

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01N 21/39 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610040630.7

[43] 公开日 2006年10月25日

[11] 公开号 CN 1851447A

[22] 申请日 2006.5.18

[21] 申请号 200610040630.7

[71] 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所  
地址 230031 安徽省合肥市 1125 信箱

[72] 发明人 刘文清 张玉钧 司福祺 崔益本  
阚瑞峰 蔡毅敏

[74] 专利代理机构 合肥华信专利商标事务所  
代理人 余成俊

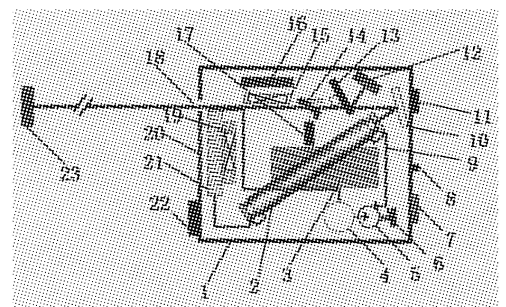
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

### [54] 发明名称

基于激光光谱法的高灵敏 SF<sub>6</sub> 大范围监测仪

### [57] 摘要

本发明公开了一种基于激光光谱法的高灵敏 SF<sub>6</sub> 大范围监测仪，包括有机箱，机箱上安装有电源插座，开关，机箱内安装有数据处理模块，其特征在于机箱底面上安装有二氧化碳激光器及其电源、冷凝水系统，二氧化碳激光器的出光口前安装有反射镜，在二氧化碳激光器发出的激光经该反射镜反射的光路中，安装有一个电机驱动的斩波器，经反射镜反射的激光束经过斩波器上的缺口射出者，再经过机箱上的出光口，到达安装在机箱外的激光原始光强探测器接收；经反射镜反射的激光束经转盘上的金属膜反射后的光路中，安装有气体吸收后的光强探测器。真正做到了高精度(1ppm 变化)、量化、长寿命、大面积的 SF<sub>6</sub> 连续实时在线监测。



- 1、基于激光光谱法的高灵敏 SF6 大范围监测仪，包括有机箱，机箱上安装有电源插座，并关，机箱内安装有数据处理模块，其特征在于机箱底面上安装有二氧化碳激光器及其电源、冷凝水系统，冷凝水系统包括有水箱、水泵、压力阀、冷凝水循环管，二氧化碳激光器的出光口前安装有反射镜，在二氧化碳激光器发出的激光经该反射镜反射的光路中，安装有一个电机驱动的斩波器，斩波器为一表面镀有金属膜的转盘，转盘上有缺口，经反射镜反射的激光束经过转盘上的缺口射出者，再经过机箱上的出光口，到达安装在机箱外的激光原始光强探测器接收；经反射镜反射的激光束经转盘上的金属膜反射后的光路中，安装有光强探测器，机箱侧壁上有排气孔，排气孔一侧安装有散热器和风扇。
- 2、根据权利要求 1 所述的监测仪，其特征在于所述的经反射镜反射的激光束经过转盘上的缺口和机箱上的通光孔之间的光路中，安装有一个可以转动的反射镜，该反射镜镜面下方安装有半导体激光器，该反射镜转动至和光路呈 45 度角时，其二者的交汇处正下方为半导体激光器的出光口。
- 3、根据权利要求 1 所述的监测仪，其特征在于所述的激光器电源一侧安装有风扇。
- 4、根据权利要求 1 所述的监测仪，其特征在于所述的光强探测器为热释电探测器。

## 基于激光光谱法的高灵敏 SF6 大范围监测仪

### 技术领域

本发明属于一种气体的激光测量仪器，具体是一种基于激光光谱法的高灵敏 SF6 大范围监测仪器。

### 背景技术

六氟化硫是一种几乎完全绝缘的材料。这种看不见的气体是惰性的、无毒的、不可燃的，密度比空气大 5 倍。由于其化学和物理特性的独特结合，SF<sub>6</sub> 适于数种专业用途。其主要用途是作为组合电器 (GIS)，高压电气开关包括断路器在内的一种绝缘气体。但由于 SF<sub>6</sub> 分解会产生有毒物质，如：氟化亚硫酸，二氧化硫以及 SF<sub>4</sub>、SF<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>、HF 等，当工人在存在这种气体泄漏的场合工作时会引起中毒。因此监测 SF<sub>6</sub> 的泄漏对于工作人员的安全也是必不可少的。

