收部分(2)、信号检测部分(3)三部分组成，其特征在于，激光发射部分(1)由第一激光发射装置(10)和第二激光发射装置(11)两部分组成；第一激光发射装置(10)由第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器(101)、第一倍频器(102)、第一分光器(103)、第二倍频器(104)和第一棱镜(105)组成，并按此顺序依次排列；第一分光器(103)反射的第一激光束(231)与第一斜向望远镜(201)的光轴平行，第一棱镜(105)折射的第三激光束(233)与主望远镜(203)的光轴呈  $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$  夹角；第二激光发射装置(11)由第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器(111)、第三倍频器(112)、第二分光器(113)、第四倍频器(114)、原子稳频脉冲染料激光器(115)和第二棱镜(116)组成，并按此顺序依次排列；第二分光器(113)反射的第二激光束(232)与第二斜向望远镜(202)的光轴平行，第二棱镜(116)折射的第四激光束(234)方向相对于主望远镜(203)的光轴与第三激光束(233)对称；

光学接收部分(2)由三台接收望远镜和四根光纤组成；主望远镜(203)的光轴竖直向上，第一斜向望远镜(201)与第二斜向望远镜(202)光轴都与主望远镜(203)光轴呈  $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$  相同夹角，且两斜向望远镜光轴的水平面投影成  $90^{\circ}$  夹角；第一光纤(211)的一端放置于第一斜向望远镜(201)的焦点处，第二光纤(212)的一端放置于第二斜向望远镜(202)的焦点处，第三光纤(213)的一端放置于第三激光束(233)回波光在主望远镜(203)的远场焦点处，上述三条

光纤的另一端连接光纤开关(302)的输入端；第四光纤(214)的一端放置于第四激光束(234)回波光在主望远镜(203)的远场焦点处，另一端连接钠层荧光检测通道(303)的输入端；

信号检测部分(3)由计算机(301)、光纤开关(302)、钠层荧光检测通道(303)、瑞利散射检测通道(304)和瑞利风场检测通道(305)组成；

钠层荧光检测通道(303)获得的钠层荧光回波信号，通过数据线传送给计算机(301)；光纤开关(302)将第一光纤(211)、第二光纤(212)和第三光纤(213)轮流连接到第六光纤(316)，再输入到瑞利风场检测通道(305)的输入端，瑞利风场检测通道(305)的输出信号通过数据线传送给计算机(301)；第三光纤(213)在没有连通到第六光纤(316)时，连通到第七光纤(317)，再输入到瑞利散射检测通道(304)的输入端，瑞利散射检测通道(304)的输出信号通过数据线传送给计算机(301)；

计算机输出的同步信号连接到第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器(101)、第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器(111)、钠层荧光检测通道(303)、瑞利风场检测通道(305)和瑞利散射检测通道(304)。

2、根据权利要求 1 所述的一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，其特征在于，第五光纤(215)的一端斜对第一棱镜(105)的入射光一侧，另一端斜对主望远镜(203)的接收面。

3、根据权利要求 1 所述的一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，其特征在于，所述的原子稳频脉冲染料激光器(115)输出的 589nm 激光频率锁定在钠原子的共振线上，钠层荧光检测通道(303)的滤光器采用钠原子滤光器。

4、根据权利要求 1 所述的一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，其特征在于，所述光学接收部分(2)的三台接收望远镜中的一台或者两台或者三台采用组合式接收望远镜。

5、根据权利要求 1 所述的一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，其特征在于，所述瑞利散射检测通道(304)和瑞利风场检测通道(305)中的复合滤光器采用干涉滤光器或双折射滤光器。

## 一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达

### 技术领域:

本发明涉及激光雷达,尤其涉及对中高层大气密度、温度、波动和风场多参数综合探测的激光雷达。

### 背景技术:

中高层大气多参数的综合探测在空间物理、大气科学、空间环境预报等方面有重要意义。激光雷达以其高时空分辨率、高探测灵敏度,可实现准连续探测,而且不存在大气探测盲区等独特优势,已成为对中高层大气多种参数探测的不可替代的重要手段。目前对 20Km 以上中高层大气的探测,利用瑞利散射机制的激光雷达可实现对大约 20~80Km 大气的密度、温度、波动等参数的探测,及对大约 20~60Km 风场的探测;利用原子共振荧光增强机制(如高空钠层、钾层等)的激光雷达可实现对 80~110Km 原子密度、波动(低分辨率)和风场(高分辨率)的激光雷达探测。

