

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01L 23/06

[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 00234624.9

[45] 授权公告日 2001 年 2 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 2420635Y

[22] 申请日 2000.5.11 [24] 颁证日 2001.1.20
 [73] 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号
 [72] 设计人 秦伟平 吕少哲 黄世华
 王海宇 陈宝玖

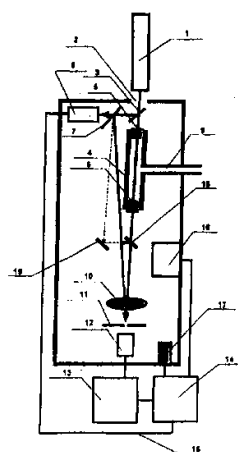
[21] 申请号 00234624.9
 [74] 专利代理机构 中国科学院长春专利事务所
 代理人 李恩庆

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 2 页

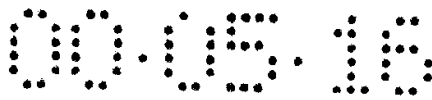
[54] 实用新型名称 相干激光气体压力变化高精度监测仪

[57] 摘要

本实用新型涉及一种利用激光相干叠加原理,通过测量两束激光相干强度在空间某一点变化的方法,根据气体压强与折射率的关系,监测光学气体腔压力变化的仪器。本实用新型的恒温箱内有分束器,此分束器在激光器和光学气体腔之间。通过连接管道、光学气体腔同被测系统联接。在分束器和激光输出强度探测器之间有另一分束器。在光学气体腔和激光干涉强度探测器之间,安装有狭缝。本实用新型适用于任何压强下的气压变化,测量范围大,测量精度高,可达毫帕斯卡数量级。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1、一种相干激光气体压力变化高精度监测仪，主要包括激光器（1），恒温箱，激光分束器（3），激光分束器（7），光学气体腔（4），激光输出强度探测器（8），激光干涉强度探测器（12），信号放大与模/数转换器（13），计算机及接口电路（14），连线（15），连接管道（9）等，其特征是分束器（3）在激光器（1）和光学气体腔（4）之间，分束器（3）和激光输出强度探测器（8）之间有分束器（7）；光学气体腔（4）与激光干涉强度探测器12之间有狭缝（11），光学气体腔（4）通过连接管道（9）同被测系统联接，光学气体腔（4）的两端安装有入射窗口（5）和出射窗口6；激光输出强度探测器（8）同计算机及接口电路（14），用连线（15）连接；信号放大与模/数转换器（13）同激光干涉强度探测器（12）连接，同时也与计算机及接口电路（14）相连；激光器（1）发出的激光经过激光入射窗口（2），由分束器（3）分束，分出的一束激光在分束器（7）上再次分束，分出的激光进入狭缝（11），透过的激光由激光输出强度探测器（8）接收，透过分束器（3）的激光经过入射窗口（5）进入光学气体腔（4），而后从出射窗口（6）射出后，至狭缝（11），在狭缝（11）处，同分束器（7）反射的激光干涉，由激光干涉强度探测器（12）接收。

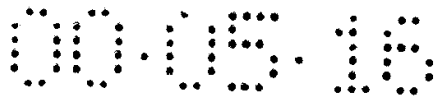
2、根据权利要求1所述的相干激光气体压力变化高精度监测仪，其特征是在光学气体腔（4）同狭缝（11）之间，放置一光学放大透镜（10）。

3、根据权利要求2所述的相干激光气体压力变化高精度监测仪，其特征是在光学气体腔（4）同光学放大透镜（10）之间放置分束器（1

8), 同时在分束器(18)的相应位置放置反射镜(19), 使从分束器(7)反射的激光, 经反射镜(19)反射, 在分束器(18)反射后, 与从出射窗口(6)出射的激光共线。

4、根据权利要求3所述的相干激光气体压力变化高精度监测仪, 其特征是在恒温箱内安装有温度调节器(16)和温度传感器(17), 并且同计算机及接口电路(14)相连接。

5、根据权利要求1所述的相干激光气体压力变化高精度监测仪, 其特征是光学气体腔(4)的入射窗口内表面镀有高反射膜(22), 并开有激光入射孔(26), 出射窗口(6)内表面镀有高反射膜(29), 并开有激光出射孔(32); 入射窗口(5)用法兰盖(20)同光学气体腔(4)的主体固定, 用密封胶圈(24)密封, 出射窗口(6)用法兰盖(31)同光学气体腔(4)的主体固定, 用密封胶圈(28)密封。