SF<sub>6</sub> 还是一种非常重要的温室气体，因为它在某些波长能有效地吸收红外能量，而且其寿命非常长（预测估计约为 3200 年。官方气候变化专家小组估计，SF<sub>6</sub> 使地球变暖因素的势能按每分子比较，可能要比 CO<sub>2</sub> 这种主要集中在大气中层的温室气体势能大 23900 多倍。在 1997 年的京都高级会议上，SF<sub>6</sub> 是 6 种作为减少排放的温室气体类型之一。在全球变暖潜在可能性的基础上，由美国做出并与其他 150 多个国家同意的温室气体分析，指出至 2012 年 SF<sub>6</sub> 气体将占温室气体减少排放成分的 14%。

电网运行规程规定，在设备投运前和运行中都必须对 SF6 气体的密度和含水量进行检测。随着科学技术的发展，在电力行业，目前国内外市场上现有的针对 SF6 电器设备内的 SF6 气体状况监测的一些设备的监测方法，基本采用传统的化学传感器方式监测 SF6 浓度。

目前，国内的 SF6 气体监测多数是基于电化学传感器的点式测量，由于电化学传感器普遍具有稳定性差、易中毒以及无法避免其它气体的干扰等缺点，因此国内外开展了基于激光光谱法的 SF6 气体泄漏检测的研究。

## 发明内容

本发明提出一种基于激光光谱法的高灵敏 SF6 大范围监测仪, 利用 SF6 在 10.5 和 10.6 $\mu\text{m}$  附近的强吸收线波长与 CO<sub>2</sub> 的 P(16) 和 P(18) 激光谱线重合这一特性, 实现对 SF6 无干扰的高灵敏度测量。

本实用新型的技术方案如下:

基于激光光谱法的高灵敏 SF6 大范围监测仪, 包括有机箱, 机箱上安装有电源插座, 并关, 机箱内安装有数据处理模块, 其特征在于机箱底面上安装有二氧化碳激光器及其电源、冷凝水系统, 冷凝水系统包括有水箱、水泵、压力阀、冷凝水循环管, 二氧化碳激光器的出光口前安装有反射镜, 在二氧化碳激光器发出的激光经该反射镜反射的光路中, 安装有一个电机驱动的斩波器, 斩波器为一表面镀有金属膜的转盘, 转盘上有缺口, 经反射镜反射的激光束经过转盘上的缺口射出者, 再经过机箱上的出光口, 到达安装在机箱外的激光原始光强探测器接收; 经反射镜反射的激光束经转盘上的金属膜反射后的光路中, 安装有光强探测器, 机箱侧壁上有排气孔, 排气孔一侧安装有散热器和风扇。

所述的经反射镜反射的激光束经过转盘上的缺口和机箱上的通光孔之间的光路中, 安装有一个可以转动的反射镜, 该反射镜镜面下方安装有半导体激光器, 该反射镜转动至和光路呈 45 度角时, 其二者的交汇处正下方为半导体激光器的出光口。

所述的激光器电源一侧安装有风扇。

所述的光强探测器为热释电探测器。

本发明利用最新的中红外激光吸收光谱技术和开放式光路测量相结合实现对大范围的环境空气中 SF6 浓度进行实时遥测, 消除了环境空气中其它气体(尤其是水蒸气和二氧化碳)的干扰, 达到低于 ppm 量级的现场实时监测。从技术方法上克服了传统监测的灵敏度低、易受干扰、不能实现大范围连续实时监测以及成本高等缺点, 真正做到了高精度(1ppm 变化)、定量化、长寿命, 大面积的实时在线监测。

## 附图说明

图 1 是本发明结构示意图。

图 2 为斩波器结构示意图。

### 具体实施方式

参见图 1、图 2。

图中标号：1、机箱，2、二氧化碳激光器，3、数据采集处理模块，4、水箱，5、水泵，6、压力开关，7、激光器电源开关，8、激光器电流调节旋钮，9、激光器冷却水循环管，10、反射镜，11、激光器电流表，12、探测器，13、斩波器，14、可转动反射镜，15、风扇，16、激光器电源模块，17、650nm 半导体激光器，18、出光口，19、风扇，20、排气口，21、散热片，22、总电源插座，23、探测器。上述所涉及的部件（探测器 23 除外）均是安装在机箱 1 上。