目前,实现对上述多种大气参数探测的方法通常是采用多台不同类型激光雷达同时运行,这显然不是一种经济有效的方法。为了能用尽可能少的硬件设备探测到尽可能多的大气参数,申请人通过两次倍频余光复用、双光纤焦面分光等技术,将瑞利散射和钠层荧光两种机制有机地融入一台激光雷达中(专利号:ZL00115964.X),实现了对 20~110Km 的密度、温度和波动的综合探测(文献:《中国激光》2006 第 33 卷第 5 期 601~606 页)。

此后，申请人继德国和美国之后，采用了原子滤光技术，结合申请人提出的脉冲染料激光器钠原子智能稳频技术(专利申请号：200510019816.X)，实现了在白天也能进行中高层大气探测的全天时探测效果(文献：《中国科学G》2007,37(1):1~7)。但是，此项发明尚缺少对风场探测的功能。

实现高空大气风场探测具有重要的意义。风场探测的激光雷达通常是基于多普勒频移探测机制，利用相干检测或直接检测方式，获得回波光的多普勒频移量，由此推算出风场。相干检测方式适合于气溶胶含量较高、散射回波光较强的低空米氏散射；直接检测方式在原理上对强、弱散射回波光均可，既适合于20Km以下的低空米氏散射，又适合于20Km以上的高空瑞利散射。直接检测方式又分边缘检测型和环纹成像型两种(文献：APPLIED OPTICS, Vol. 38, No. 27, p5859-5866, 1999)，前者如美国Goddard空间飞行中心激光雷达和法国OHP的激光雷达，后者如Michigan大学激光雷达。为获得空间的风场矢量，需要探测三个方向的风场分量，通常有两种方法：一是采用一套激光发射装置，三方向轮流发射，三台望远镜固定接收；二是采用一套激光发射，一套望远镜接收，收发同步偏转。分时对三方向轮流探测风速分量，经矢量合成，获得风速矢量。这两种方法设备少，但技术复杂，特别是系统偏转的操作难度大，探测方向转换时间长，高空收发精确匹配困难，导致运行可靠性不高。

#### **发明内容：**

本发明提出一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，将瑞利散射激光雷达、钠层荧光激光雷达和瑞利测风激光雷达有机融合在一起，采用两台 Nd:YAG 激光器和一台染料激光器，产生双波长、四光束稳频激光，

按三方向固定发射和接收：竖直方向采用 532nm 和 589nm 两束激光发射和接收，实现瑞利散射、竖直风场和钠层荧光探测；两倾斜方向均采用一束 532nm 激光发射和接收，实现倾斜方向的风场探测；三方向回波光采用光纤开关切换、轮流鉴频，获得高空风场信息。实现了对中高层大气密度、温度、波动和风场的探测。

为了达到上述目的，本发明采用如下技术方案：

本发明由激光发射、光学接收和信号检测三部分组成。采用两台种子注入稳频的 Nd:YAG 激光器，分别经两次倍频获得四束 532nm 激光，其中一束经染料激光器转换为 589nm 激光，然后将此 589nm 激光和另外的三束 532nm 激光，分三方向发射：竖直方向发射一束 532nm 和一束 589nm 激光，经主望远镜接收和双光纤焦面分光，分别将 532nm 和 589nm 回波光送入瑞利散射检测通道和钠层荧光检测通道，获得含有密度、温度、波动信息的数据；两倾斜方向分别发射一束 532nm 激光，经斜向望远镜接收，连同竖直方向的 532nm 回波光信号轮流送入瑞利风场检测通道，获得三方向风场分量信息的数据。实现对中高层大气的密度、波动、温度和风场的同时探测。具体分述如下：

