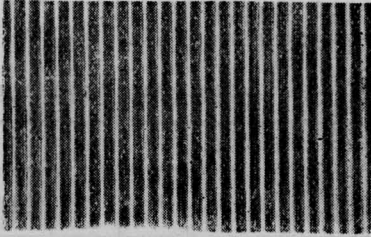


(a) $m=1$ 时的光栅衍射象



(b) $m=4$ 时的光栅衍射象

图 3

象线棱角度下降, 线棱变粗, 这在测量时必须注意, 例如当 m 大于 10 时, 已经出现线棱极不清晰的现象, 在测量时宜选 $m \sim 3 \sim 5$ 。图 3 中的照片 a 与 b 分别是 $m=1$ 与 $m=4$ 时的光栅象。 m 数增大象的线

棱变粗, 其原因是象的高频分量减少引起的。

三、可能的应用

为测量大孔径光束中某些局部区域的波面畸变, 我们进行了如下模拟实验: 安排一组相同焦距小透镜 ($f=4$ 米), 按“十”字形分布, 将大尺寸光束分别聚焦成许多细束并同时照明光栅, 当其中某个透镜更换焦距 f 时, 其象周期 d' 也随之改变, 于是通过测量截面上各点波面曲率, 然后从几何象差与波面象差关系求出局部波面畸变。

这种测量方法可推广到等离子体冕区的测量中, 例如将一束诊断光束通过等离子体然后照明光栅便可测量。

参 考 文 献

- [1] M. 波恩, E. 沃耳夫著, 杨葭荪等译;《光学原理》, 第八章, 科学出版社, 1978 年
- [2] D. E. Siva; *Appl. Opt.*, 1971, 10, No. 8, 1980.
(中国科学院上海光机所 陈时胜 竺庆春
袁柏春 1980 年 8 月 6 日收稿)

CO₂ 激光光声光谱仪的研制

Abstract: The structural features and performances of our opto-acoustic CO₂ laser spectrometer is reported. The opto-acoustic spectra of ethylene, ammonia and other gases are recorded with this apparatus by automatic scanning of CO₂ laser emission spectral range.

我们研制了一台 CO₂ 激光光声光谱仪, 并用其对某些气体如乙烯、氨等进行检测分析, 获得了 CO₂ 发射谱线范围内自动扫描的光声光谱图。下面就结构、性能等作一介绍。

原理及结构特点

气体样品的红外光声检测原理在过去的报导中已有详细论述^[1]。概括地说即在一个密闭的光声池中, 当气体样品受到一个调制的光照射后, 这一波长的光被样品吸收, 气体分子的热运动将增加, 这就表现为池内温度按着入射光的调制频率周期地波动, 其池内压力也随着周期性地胀缩, 用微音器接收此音频压力信号, 再经锁定放大器检出埋在噪声中的有用的光声信号, 即可得到样品的光声光谱图。

仪器的原理结构如图 1 所示, 其主要结构为:

(1) 光源: 采用外腔调谐的 CO₂ 激光器作光

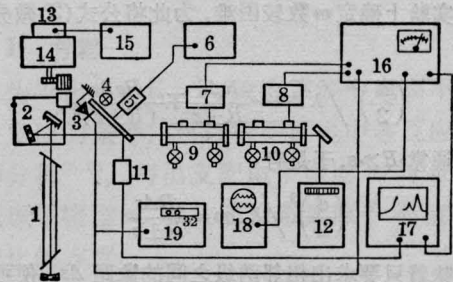


图 1 激光光声光谱仪原理结构图

- 1—CO₂ 激光器; 2—光栅转台; 3—硅光电池;
- 4—小灯泡; 5—步进电机; 6—晶体稳频切光器
- 电源; 7、8—光声池前置电路及衰减器; 9、10—
- 光声池 B、A; 11—功率计探头; 12—CO₂ 激光
- 谱线分析仪; 13—可逆电机; 14—变速箱; 15—
- 扫描电路控制器; 16—锁定放大器; 17—x、y 函
- 数记录仪; 18—双线示波器; 19—数字频率计

源,光栅转台转动范围 $\pm 5^\circ$, 满足了 $00^\circ 1 \sim 10^\circ 0$ 和 $00^\circ 1 \sim 02^\circ 0$ 跃迁所有支线对方位角的要求。激光器可调谐 70~79 条谱线, 其谱线分布如图 2、3 中所示。

