

测定氦-氖激光管中气压和气压比的新方法

Abstract: A new method is presented for determining the gas pressure P and the gas partial pressure ratio n in He-Ne lasers by means of measuring intensity ratio of He-Ne spectral lines. The accuracy is $\Delta P/P \leq 6.7\%$ and $\Delta n/n \leq 12\%$.

分析研究工作中的氦-氖激光管内气压和气压比的变化,一直是提高器件寿命,提高稳频氦-氖激光频率复现性和长期稳定性等方面的重要课题。国外曾有过测量管内气压和气压比的方法报道,但误差较大。本文介绍的方法,具有简便、可靠等特点。

类似光谱分析技术中的内标谱线强度法,测定激光管中的氦-氖荧光谱线相对强度:

$$\frac{I_2}{I_1} = a' \left(\frac{N_{02}}{N_{01}} \right)^b e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}} \quad (1)$$

其中, I_1 、 I_2 分别为用光学仪器测量到的某一条氦-氖荧光谱线强度; a' 为一常数,它与两条谱线的发光几率、波长及光学测量系统的频率响应特性有关; $\frac{N_{02}}{N_{01}}$ 为氦、氖基态原子数之比,即氦-氖气压比的倒数 $\frac{1}{n}$; b 为谱线的自吸收系数; E_1 、 E_2 分别为氦-氖激发态的能量, $E_1 > E_2$; T 在低气压放电条件下,应为电子温度 T_e ,气压 P 越低,此值越大,在一定的气压范围内, T_e 与 P 成反比,即:

$$-\frac{E_2 - E_1}{kT} = c'P。$$

(1) 式两边取对数,设有关的常数为 a 、 b 、 c ,则有:

$$S = \log \frac{I_2}{I_1} = a - b \log n + cP$$

从此式可知,谱线相对强度的对数值与气压 P 、气压比 n 对数 $\log n$ 的关系为线性方程。再选第二条氦线,就组成两个直线方程:

$$S_1 = \log \frac{I_2}{I_1} = a_1 - b_1 \log n + c_1 P \quad (2)$$

$$S_2 = \log \frac{I_3}{I_1} = a_2 - b_2 \log n + c_2 P \quad (3)$$

解(2)、(3)式,得到 P 、 n 的解析表达式:

$$P = \frac{(a_2 b_1 - a_1 b_2) + b_2 S_1 - b_1 S_2}{b_2 c_1 - b_1 c_2} \quad (4)$$

$$\log n = \frac{(a_2 c_1 - a_1 c_2) + c_2 S_1 - c_1 S_2}{b_2 c_1 - b_1 c_2} \quad (5)$$

因此,只要选取能满足直线方程(2)、(3)的谱线

作为测量谱线,并事先作出已知不同气压,气压比的 $S \sim P$, $S \sim \log n$ 两个直线关系图,从直线组的直线截距和斜率中分别求出相应的 a 、 b 、 c 等六个常数,就能确定方程(4)、(5)的具体数字表达式。比如 S 与 P 的关系由图1所示, S 与 $\log n$ 的关系由图2所示,由此二图能确定 a_1 、 b_1 、 c_1 三个常数,同理由 $S_2 \sim P$ 直线组, $S_2 \sim \log n$ 直线组,能求出 a_2 、 b_2 、 c_2 。

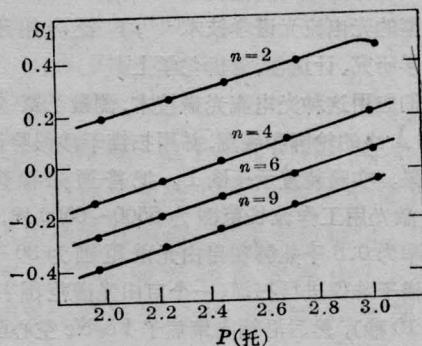


图1 S_1 随气压 P 的变化关系

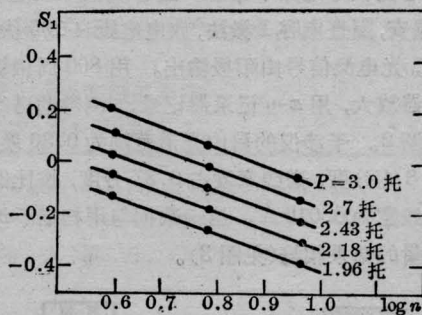


图2 S_1 随气压比的对数 $\log n$ 的变化关系

从四组标准直线中可知道,我们选取的三个荧光谱线,在激光管的工作气压范围内($P=2 \sim 3$ 托, $n=4 \sim 9$),能很好地满足直线方程(2)、(3)式的要求,我们选取的这三条谱线是:(1) He:5015 Å, (2) Ne:6334 Å, (3) Ne:7032 Å。不同的光学系统的光谱传递函数不同,它会使系数 a 值不同,从而也使 S