#### **激光发射部分：**

激光发射部分的激光源采用两台种子注入稳频的 Nd:YAG 激光器，两台激光器输出的 1064nm 的激光分别经两次倍频余光复用的方法（专利：ZL 00115964.X）获得四束 532nm 激光，其中一束 532nm 激光泵浦染料激光器，产生 589nm 激光，然后将此 589nm 激光和另外的三束 532nm 激光，分三方向发射：竖直方向发射 532nm 和 589nm 双波长激光，两光束与主望

远镜光轴呈  $1\sim 5^\circ$  夹角对称分布；两倾斜方向分别发射一束 532nm 激光，其方向与竖直 532nm 光束呈  $30\sim 50^\circ$  夹角，且两斜向光束的水平面投影成  $90^\circ$  夹角。

上述产生 589nm 激光的脉冲染料激光器采用钠原子智能稳频技术(专利号：200510019816.x)，将 589nm 激光频率锁定在钠原子的共振线上；532nm 激光采用碘分子稳频的连续波种子注入稳频技术(文献：Corrected and calibrated  $I_2$  absorption model at frequency-doubled Nd:YAG laser wavelengths, Applied Optics, 1997, 36(27): 6729~6738)，将三束 532nm 激光频率锁定在碘分子的共振线上。

#### 光学接收部分：

光学接收部分由三台接收望远镜和四根光纤组成。主望远镜光轴竖直向上，在两回波光的远场焦点处分别放置一根接收光纤，分别接收竖直方向的 589nm 和 532nm 回波光信号；两个斜向望远镜光轴与斜向发射激光束平行或同轴，在两个斜向望远镜的焦点处各放置一根接收光纤，分别接收两个倾斜方向的 532nm 回波光信号。三台接收望远镜与三束 532nm 激光束一起构成三个方向固定收发系统，用以探测三个方向风场信息。与一套激光发射与接收、收发同步偏转、三方向轮流探测的方式相比，易于操作、运行稳定可靠。

#### 信号检测部分：

信号检测部分包括光纤开关、计算机、钠层荧光检测通道、瑞利风场检测通道和瑞利散射检测通道。

**钠层荧光检测：** 竖直方向 589nm 的回波光信号经光纤送入钠层荧光检



测通道，经钠原子滤光和光电探测等，获得 80~110Km 高空钠层共振荧光的激光雷达回波信号，以及 20~60Km 高空大气瑞利散射的激光雷达回波信号，这些信号包含了 20~60Km 高空大气的密度、温度和波动信息，以及 80~110Km 高空钠层相对密度和波动信息。

由于脉冲染料激光器采用智能稳频的方法将 589nm 激光锁定在钠原子的共振线上，而在钠层荧光检测通道中采用了超窄带宽的钠原子滤光器，两者工作在相同原子的相同跃迁谱线上，因此两者具有频率一致性。而钠原子滤光器的滤光带宽比干涉滤光器窄约 2~3 个量级，具有高性能的背景光抑制能力，使得钠层荧光检测通道可以实现在白天也能单光子探测的全天时探测效果。

**瑞利风场检测：**将三个方向的 532nm 回波光信号，经光纤开关分时切换，送入瑞利风场检测通道，经复合滤光、回波光鉴频和光电探测等，获得三个方向的激光雷达回波信号，这些信号包含了 20~60Km 高空大气的风场信息。

采用光纤开关实现三方向回波光分时检测：光纤开关有三路输入两路输出，三个方向的 532nm 回波光信号分别经光纤输入光纤开关，输出的两根光纤分别连接瑞利风场检测通道和瑞利散射检测通道。光纤开关分别将三个方向的 532nm 回波光信号轮流切换，三个回波光分时连接到瑞利风场检测通道，切换时间可以达到秒的量级，从天气变化的时间尺度上看，三个方向回波频移信息的获取已达到准同时。这种光纤切换方式，与三方向旋转接收方式相比，信号切换速度快、运行稳定可靠。将三路回波光信号共用一套风场检测通道的方法，风场检测一致性好、节省硬件资源。

