

用两台分别稳定的连续CO₂激光器 进行非线性外差检测

在调幅零差的连续CO₂激光测距仪工作时，发射器和本机振荡器光路之间的光学隔离明显地成了一个主要的问题^[1]。在活动目标的多普勒频移比调制频率 ($f_m = 15$ 千赫) 大得多的

情况下，通过使用高通电子滤波器 ($f_{cutoff} \geq f_m$) 得到了很好的隔离。但是，这种系统不能测量固定目标。为此，我们考虑用两台分别稳定的CO₂激光器的外差方式。虽然这种方式将消除隔离问题，但是又提出了一些与信噪比特性有关的问题，信噪比又与多普勒频移和两台激光器之间相对频率的变化有关。只要检测器有足够的带宽，这个中频漂移的问题就可以象在单个激光器的情况下活动目标那样来处理。为了检验这种考虑，我们采用实验室装置(图1)，用一台普通

低压(2.7千帕)连续CO₂激光器作发射器，用一台直流激励的波导CO₂激光器作本机振荡器^[2]。这两台激光器都采用高频脉动的方法稳定到P₂₀谱线的峰值。波导激光器由BeO管(中心孔直径2毫米，长20厘米)制成，有一块Littrow光栅(135线/毫米)，并且使用包含Xe的混合气体(8.3千帕)，使其P₂₀以最低阶横模产生出1瓦的功率。普通激光器也有一块光栅，以TEM₀₀模输出1瓦的功率。

测距技术是以幅度调制，包络复原以及相干检测包络相移引起的过渡时间为基础，包络

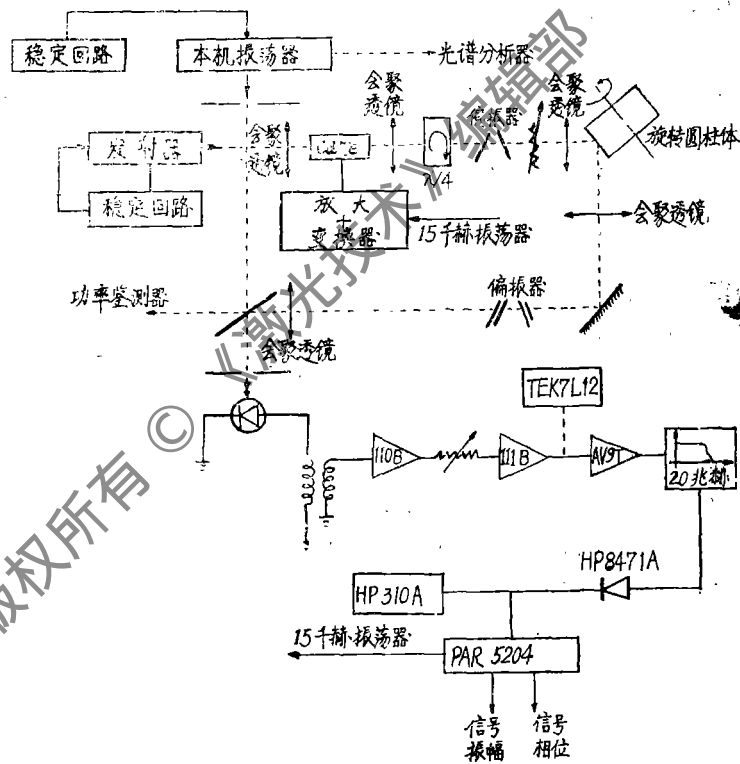


图1 试验设备

检测器是一个有平方律特性的二极管。电光调幅器由相干放大器 (PAR 5204) 的振荡器推动,其输出由一台声频放大器 (RCA HC 2000 H) 放大,然后,经过一台高压变压器送到晶体。在15千赫的谐振频率下,调制深度约为80%。旋转的圆柱体(喷砂铝)产生的最大多普勒频移约为1兆赫,本机振荡器与信号光束在饱和 HgCdTe 光电二极管上混和。光电二极管的面积为 4×10^{-4} 厘米², $D^*_{10,6}$ 为 1.4×10^{10} 厘米·赫^{1/2}·瓦⁻¹,量子效率 η 为0.2。这个检测器被反偏置在200毫伏,它的输出经过射频变压器输送到 Avantek 放大器。整个光谱显示在 Tektronix 7 L12 光谱分析器上。而信号则通过20兆赫低通滤波器,以降低平方律检测器 (HP 8471 A) 的输入噪声带宽。信号由相干检测器 (PAR 5204) 读出,其输出给出信号的振幅和位相。噪声由调谐到比 f_m 低2千赫的波形分析器 (HP 310 A) 读出。由于在高信噪比平方律检测时,噪声取决于信号振幅,所以它不能通过阻塞信号来读出[3]。

虽然两台激光器都稳定在 P20 谱线的峰值,但是,波导激光器产生的频率与发射器激光的频率相差几兆赫。图 2 清楚地示出发射器激光的峰值(上边的曲线)与零频拍频(下边的曲线)不相一致。这些曲线由扫描低压(普通)激光器腔体得到。频率的最大偏移约为45兆赫,它是低压谱线的视在宽度。当两台激光器都有效地稳定时,频差为10兆赫。文献[4]中的研究者也观察到了同样的现象,他们用13.3千帕不同的混合气体记下了12兆赫的差频。目前,我们正在对这种效应作彻底研究。