本实用新型以波长 10.6 $\mu\text{m}$  的二氧化碳激光器 2 作为光源，为了减小仪器的体积，将 350mm 长的激光管成近似于 45 度放置在仪器机箱 1 内。在激光器出光口前面安装一个反射镜 10，改变激光器输出激光的方向为水平方向。然后利用斩波器 13 斩波，斩波器 13 如图 2 所示，斩波器 13 是镀有金属膜转盘，并由电机驱动，转盘上有出光的缺口，斩波器 13 是激光通过斩波器上的缺口、出光口 18 传输到安装在仪器外的探测器 23 上对外界环境中的 SF<sub>6</sub> 进行测量。当激光照射到转盘的镀金属膜部位时反射到达探测器 12，探测器 12 用于监测激光光强的变化。反射镜 14 转动安装在机箱内，可以转动至和二氧化碳激光器的激光输出的方向（水平）成 45 度角，与红光半导体激光器 17 相结合实现光路调节功能，半导体激光器 17 的出光口位于反射镜 14 与水平方向的激光红外光路交汇处的正下方；即，当反射镜 14 转动到与半导体激光器发出的红光激光成 45 度时，由红光半导体激光器 17 输出的激光正好与反射镜 14 成 45 度入射，经反射镜 14 反射后与入射光束垂直，与二氧化碳激光器 2 输出的红外激光同轴输出；因此通过可见光就可以将系统的安装光路调节好。二氧化碳激光器的高压电源模块 16，为二氧化碳激光器 2 提供瞬间高压和稳定的工作电流。风扇 15 为电源模块 16 提供冷却。直径为 20mm 的出光口 18，红外激光由此出射。激光器冷却循环水的散热片 21，位于机箱 1 侧壁上的排气口旁边，其另一侧安装有风扇 19，将从激光器 2 出来的循环冷凝水中的热量散发出去，保证循环冷凝水的温度在室温，从而保证激光器 2 的正常工作。仪器的电源插口 22。为了保证激光器 2 的正常工作，激光器 2 外接有水箱 4、水泵 5、压力开关 6、激光器冷却水循环管 9 构成的冷凝水系统，水箱 4 是一个直径 100mm，高 200mm 的聚四氟水桶，用于存储冷却

水,水泵 5 是一个流量为 5L/min,扬程为 1m 的流量泵,用来控制冷却水的循环;压力开关 6 是一个波纹管的压力传感器和压力开关,用来监测水的循环并控制激光电源,只有当冷却水循环管 9 中有足够的冷却水,并且流量泵正常工作时,水压力促使波纹管膨胀,波纹管伸长之后挤压压力开关,才接通激光器的电源,由此来保证只有在水循环正常的情况下才能够打开激光器正常工作,避免由于水循环故障导致激光器烧坏。

二氧化碳激光器 2 输出的激光经过测量区域之后经探测器 23 接收,探测器 12、23 均为热释电探测器,灵敏度为 20mv/mJ。根据探测器 12 (激光原始光强)和探测器 23 (气体吸收后的光强)信号比较,再通过不同浓度气体的标定,可以得到测量区间的 SF6 气体浓度。检测灵敏度低于 1ppm. m。

测量步骤:

长度为 350m 的商用二氧化碳激光器输出的 10.6um 波长的激光经反射镜 10 反射 (直径 20mm 的镀铝平面镜),被斩波器 13 斩成脉冲光束,其中斩波器如图 2 所示,由不锈钢板加工而成,当光束照射到 T 部分时将穿过斩波器,斩波器外径为 100mm,内径为 80mm,每个投射和反射部分分别占 60°,斩波器由 5V 直流输入的电机带动;透射的激光经过待测空间后到达探测器 23 (商用热释电探测器);当光束照射到 R 部分时被不锈钢板的表面反射到达探测器 12。

光路调节部分: 17 是波长为 650nm,输出功率为 10mW 的半导体激光器,经过可转动反射镜 14 (商用)反射,通过对激光器出射方向的调节使可见光和红外激光同轴,从而实现远距离探测时的光路调节。