发射激光频率和接收回波光鉴频标准具频率的稳定性和一致性将直接影响风场测量的精度，本发明的发射激光频率采用碘分子稳频种子注入的方式，将发射的 532nm 激光锁定在碘分子的共振线上，保证了发射激光的频率稳定性；接收回波光鉴频标准具也采取稳频措施：以发射 532nm 激光为频率标准，采用差频锁定的方法，将鉴频标准具的透射峰锁定在无多普勒频移瑞利回波光光谱的斜边上。这样既保证了鉴频标准具的频率稳定性，又保证了发射激光与接收鉴频频率的相对一致性，使得系统具有较高的风场测量精度。

在回波光鉴频方面，本发明采用标准具单边缘鉴频方式：锁定频率位置的鉴频标准具，透射光强将随着回波光多普勒频移的变化而变化，经光电转换获得带有风场信息的电信号。这种单边缘鉴频的方式，与双边缘鉴频相比，结构简单、节省硬件资源。

此外，在瑞利风场检测通道中还采用复合滤光技术以增加其白天探测能力。复合滤光是采用窄带滤光片与F-P标准具相结合的方式(文献：APPLIED OPTICS, Vol. 22, No. 23, p3716-3724, 1983)，以发射532nm激光为频率基准，将复合滤光器的透射峰锁定在激光谱线上，保证了复合滤光频率和发射激光频率的一致性。复合滤光器的总透射带宽为标准具的一个透射峰的带宽，比单纯使用干涉滤光片窄约2个量级，这样可以有效的抑制背景光的干扰，达到白天也能进行光子接收探测的全天时探测效果。

**瑞利散射检测：** 竖直方向接收到的 532nm 瑞利回波光信号只有一部分时间被风场检测通道利用，剩余时间可以经光纤送入瑞利散射检测通道，经复合滤光和光电探测等，获得 20~80Km 高空大气的瑞利散射激光雷达

回波信号，此信号含有 20~80Km 高空大气的密度、温度和波动信息。本通道中也采用复合滤光技术：瑞利散射检测通道以其接收到的 532nm 激光作为频率标准，将复合滤光器透射峰锁定在该激光频率上，实现自适应稳频的窄带复合滤光。以达到白天也能进行光子接收探测的全天时探测效果。

**计算机：**计算机实现对整体系统的控制、数据的获取和信息处理：一是发出同步信号，触发两台激光器产生激光脉冲，与此同时触发三个接收检测通道进行同步数据采集；二是对瑞利散射检测通道、钠层荧光检测通道和瑞利风场检测通道所采集的数据进行存储和反演，最终得到中高层大气的密度、温度、波动和风场。

从上述三个检测通道所获得的激光雷达回波数据中反演出大气的密度、温度、波动和风场的方法，为本领域普通技术人员所公知。

**本发明的优点和效果：**

本发明提出的一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达，将三种激光雷达有机融合在一起，只用两台固体激光器和一台染料激光器，便实现除了能在夜间进行 20~80Km 高空大气的密度、温度、波动和 20~60Km 的风场、以及 80~110Km 钠层相对密度和波动探测外，还能在白天进行 20~50Km 高空大气的密度、温度、波动和 20~40Km 的风场、以及 80~110Km 钠层相对密度和波动探测。硬件资源充分得到综合利用；采用光纤开关对激光雷达回波光轮流切换，切换方式简单易行，运行可靠性高，切换速度快，达到秒级准同时探测；采用一套频移检测系统对三向回波的分时检测，检测一致性好，节省硬件资源；用碘分子同时锁定发射激光和鉴频标准具，并采用单边缘鉴频技术，以简单的结构有效地提高了瑞利风场测量精度；

将复合滤光与碘分子激光稳频、钠原子滤光与钠原子激光稳频相结合，使系统既具有较强的背景光抑制能力又具有较强的收发频率一致性；发射激光器、复合滤光器和鉴频标准具都采用了频率自动锁定技术，系统运行自动化程度高、长期稳定性好；达到多项参数同时长时间、稳定的、全天时探测的效果。

