

# 用 F-P 标准具研究室温选支 CO 激光器的某些光谱特性

王裕民 归振兴 张顺怡 丁泽安\*

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 利用红外 F-P 标准具测量了室温选支 CO 激光器的输出光谱, 研究了放电电流、气压、光栅调谐角对输出谱线的影响。

## Investigation on spectral characteristics of branch selected CO laser at room temperatures with F-P etalon

Wang Yumin, Gui Zhenxin, Zhang Shunyi, Ding Zean

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

**Abstract:** An experimental set-up using F-P etalon for measuring the output spectrum of the branch selected CO laser at room temperature is given. The influences of the discharge current, pressure and grating tuning angle on the output spectrum are studied.

### 一、引言

CO 激光器是一种谱线丰富而又密集的红外激光光源。由于 CO 分子的非简谐性, 随着振动量子数的增加, 能级间隔越来越密, 查阅 CO 的振转光谱<sup>[1]</sup>, 可以发现许多谱线频率差在  $0.04 \text{ 厘米}^{-1}$  左右, 一般地说,  $V+1 \rightarrow V$  的  $P(J)$  与  $V \rightarrow V-1$  的  $P(J+6)$  这两谱线频率差最小<sup>[2]</sup>。在普通光栅腔的条件下, 器件的增益稍大些, 往往在激光器内形成两条以至几条谱线同时振荡的情况。在一些特定的使用中, 需要严格的单色光, 因此需要测定输出光谱的成分, 以求获得单谱线运转。

激光器的输出光谱通常用红外光谱仪测

量, 由于其分辨率的限制, 对一些频率差小于  $10 \text{ \AA}$  的谱线便无法鉴别。Dennis 等人曾用扫描 F-P 干涉仪研究了 CO 激光光谱的一些特性<sup>[3]</sup>, 我们是采用红外 F-P 标准具、扫描接收器的方法, 测量 CO 激光器输出光谱, 观察到用单色仪无法分辨的双谱线振荡, 并研究了获得单谱线振荡的某些因素。

### 二、测试装置及参数

实验装置如图 1 所示。由选支 CO 激光器输出的激光束经斩波后, 扩束进入 F-P 标准具, 然后由透镜  $f_3$  ( $f=400 \text{ 毫米}$ ) 成象在

收稿日期: 1983 年 8 月 18 日。

\* 南京工学院应届毕业生。

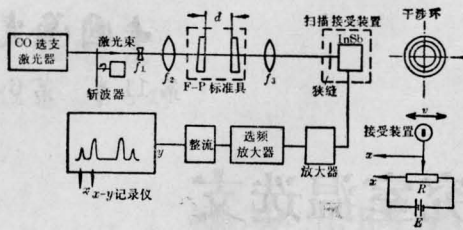


图1 测试装置简图

焦平面上，在焦平面处放置一个由一单色仪狭缝和 InSb 接收器组成的扫描接收器，用步进电机驱动，在垂直于光轴并通过干涉环中心的平面上扫描，同时带动线性滑动电位器（见图右半部），将接收到的光信号和横向位移信号同时输入  $x-y$  记录仪，便可直接记录干涉环的光强分布。

为了不影响实际光强分布的测量，要求狭缝宽度远小于条纹宽度，本实验的狭缝参数为高 1.5 毫米，宽 0.05 毫米。

实验用的红外 F-P 标准具是由两块一面镀有多层介质膜 (ZnSe) 的氟化钙楔形板组成，反射膜对于 5~6 微米波段的反射率 80%，理论细度约 14。基本参数及典型测试结果见表 1。由表 1 可见，F-P 干涉仪比 1 米光栅单色仪分辨率提高二个以上的数量级。图 2 给出的干涉环的光强分布是对称于中心的圆环半边。