说 明 书

相干激光气体压力变化高精度监测仪

本实用新型属于测量仪器技术领域，涉及利用激光精确测出封闭体系气体压力变化的装置。根据光的相干叠加原理，通过测量两束激光的相干强度在空间上某一点变化的方法，根据气体压强与折射率的关系，读取体系的压力变化值，气体压力变化测量精度可达千分之一帕斯卡。

为了测定气体的压强变化，以往人们采用的是压强计、压力传感器等仪器设备。压强计是一种最简单，但精度最低的仪器，适用于精度不高压力测量。压力传感器较压强计精度高，但使用传感器测量压力变化的方法要达到1个帕斯卡的精度已经非常困难。另外，有些测量气压的方法可以达到非常高的压强分辨，比如对超高真空的测量，但它的测量范围是极为有限的。

本实用新型的目的是提供一种测量范围大，适用于任何压强下的气压变化，测量精度高，可以达到毫帕斯卡量级的相干激光气体压力监测仪。

本实用新型利用不同的压强下气体对在其中穿过的光束的折射率不同的原理，由一束穿过高压气体光学腔的激光束和另外一束没有穿过高压气体光学腔的激光束形成干涉的方法监测气体压强的变化。当高压气体光学腔内的气体压力发生变化时，小角度相交的两束激光在空间上某一点的相干强度就会随之而变。如果穿过高压气体光学腔的激光束的光程变化为一个波长（一般为几百纳米），空间上某一点的相干强度就会经历：亮—暗—亮这样一个过程，因此我们可以看到，用激光相干的方法测量气体压力的变化是具有非常高的分辨率的。

为了实现上述目的，本实用新型采用如下技术方案：

利用不同的气体在不同的气压和温度下对光的折射率不同的原理，通过延迟激光光束和非延迟激光光束间的干涉效应，测量空间上某一点的相干强度变化，得到光学气体腔以及与之相连的气体容器中的气压变化。在两束激光的夹角很小的情况下，相干条纹可以达到很宽的程度，相邻的两个相干条纹代表了两束光的光程差为一个波长的距离，比如我们使用 He-Ne 激光作为相干光源，则这样的光程差为 632.8 纳米；如果我们将两条纹间的强度分为 1000 个测试级别，则压强分辨可达 0.02 帕斯卡。如果我们采用 266 纳米的激光（YGA 四倍频谐波）对气体压强的监测精度可达百分之一帕斯卡；另外，如果我们在光学气体腔的两端窗口上加上反射层，并且使得光学气体腔的有效长度为 60 厘米，使入射的激光在光学气体腔中经过 N 次反射后射出，那么激光在光学气体腔中所经过的光程就为 $(N+1)$ 倍的光学气体腔长度，因此，可以将气体压力变化的测量精度提高 $(N+1)$ 倍。比如，我们同样用 He-Ne 激光作相干光源，并且使其在光学气体腔中反射 20 次，则气体压力变化的测量精度可达 1 个毫帕斯卡。当然，对于不同的充入气体、不同的光波波长以及不同的温度，高压气体的折射率变化不同，具体的气体压强变化测量精度要由这些参数而定。

以上所描述的系统，其气体压强变化精度测量取决于充入的气体、激光波长以及气体的温度，做到毫帕斯卡气体压强变化的准确监测是本实用新型的特色。本实用新型原则上适用于任何压强下的气体压力变化监测，特别是对压强比较大的情况更能显出其特色来。另外，上述的气体压强变化测量精度取决于光学气体腔的长度、激光束在光学气体腔中的往返次数、激光器的输出稳定性、测量狭缝的宽度、激光探测器的测量精度、温度恒定精度等众多因素。在光学高压气体腔的长度为 60 厘米，充入气体（氮气）的压力为 10 个大气压。相干激光波长为 632.8 纳米，激光在光学气体腔内往返 50 次，测量相干强度的狭缝为 200 微米，温度控制精度为 0.01 摄氏

度时，本实用新型可以分辨的最小气体压强变化为 1 个毫帕斯卡。

下面结合附图和实施例对本实用新型做进一步详细的描述。

图 1 是本实用新型的结构示意图。

图中 1—输出强度高度稳定的激光器；2—恒温箱的入射窗口；3—激光分束器；4—光学气体腔；5—光学气体腔的入射窗口；6—光学气体腔的出射窗口；7—激光分束器；8—激光输出强度探测器；9—光学气体腔与其它高压气室（需要监测气压变化）的连接管道；10—光学放大透镜；11—可调节宽度的狭缝；12—激光干涉强度探测器；13—信号放大与模/数转换器；14—计算机及接口电路；15—激光输出强度探测器 8 与计算机接口 14 连线；16—温度调节器；19—光学全反镜；18—光学分束器；17—温度传感器。