### 附图说明：

图 1 为一种综合型多功能中高层大气探测激光雷达结构示意图。

其中：1 激光发射部分、10 第一激光发射装置、11 第二激光发射装置、101 第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器、102 第一倍频器、103 第一分光器、104 第二倍频器、105 第一棱镜、111 第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器、112 第三倍频器、113 第二分光器、114 第四倍频器、115 原子稳频脉冲染料激光器、116 第二棱镜、231 第一激光束、232 第二激光束、233 第三激光束、234 第四激光束；

2 光学接收部分、201 第一斜向望远镜、202 第二斜向望远镜、203 主望远镜、211 第一光纤、212 第二光纤、213 第三光纤、214 第四光纤、215 第五光纤；

3 信号检测部分、301 计算机、302 光纤开关、303 钠层荧光检测通道、304 瑞利散射检测通道、305 瑞利风场检测通道、316 第六光纤、317 第七光纤。

### 具体实施方式：

#### 实施例 1

综合型多功能中高层大气探测激光雷达由激光发射部分 1、光学接收

部分 2 和信号检测部分 3 组成。

### 激光发射部分 1:

激光发射部分 1 由第一激光发射装置 10 和第二激光发射装置 11 两部分组成。

第一激光发射装置 10 由第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 101、第一倍频器 102、第一分光器 103、第二倍频器 104 和第一棱镜 105 组成, 并按此顺序依次排列; 第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 101 输出的 1064nm 激光, 经第一倍频器 102 产生 532nm 激光, 通过第一分光器 103 将 532nm 激光和剩余的 1064nm 激光按波长分光, 将反射的 532nm 第一激光束 231 发射出去, 发射方向与第一斜向望远镜 201 的光轴平行, 从第一分光器 103 透射的 1064nm 激光经第二倍频器 104 产生 532nm 激光, 经第一棱镜 105 折射后, 将 532nm 的第三激光束 233 发射出去, 发射方向与主望远镜 203 的光轴呈  $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$  夹角。

第二激光发射装置 11 由第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 111、第三倍频器 112、第二分光器 113、第四倍频器 114、原子稳频脉冲染料激光器 115 和第二棱镜 116 组成, 并按此顺序依次排列; 第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 111 输出的 1064nm 激光, 经第三倍频器 112 产生 532nm 激光, 通过第二分光器 113 将 532nm 激光和剩余的 1064nm 激光按波长分光, 将反射的 532nm 第二激光束 232 发射出去, 发射方向与第二斜向望远镜 202 的光轴平行, 从第二分光器 113 透射的 1064nm 激光经第四倍频器 114 产生 532nm 激光, 入射到原子稳频脉冲染料激光器 115, 产生 589nm 稳频激光, 经第二棱镜 116 折射, 将 589nm 的第四激光束 234 发射出去, 其发射方向

相对于主望远镜 203 的光轴与第三激光束 233 对称。

上述的两个种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 101 和 111,以碘分子谱线作为稳频基准,采用连续波种子注入稳频的方法(文献: Applied Optics, 1997, 36(27): 6729~6738),将三束 532nm 激光锁定在碘分子的共振线上;上述的原子稳频脉冲染料激光器 115,以钠原子谱线作为稳频基准,采用智能稳频的方法(专利号: 200510019816.X),将其输出频率锁定在钠原子的共振线上。

### **光学接收部分 2:**

光学接收部分 2 由三台接收望远镜和四根光纤组成。主望远镜 203 的光轴竖直向上,第一斜向望远镜 201 和第二斜向望远镜 202 光轴都与主望远镜 203 光轴呈相同的  $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$  夹角,且两斜向望远镜光轴的水平面投影成  $90^{\circ}$  夹角,三台望远镜和三束 532nm 发射激光一起构成三向固定收发方式。

第一光纤 211 的一端放置第一斜向望远镜 201 的焦点处,第二光纤 212 的一端放置第二斜向望远镜 202 的焦点处,第三光纤 213 的一端放置 532nm 第三激光束 233 回波光在主望远镜 203 的远场焦点处,上述三条光纤的另一端连接光纤开关 302 的输入端;第四光纤 214 的一端放置在 589nm 第四激光束 234 回波光在主望远镜 203 的远场焦点处,另一端连接钠层荧光检测通道 303 的输入端;上述光纤一端的光轴均与其所放置的望远镜光轴平行,分别接收发射激光束的远场回波光。