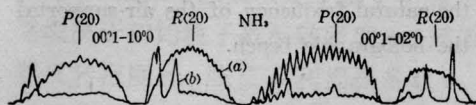


图 2 氨样品的光声光谱图(b)和 CO_2 激光功率谱图(a)

(2) 谱线(波长)扫描系统: 从图 1 中可看出, 在光栅转台丝杆帽上加上一个长形齿轮和可逆电机通过变速箱的输出齿轮相吻合, 再加上控制器组成了扫描系统。变速箱可变三种扫描速度, 即每分钟 1、2、4 转。变速箱上按有限位开关, 限制了光栅在 9~11 微米的转动区间, 可逆电机的控制器有正、反转, 任意停、开等几挡控制选择。

(3) 激光束的稳频调制: 由于锁定放大器选频通道对频率要求很精确, 而用市电供电的同步电机或一般交流电机作切光器, 其调制频率跟随市电频率波动, 如果锁定放大器选频通道不随时调整, 其输出信号不稳。为此我们采用石英晶体稳频切光器。其主要结构由 96 千周石英振荡器经分频、整形、功放等推动步进电机带切光片调制, 获得了高稳定度的调制频率。

(4) 激光器谱线的监测: 采用商品的 CO_2 激光谱线分析仪监测激光器谱线的波长。扫描过程中在每个支带上测定一两条谱线, 其他根据 CO_2 跃迁的规律可推算出来。

(5) 光声池及光声信号检测: 有关这方面工作的介绍在过去的报导中已有详细论述^[2]。光声池 A 和 B 中的微音器必须经过严格挑选, 使得灵敏度、频率响应和本底噪声均要一致为佳。在没有样品时可通过调整衰减器实现 A 池减 B 池的光声信号等于零。

仪器性能

为了验证仪器测定样品的光声光谱图的正确

性, 我们选取乙烯、氨作为标定的工作物质。图 3 为乙烯的光声光谱图及 CO_2 激光功率谱图, 乙烯在 $00^\circ 1 \sim 10^\circ 0$ 跃迁的 $P(14)$ 有较强的吸收峰, 在 $R(24)$ 有次强的吸收峰。(图中功率谱 $P(14)$ 峰与样品的 $P(14)$ 峰相差一段距离, 未能完全重合是由于 x, y 记录仪 y_1 和 y_2 两笔间有一段距离造成的)。

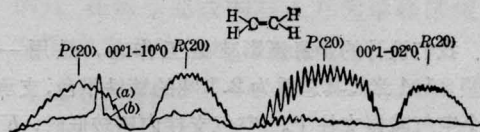


图 3 乙烯样品的光声光谱图(b)和 CO_2 激光功率谱图(a)

图 2 为氨样品的光声光谱图及 CO_2 激光功率谱图, 氨在 $00^\circ 1 \sim 10^\circ 0$ 跃迁的 $P(34)$ 、 $P(32)$ 、 $R(6)$ 、 $R(8)$ 、 $R(14)$ 及在 $00^\circ 1 \sim 02^\circ 0$ 跃迁的 $P(20)$ 、 $P(34)$ 、 $R(16)$ 、 $R(30)$ 等均有较强的吸收峰。上述谱图均与文献报导相一致^[1], 为了考察仪器的定量检测性能水平, 我们曾以乙烯为例进行了实验, 当进样量为低浓度即 0.05~1 ppm 时得到了可重复的数据; 当进样量为高浓度即 10~100 ppm 时重复 10 次都得到了重复稳定的数据。大量的实验结果表明: 本仪器的灵敏度即对乙烯的最小检测浓度为 0.05 ppm (10^{-8})。当样品的浓度为 1 ppm 时, 检测的最大偏差为 $\pm 20\%$, 平均偏差为 $\pm 5\%$; 当进样量为 50 ppm 时, 最大偏差为 $\pm 10\%$, 平均偏差为 $\pm 20\%$ 。

参 考 文 献

- [1] R. J. Brewer, C. W. Bruce; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, 3748.
- [2] 陈传文等; 《激光》, 1980, **7**, No.9, 48~51.
(中国科学院长春应化所 陈传文 刘耀田
明长江 王才 王文韵 徐俊 李振祥
王连杰 1980年7月14日收稿)