图 2 是本实用新型的核心部件具有内部光反射功能的光学气体腔 4 的结构示意图。

图中 20—法兰盖；22—入射窗口 5 内表面镀的高反射膜；23—入射激光；24—入射窗口 5 的密封胶圈；26—在入射窗口 5 内表面镀的高反射膜 22 上开的激光入射孔；28—激光出射窗口的密封胶圈；29—出射窗口 6 内表面镀的高反射膜；31—法兰盖；32—在出射窗口 6 内表面镀的高反射膜 29 上开的激光出射孔；33—出射激光。

本实用新型的恒温箱内有一分束器 3，分束器 3 在激光器 1 和光学气体腔 4 之间。通过连接管道 9，光学气体腔 4 同被测系统联接。在分束器 3 和激光输出强度探测器 8 之间有一分束器 7。在光学气体腔 4 和激光干涉强度探测器 12 之间，有一狭缝 11。温度调节器 16 和温度传感器 17，固定在恒温箱适当位置。

本实用新型的光学气体腔 4 的入射窗口 5 内表面镀有高反射膜 22，在高反射膜 22 上开一个激光入射孔 26，出射窗口 6 的内表面镀有高反射膜

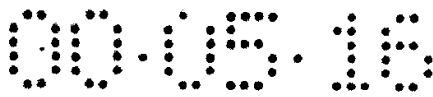
29, 在高反射膜 29 上开一个激光出射孔 32。入射窗口 5 用法兰盖 20 同光学气体腔 4 的主体固定, 用密封胶圈 24 密封。出射窗口 6 用法兰盖 31 同光学气体腔 4 的主体固定, 用密封胶圈 28 密封。

为了提高测量精度, 本实用新型使干涉条纹间的空间距离比较大, 可在狭缝 11 的前方放置一个光学放大透镜 10。

本实用新型可以在光学气体腔 4 和光学放大透镜 10 之间放入一个分束器 18, 同时在分束器 18 相对应的位置放置一个反射镜 19, 使得从分束器 7 反射的激光, 经反射镜 19 反射, 在分束器 18 反射后, 与从出射窗口 6 出射的激光共线。

本实用新型的具体工作原理和过程如下: 由激光器 1 发出的相干激光束经由恒温箱的激光入射窗口 2 由分束器 3 进行分光, 在本实施例中我们选用 He-Ne 激光器或半导体激光器作为相干光源, 并可以考虑加入倍频器件而利用其谐波。分出的激光束照射在分束器 7 上再一次进行分束。透过分束器 7 的激光照在激光强度探测器 8 上。本实施例的激光强度探测器选用光电倍增管或光电二极管或光电池。由分束器 7 反射的激光束通过光学放大透镜 10 照射在狭缝 11 上 (图中实线) 或经由反射镜 19 和分束器 18 形成与另外一束激光共线, 从而形成两束激光间的干涉。穿过分束器 3 的激光束通过光学气体腔 4 入射窗口 5 上的小孔 26 进入光学气体腔 4 内, 并在入射窗口 5 的内表面高反膜 22 和出射窗口 6 的内表面高反膜 29 之间形成多次反射。

本实施例设计的激光往返次数为 45 次, 最后, 经过多次反射的激光束通过出射小孔 32 射出, 并经过光学放大透镜 10 照射在狭缝 11 上。为了提高测量的精度, 使干涉条纹间的空间距离比较大, 可在狭缝 11 的前方放置一个光学放大透镜 10, 使放大后干涉条纹成象在狭缝 11 上。光学放大透镜 10 的作用在于将两束激光所形成的干涉图象放大后照射在