在进行信噪比测量时,为了模拟两台激光器之间频率的独立性,我们增加波导激光器腔体的高频脉动幅度。虽然瞬时差频是唯一的,但是我们发现,随着时间的推移,差频在5至15兆赫之间变化。

用波形分析器在平方律检测器后测量得到的低频频谱呈现下述特点,总噪声由本机振荡器产生的散粒噪声(\gg 电子噪声)和信号载波乘以未经调制的具有特征三角形的平方探测噪声项组成[3],最强的信号谐波在 $2f_m$ 处,但它比80%调制深度的正常基波低20分贝。对于圆柱体的任何速率,平均信号固定在 $\pm 30\%$ 。当增加旋转速率时,噪声从零增加到最大值,这时多普勒展宽可与 f_m 相比,尔后进一步增加旋转速率,噪声降低。这一部分噪声产生于目标的摆动[1]。

假设由于适中的目标旋转速率,摆动噪声是可忽略的,则在散粒噪声有限的范围内,这种检测系统的信噪比由下式给出[1]:

$$\text{信噪比} = \frac{K_s \gamma^4 Q_{IF}^2 / J_1^2(\beta)}{\sqrt{2} \gamma^2 (1 + \xi^2) Q_{IF} / J_1(\beta) + (1 - f_m / 2f_a)}$$

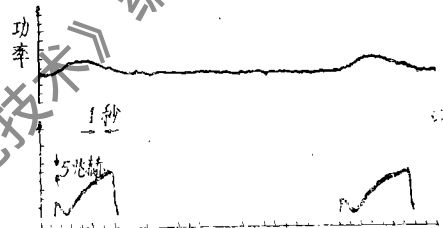


图 2 2.7千帕普通 CO₂ 激光器和 8.8千帕波导 CO₂ 激光器之间的拍频。上面的曲线——低压激光器 P20 谱线的形状(用 Coherent 功率计测量);下面的曲线——稳定到峰值的波导激光器和低压扫描激光器之间的拍频,曲线上的水平箭头表示两个激光器都稳定到峰值时的拍频;频率由一个带有数字模拟变换器 (HP 59303 A) 的计数器 (HP 5328 A) 读出

式中, $K_s = (f_u/B)(\xi/1+\xi^2)^2$, $\xi^2 = 2J_1^2(\beta/2)$, J_1 = 第一阶贝塞尔函数, β = 调制深度 (0.8), $Q_{IF} = \eta P_r/h\nu f_n$, P_r = 用相同定标的探测器测量接收到的光功率, 但在直接检测时加了电阻偏置电路, $h\nu$ = 光子能量 (0.12电子伏特), f_n = 电子探测器前的噪声带宽, γ = 探测器表面上视场重叠 ($0 \leq \gamma \leq 1$), B = 分析带宽。

这与具有多普勒频移的零差系统导出的方程相同。

在本实验中, $f_n = 20$ 兆赫, $f_m = 15$ 千赫, $B = 1$ 赫, γ 在0.2到0.4之间变化。用这些参数绘出的曲线示于图3。实验点对应在不同的时间, 用不同的光学调准作的测量, 典型的 γ 值为0.3。如同包络检测特性一样, 从这条曲线上可以辨别出两个区域: 信噪比 $\propto P_r$ 和信噪比 $\propto P_r^2$ 。实验点沿着曲线上升, 直到信噪比为80分贝处, 在此, 趋近于稳定到一个平稳阶段, 给出了测量系统的动态范围(约85分贝)。

测量点与理论之间吻合很好, 足以允许可靠地预言以这种检测方式为基础的测距仪的设计。同时也证明, 在这种检测系统中, 只要光学检测器有足够的带宽, 在外差作用后, 这种中频漂移是不重要的。

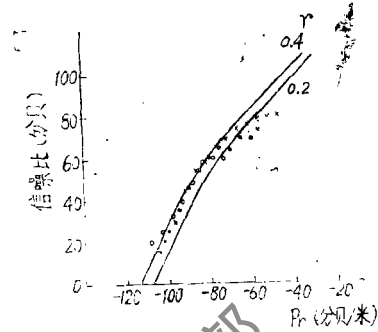


图3 信噪比作为 P_r (接收的功率) 的函数的实验和理论曲线

参 考 文 献 (略)

译自 *Appl. Opt.*, 1983 Vol.22, No1, P.13~15.

于允平 王新莉 译 叶茂 校

激 光 测 量 发 动 机 效 率

英国 Peteborough 消息——当发动机汽缸运转时, 其内部会发生些什么呢? Perkins Engines 公司的研究人员发现, 用激光多普勒风速计可以在不影响发动机工作的情况下, 精确地测量汽缸或其管道内空气、燃气和燃料微滴的运动。他们用一个体积大约为0.01毫米³的探针测量各种流体的运动; 使光学系统扫描, 给出汽缸特性的完整图象。该系统的微型电子计算机能够不停地对发动机循环系统的任一部分进行测量, 一直可测到旋转十弧分的曲柄角度。英国原子能科学研究中心曾把这种风速和风向测定系统当作该机构内燃机研究计划的一部分进行过研究。

译自 E.O.S.D.1983 (Sept.), P.18.

一叶 译 松明 校