### **信号检测:**

信号检测部分 3 由计算机 301、光纤开关 302、钠层荧光检测通道 303、瑞利散射检测通道 304 和瑞利风场检测通道 305 组成。

**钠层荧光检测:** 第四光纤 214 将主望远镜 203 接收到的 589nm 回波光

信号连接到钠层荧光检测通道 303。在钠层荧光检测通道 303 中，589nm 回波光经光束准直透镜、窄带干涉滤光片、钠原子滤光器、光电探测器和数据采集器，获得 80~110Km 高空钠层共振荧光的激光雷达回波信号，以及 20~60Km 高空大气瑞利散射的激光雷达回波信号，通过数据线传送给计算机 301。其中，钠层荧光检测方法是本领域普通技术人员所公知的。

钠层荧光检测通道 303 中的超窄带宽钠原子滤光器，与原子稳频脉冲染料激光器 115 的钠原子谱线稳频相结合，一方面使发射和接收激光频率建立在相同的原子谱线上，实现了收发频率的一致性；另一方面利用钠原子滤光器的超窄带宽特性，实现了白天也能进行中高层大气探测的全天时探测能力。

**瑞利风场检测：**光纤开关 302 将第一光纤 211、第二光纤 212 和第三光纤 213 轮流连接到第六光纤 316，再输入到瑞利风场检测通道 305 的风场检测输入端。

在瑞利风场检测通道 305 中，532nm 回波光经光束准直透镜、复合滤光器、鉴频标准具、光电探测器和数据采集器，获得三个方向 20~60Km 的风场激光雷达回波信号，通过数据线传送给计算机 301。其中，瑞利风场检测方法和光纤开关的切换方法是本领域普通技术人员所公知的。

第五光纤 215 的一端斜对第一棱镜 105 的入射光一侧，收集一部分散射的 532nm 发射激光，另一端斜对主望远镜 203 的接收面，使散射的 532nm 发射激光通过镜面反射、第三光纤 213 传导和光纤开关 302 切换，进入瑞利风场检测通道 305，以此 532nm 激光作为频率标准，将复合滤光器的透射峰锁定在该激光频率上，实现自适应的窄带复合滤光；鉴频标准具以此

532nm 激光作为频率标准，采用差频锁定的方法，将鉴频标准具的透射峰锁定在无多普勒频移的瑞利回波光光谱的斜边上，以实现单边缘鉴频。其中，复合滤光器和鉴频标准具的频率锁定方法是本领域普通技术人员所公知的。

**瑞利散射检测：**第三光纤 213 在没有连通到第六光纤 316 时，由光纤开关 302 将其连通到第七光纤 317，将垂直方向的 532nm 激光回波连接到瑞利散射检测通道 304 的检测输入端，经光束准直透镜、复合滤光器、光电探测器和数据采集器，获得垂直方向的 20~80Km 的瑞利散射激光雷达回波信号，通过数据线传送给计算机 301。其中，瑞利散射检测方法是本领域普通技术人员所公知的。

瑞利散射检测通道 304 以其接收到的 532nm 激光作为频率标准，将其复合滤光器透射峰锁定在激光频率上，实现自适应稳频的窄带复合滤光。其中，复合滤光器的频率锁定方法是本领域普通技术人员所公知的。

计算机输出的同步信号连接到第一种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 101、第二种子注入稳频 Nd:YAG 激光器 111、钠层荧光检测通道 303、瑞利风场检测通道 305 和瑞利散射检测通道 304，实现发射激光与接收检测的同步进行。