狭缝 1 1 上，以增加测量的分辨率。出射的激光与另外一束激光或者形成小角度干涉（图 1 中实线）或者形成共线干涉图 1 中虚线。透过狭缝 1 1 的激光干涉强度由探测器 1 2 测得，信号由 1 3 进行放大和模/数转换后送入计算机及接口 1 4 处理，并得出气体压强的变化量。狭缝 1 1 宽度的选择视相干光束间的夹角以及测量精度的要求和接收器 1 2 的灵敏度而定。本实施例的激光输出强度探测器 8 采用光电倍增管或二极管接收器件，所得激光强度的信号作为激光干涉强度探测器 1 2 所测信号的参比量，以消除由于激光器 1 输出不稳所带来的误差。另外，为了保证干涉条纹具有高的清晰度，适当选择分束器 3、7、8 的反射率和透过率使得形成相干的两束激光的强度相同。透过狭缝 1 1 的相干强度信号由激光输出强度探测器 1 2 接收。计算机及接口 1 4 通过联线采集到探测器 8 的激光强度信号，用它对由激光强度变化而引起的相干信号变化进行处理以提高测量的信噪比。要使本实用新型的测量精度达到毫帕斯卡量级，温度恒定、没有空气流动、没有振动是三个关键因素。为此，本实用新型设了具有温度调节器 1 6 的恒温箱，在本实用新型工作时要将恒温箱盖好并保持恒温；同时为了确保光学气体腔内的空气温度恒定在 $\pm 2\%$ 摄氏度的范围；恒温箱内装有高灵敏度的温度传感器 1 7，通过它的信号反馈由计算机 1 4 来控制温度调节器 1 6。温度调节器和温度传感器分别通过联线与计算机及接口 1 4 相连。通过计算机采集信号，处理气体压强的变化量，并通过计算机对恒温箱的温度进行实时控制。