根据待测两谱线的波长差，选取合适间距  $d$  的 F-P (F-P 的自由光谱范围应大于待测两波长差)，便可测得两套干涉环分布，量出其半径  $R$ ，求出相应干涉级次的小数部分  $e^{[4]}$ ：

$$e = \frac{(q-1)R_p^2 - (p-1)R_q^2}{R_q^2 - R_p^2} \quad (1)$$

取平均  $e$  值，则可求得频率差  $\Delta\nu$ ：

表 1 F-P 标准具的参数

F-P 间距 (毫米)	分辨波数 (厘米 <sup>-1</sup> )	光谱范围 (厘米 <sup>-1</sup> )	实验曲线
50	0.007	0.1	a
20	0.019	0.25	b
10	0.038	0.5	c

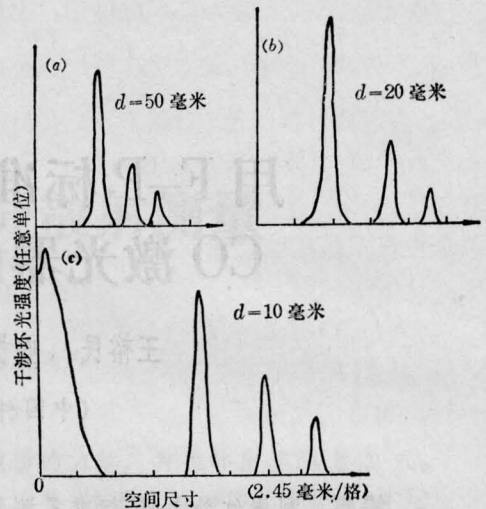


图 2 用不同  $d$  的 F-P 测量  $P_{11-10}(18)$  的典型结果

$$\Delta\nu = \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{2nd} (e_1 - e_2) \quad (2)$$

### 三、实验结果及讨论

我们利用上述装置测量了一台室温选支 CO 激光器的输出光谱。

激光器充 30 托 CO 混合气体，冷却水温

表 2 用 F-P 分辨激光谱线的结果

可能出现的振转谱线	谱线波数 (厘米 <sup>-1</sup> )	理论波数差 (厘米 <sup>-1</sup> )	实验所测谱线	测得的波数差 (厘米 <sup>-1</sup> )	输出功率 (瓦)
9~8P(22) 10~9P(16)	1847.1188 1846.8871	0.232	单		0.45
10~9P(23) 11~10P(17)	1817.7211 1817.5843	0.137	单		0.93
10~9P(24) 11~10P(18)	1813.4270 1813.5171	0.09	单		1.25
10~9P(25) 11~10P(19)	1809.1014 1809.4177	0.316	双	0.280	1.18
11~10P(24) 12~11P(18)	1788.4407 1788.4007	0.04	双	0.048	0.90
11~10P(25) 12~11P(19)	1784.1503 1784.3362	0.186	单		1.03
12~11P(24) 13~12P(18)	1763.5347 1763.3653	0.169	单		0.96
12~11P(25) 13~12P(19)	1759.2795 1759.3365	0.057	双	0.063	0.81

约  $10^{\circ}\text{C}$ , 用红外单色仪测得输出谱线约 60 条, 波长范围在  $5.3659\sim 6.0235$  微米, 最强谱线功率大于 1 瓦。用 F-P 标准具进行测量, 发现某些谱线实际上是双线组成的。表 2 给出了在该器件中可能出现双线同时振荡的测试结果。可以看出,  $\left\{ P_{10-9}(25) \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{11-10}(19) \right. \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{12-11}(25) \right. \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{12-11}(18) \right. \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{11-10}(19) \right. \right.$  实际上是双线振荡。表 2 中还给出了根据测量计算的两谱线

频率差。

图 3 给出了谱线  $\left\{ P_{10-9}(25) \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{11-10}(19) \right. \right.$  随激光器光栅转角变化的关系。图中用光电流信号标记激光器的腔内功率(或输出功率)<sup>[5]</sup>, 给出了光强与光栅转角的变化图。从测试结果可以看出, 当光栅处于  $a$ 、 $b$  位置, 器件只有  $P_{11-10}(19)$  这条谱线振荡, 而到  $c$  处  $\left\{ P_{10-9}(25) \right.$ 、 $\left. \left\{ P_{11-10}(19) \right. \right.$  同时振荡, 只不过光强小于  $P_{11-10}(19)$ , 当光