信号处理: 探测器 12 得到的信号是反应没有被气体吸收时的原始激光光强  $I_0$ ,探测器 23 输出的信号为经过待测气体吸收的激光光强  $I$ ,经过两个信号的比较就可以得到测量光路中的 SF6 气体产生的吸收量。

物质对不同频率的电磁波有不同的吸收,当一束光强为  $I_0$  的平行光通过长度为  $L$  的吸收介质后,在接收端测得的强度为  $I$ ,遵循 Beer - Lambert 吸收定律:

$$I(\nu) = I_0(\nu) \exp(-c\sigma(\nu)L)$$

吸收系数  $\alpha$  可以通过 HITTRAN 数据库得到,将测量到的两路信号和系统的测量光路长度  $L$  代入上式就可以得到气体的浓度  $C$ 。

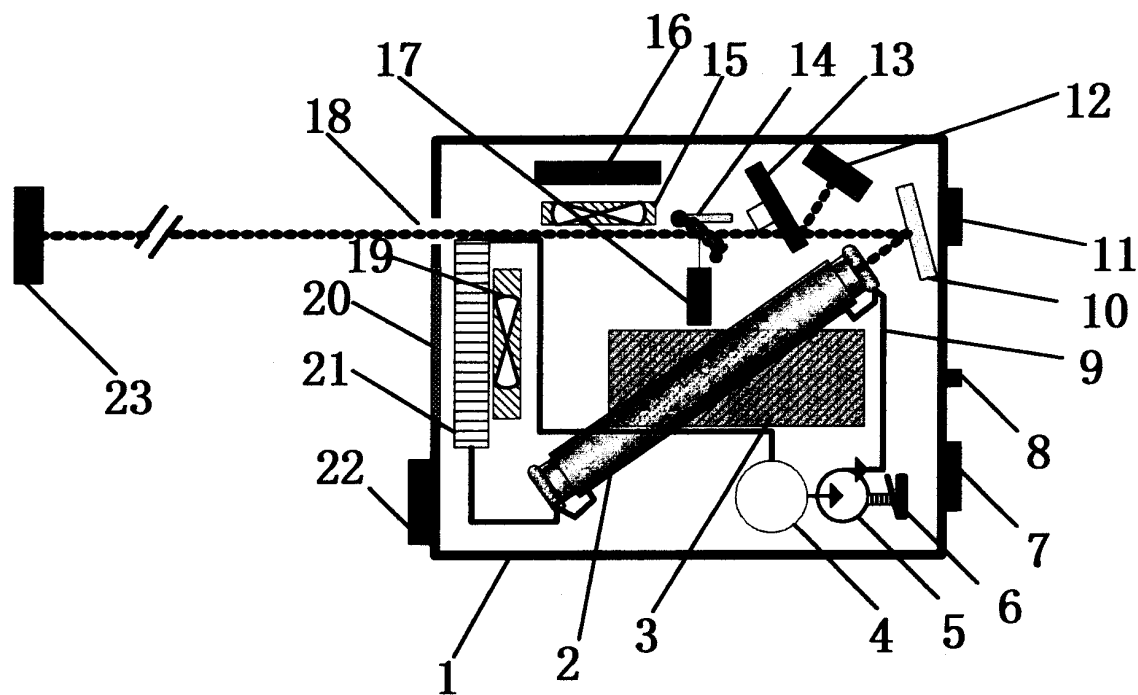


图 1

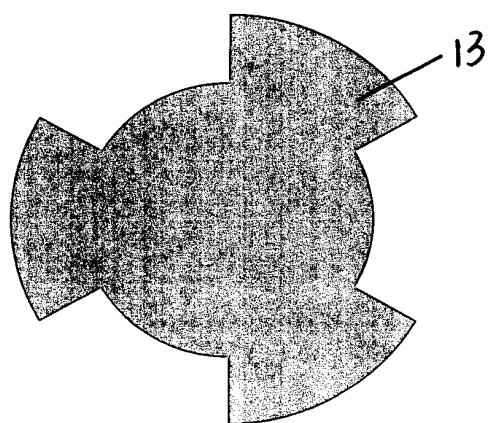


图 2