从上述三个检测通道所获得的激光雷达回波数据中反演出大气的密度、温度、波动和风场的方法，是本领域普通技术人员所公知的。

## 实施例 2

实施例 1 中的三台接收望远镜中的一台或者两台或者三台采用组合式接收望远镜。



### 实施例 3

实施例 1 或者实施例 2 中的钠层荧光通道 303 的原子滤光器采用干涉滤光器或双折射滤光器。

### 实施例 4

实施例 1 或者实施例 2 中的瑞利散射通道 304 和瑞利测风通道 305 的复合滤光器采用干涉滤光器或双折射滤光器。

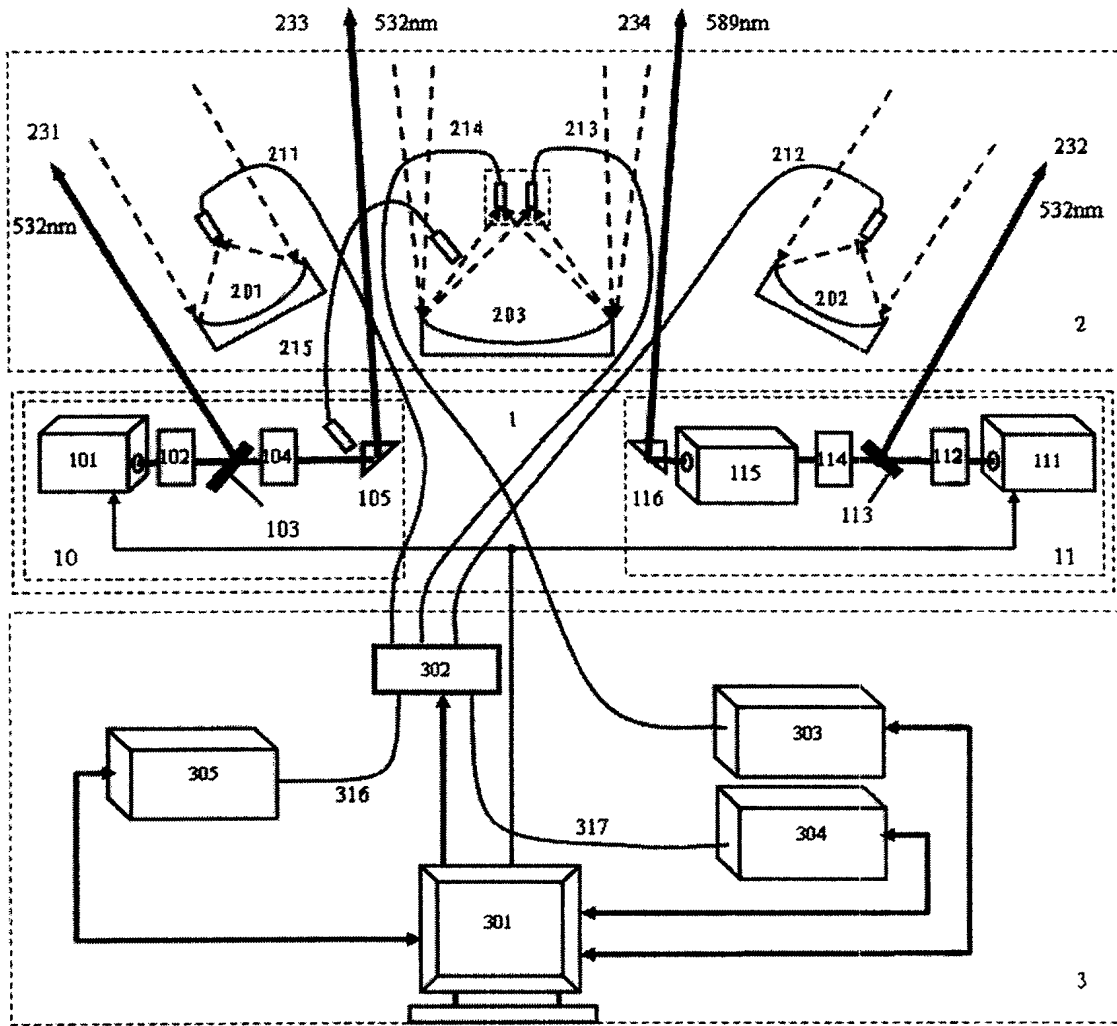


图 1