值不同,但只要测量光强的光学系统与制作标准曲线时的测光强的光学系统相同,方程式(2)、(3)中的常数 a_1 、 a_2 和 S_1 、 S_2 就是某一特定的数值。这并不带来计算误差。

光强测量采取直流法: 单色仪→光电倍增管→记录仪或检流计。

本方法的测量精度,将受到电泳效应、杂质气体

的存在及测量仪器的稳定性的影响,实验结果表明,有效地控制这些因素之后,气压和气压比的测量,相对误差能达到: $\frac{\Delta P}{P} \leq 6.7\%$, $\frac{\Delta n}{n} \leq 12\%$ 。

(南开大学物理系现代光学研究室 刘志国
李宝珍 1980年6月9日收稿)

用电流光谱学新技术测量激光光谱线的轮廓和线宽

Abstract: This paper describes a simple and reliable method of measuring the linewidth and profile of a He-Ne laser line at 6328 Å by means of optogalvanic spectroscopy.

低压气体放电的光电流效应^[1]现在已发展成为一门新型的光电流光谱学技术^[2,3],广泛应用于激光光谱学研究、计量学、分析化学上^[4~7]。

我们应用这种光电流光谱技术,测量了氦-氖激光 6328 Å 线的轮廓和线宽,并用扫描干涉仪验证了测量结果。实验装置示于图 1。把普通未稳频的 He-Ne 激光用工作波长范围为 5500~6500 埃,光谱分辨率为 0.6 千兆赫和自由光谱范围为 30 千兆赫的扫描干涉仪进行扫描(一个自由光谱范围扫描时间为 10 秒),然后沿轴向聚焦于 Fe-Ne 空心阴极灯的阴极孔中。测量光感生的光电流光谱。限流电阻已在空心阴极灯电源中匹配。空心阴极灯放电电流为 27 毫安,隔直电容 1 微法,放电电压 +190 伏,阴极接地,光电流信号由阳极输出。用 800 周相敏检波放大器放大,用 $x-y$ 记录器记录。测得的谱线轮廓示于图 2。干涉仪的自由光谱范围为 0.36 埃,在图上占 8.4 分度,谱线宽度占 0.37 分度,按比例计算出线宽为 0.016 Å。这一数据与用扫描干涉仪单独测量的结果相符(见图 3)。

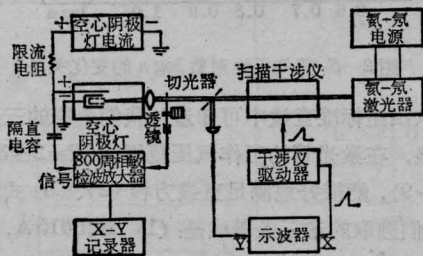


图 1 实验装置示意图

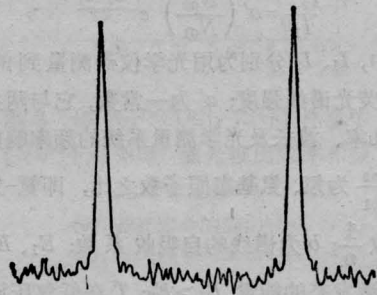


图 2

纵坐标为光电流信号的相对响应(毫伏量级),横坐标为干涉位相,两峰分别表示 m 和 $m+1$ 级的最大干涉,其自由光谱范围为 30 千兆赫,相当于 0.36 埃

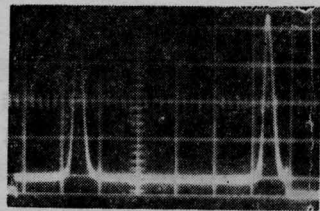


图 3

纵坐标为相对光强度(任意坐标),横坐标为干涉位相,两峰分别表示 m 和 $m+1$ 级的最大干涉,其自由光谱范围为 30 千兆赫,相当于 0.36 埃

可以预期,随着激光技术和激光光谱学的发展,光电流光谱学技术,将成为超高分辨激光光谱学研究,激光分离同位素,激光化学等领域的一种很有用的方法。