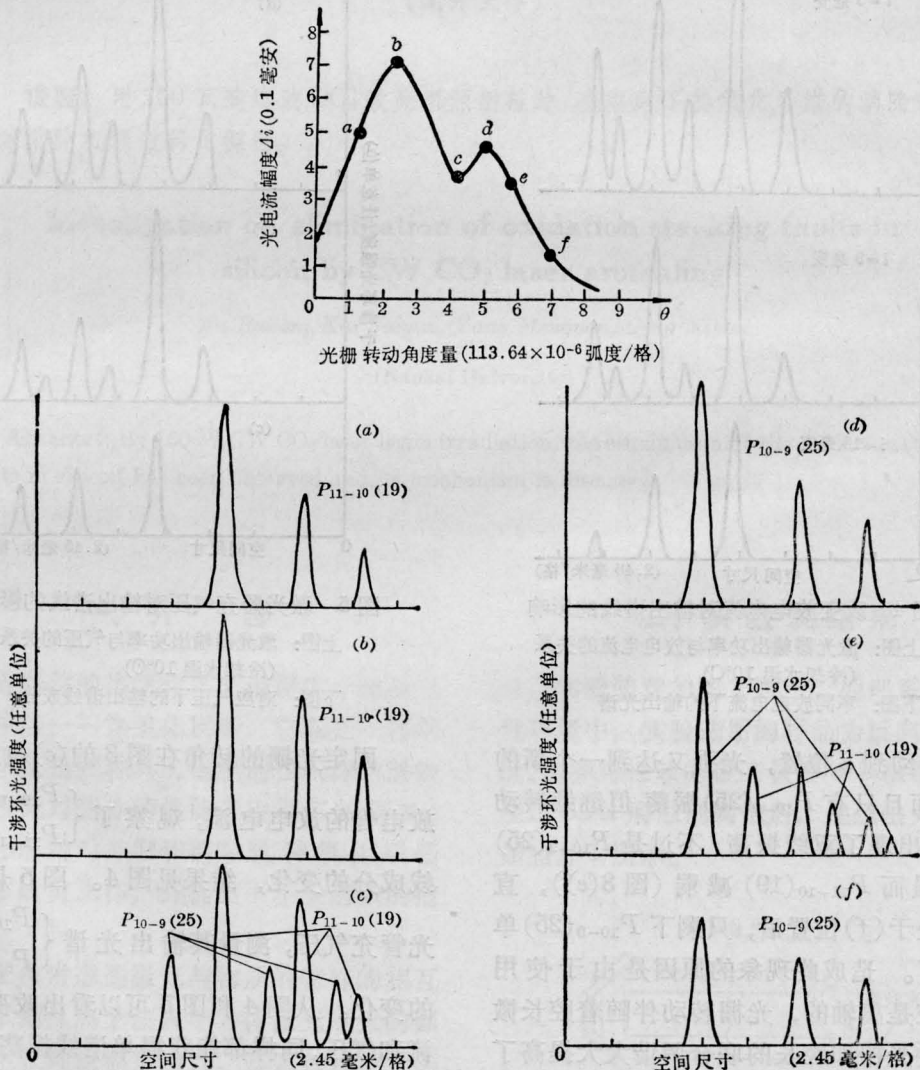


图 3 改变光栅转角对输出谱线的影响

上图: 激光器输出功率与光栅转角的关系  
( $i=9$  毫安, 冷却水温  $10^{\circ}\text{C}$ )