本实用新型测量精度高，可以达到一个毫帕斯卡，适应任何压强下的变化量。

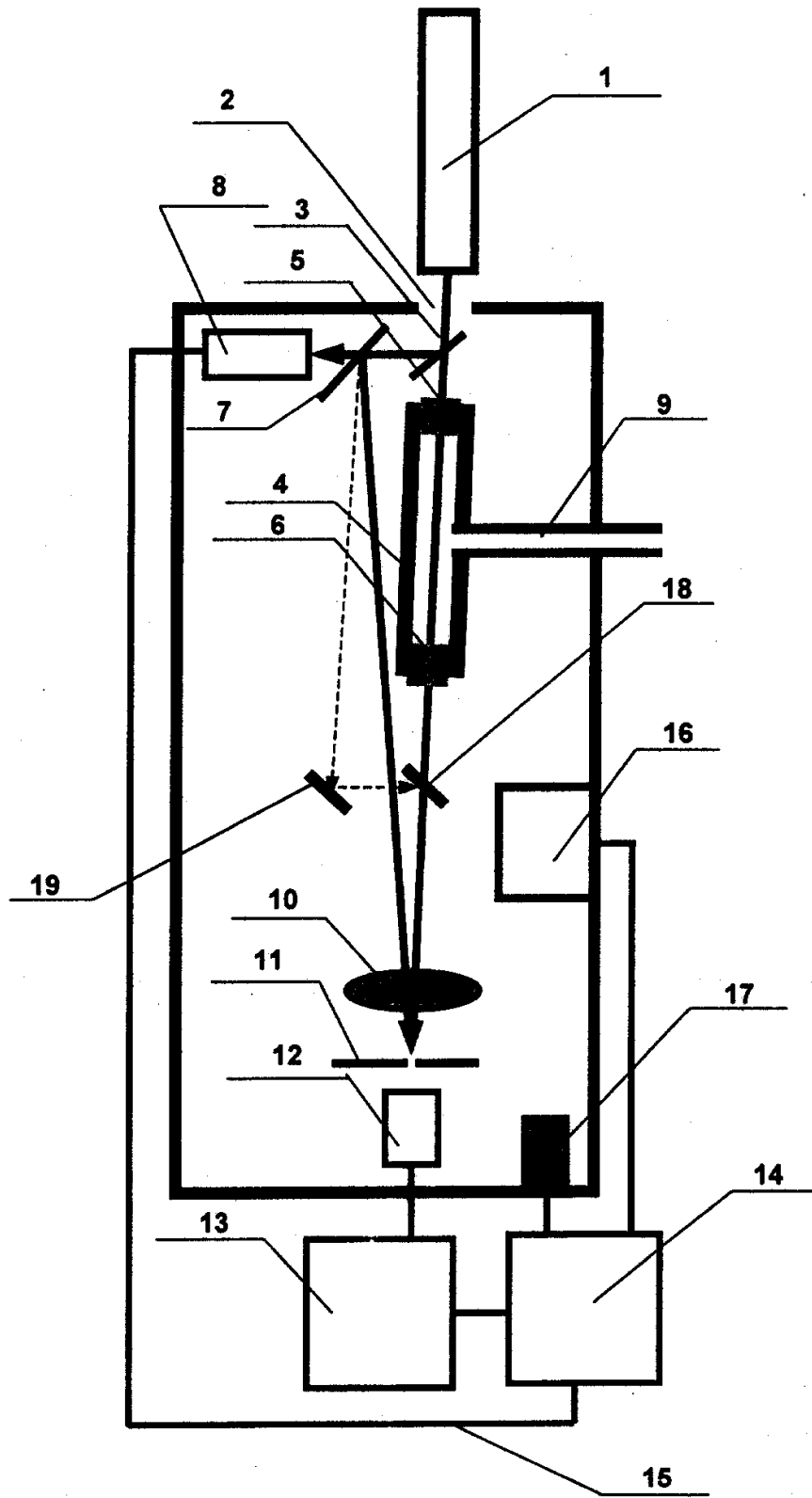


图 1

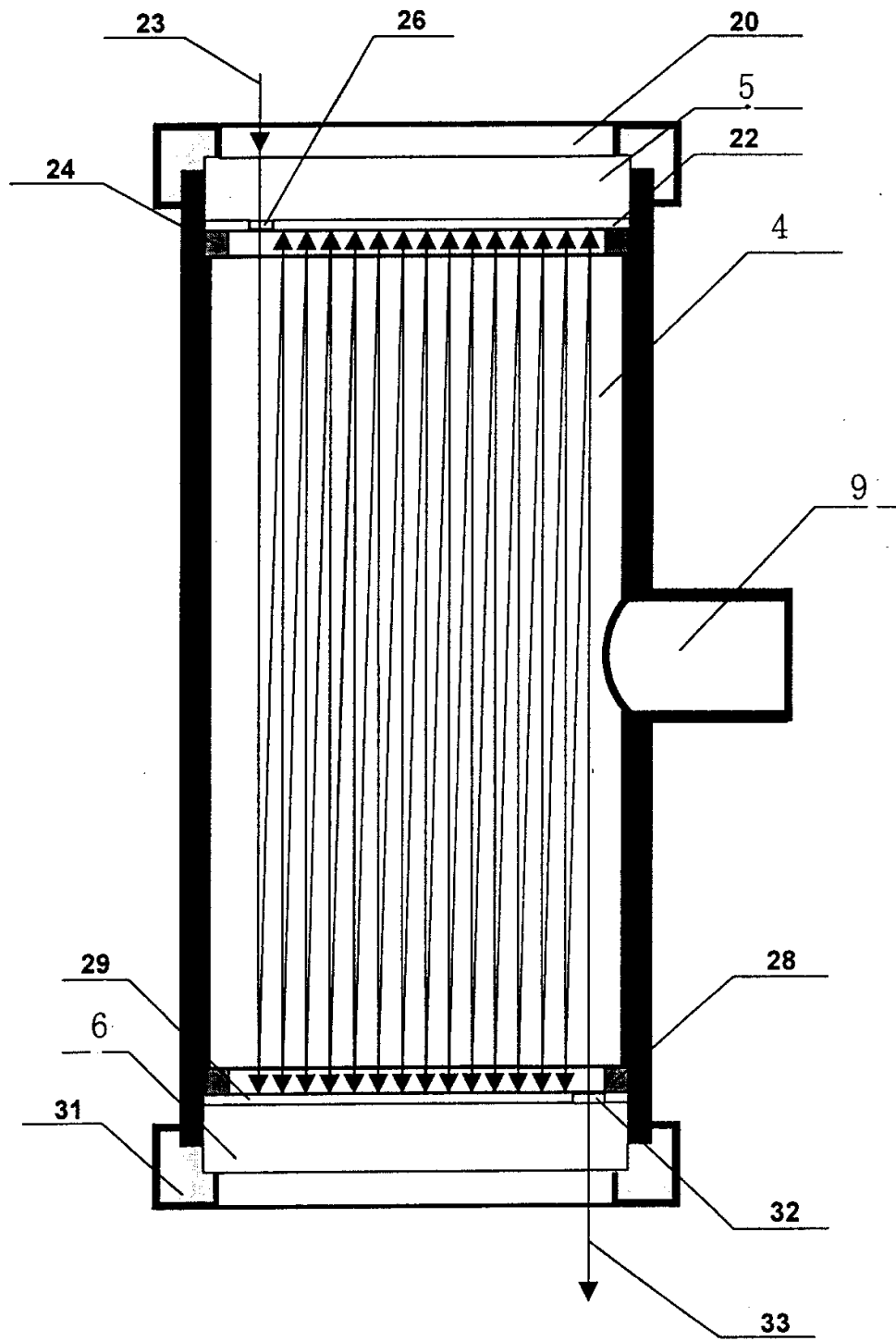


图 2