下图: 对应光栅转角下测得的输出光谱

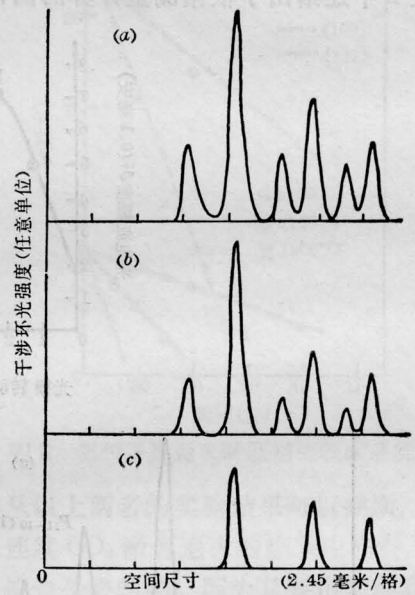
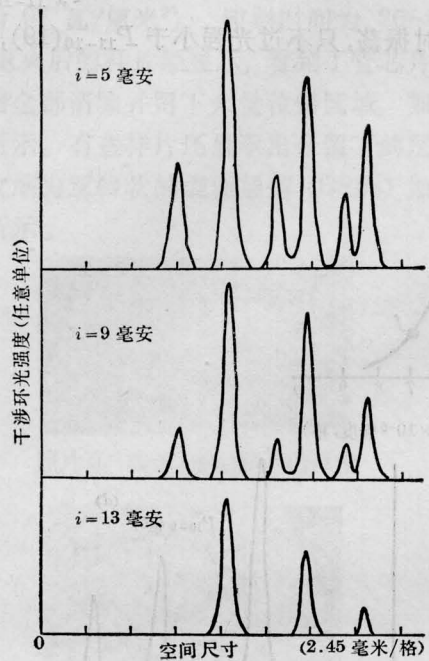
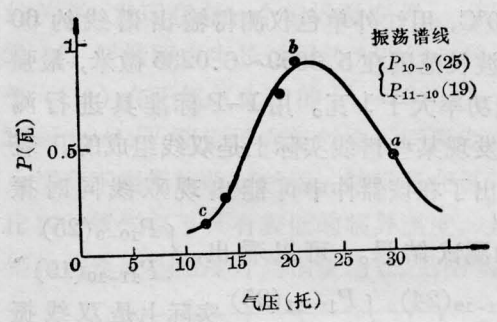
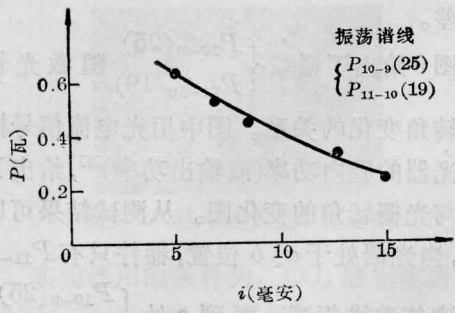


图4 改变放电电流对输出谱线的影响  
 上图: 激光器输出功率与放电电流的关系 (冷却水温 10°C)  
 下图: 不同放电电流下的输出光谱

图5 激光器充气压对输出谱线的影响  
 上图: 激光器输出功率与气压的关系 (冷却水温 10°C)  
 下图: 对应气压下的输出谱线成分

栅继续转动到  $d$  位置, 光强又达到一个新的极大值, 而且只有  $P_{10-9}(25)$  振荡, 但继续转动光栅, 又出现了双线振荡, 不过是  $P_{10-9}(25)$  强度增强而  $P_{11-10}(19)$  减弱 (图 3(e)), 直到光栅处于  $(f)$  位置后, 只剩下  $P_{10-9}(25)$  单线振荡了。造成此现象的原因是由于使用的光栅腔是离轴的, 光栅转动伴随着腔长微调, 这种光栅加腔长的联合调谐大大提高了腔的波长选择性<sup>[6]</sup>, 使功率较强的  $P_{10-9}(25)$  和  $P_{11-10}(19)$  双线也可以被分开, 实现单线运转。

固定光栅的转角在图 3 的  $(c)$  位置, 改变放电管的放电电流, 观察了  $\begin{cases} P_{10-9}(25) \\ P_{11-10}(19) \end{cases}$  谱线成分的变化, 结果见图 4。图 5 是改变激光管充气压, 测量其输出光谱  $\begin{cases} P_{10-9}(25) \\ P_{11-10}(19) \end{cases}$  的变化。从图 4 和图 5 可以看出改变放电电流和气压, 同样都能获得单谱线振荡, 不过此时输出谱线的功率却降低较多。当然, 如果改变冷却水温, 也能获得单谱线振荡, 它们都

(下转第 339 页)

于观测, 我们选择在均匀注入条件下和非均匀注入条件下的功率-电流曲线都无扭曲现象的样品。测量是在室温下进行的。

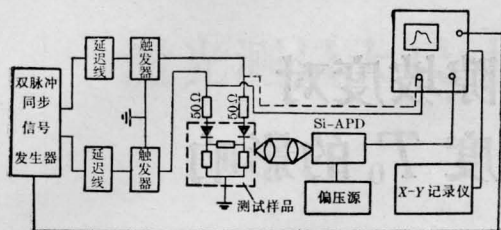
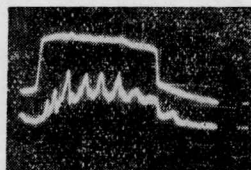


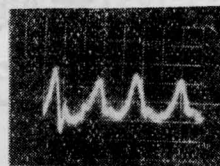
图6 双二极管激光器瞬态输出特性测试原理图

在均匀注入条件下, 光输出波形只呈现张弛振荡。然而在非均匀注入条件下, 当注入电流  $I_1$ 、 $I_2$  满足某一范围的值时, 光功率输出波形出现大幅度持续振荡, 光脉冲的重复速率为几百至近千兆赫。随着注入电流的继续增大或减少, 振荡幅度将逐渐下降, 继而持续振荡消失。图7给出了  $42^\#$  管当  $I_1 = 160$  毫安、 $I_2 = 100$  毫安时的光功率输出波形。

我们制作了  $\text{GaAs-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$  DH 共腔双二极管激光器。激光器的条形限制使用浅质子轰击工艺, 两个二极管的电隔离由隔离槽来完成。我们对该器件的稳态和瞬态的光功率输出作了实验观测, 得到了功率-电流曲线以及大幅度持续振荡脉冲的光输出, 光脉冲的重复速率和调制深度与注入电流大小密



(a)



(b)

图7  $42^\#$  管持续振荡的光功率输出波形

(a) 上方为注入电流  $I_2$  波形, 下方为光输出波形 (5 毫微秒/格); (b) 光输出波形 (2 毫微秒/格)

切相关。

共腔双二极管激光器是一种三端激光器件, 可利用一端的工作状态方便地控制另一端的工作状态。可利用这种激光器产生大幅度持续振荡光脉冲输出。可望这种器件在集成光路的研究中和高速光信息处理领域中会得到较多的应用。

本工作得到了王启明副教授、杜宝勋同志以及北京大学郭长志副教授的很多帮助, 样品制备得到了余金中、李静然等同志的大力支持, 在此一并表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院半导体研究所 DH 激光器组;《激光》, 1981, 8, No. 10, 16.
- [2] V. I. Masychev et al.; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1981, 11, No. 7, 928~933.
- [3] R. B. Dennis et al.; *Opt. and Laser Tech.*, 1976, 8, No. 5, 221.
- [4] 曲林杰, 廖延彪等著;《物理光学》, 124, 国防工业出版社, 1980年.
- [5] 王裕民, 张顺怡, 归振兴;《光学学报》, 1983, 3, No. 9, 797.
- [6] 王裕民, 归振兴, 张顺怡;《中国激光》, 1983, 10, No. 3, 159.

(上接第346页)

是通过降低谱线的增益, 以抑制另一条谱线振荡的方法来实现的, 因此, 这并不是一个好方法, 因为由此而减少了器件的输出谱线数和功率。

### 参 考 文 献

- [1] Beck R., English W., Gurs K.; "Table of Laser Lines in Gases and Vapors", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 61~79.