

# 一种提高波导 CO<sub>2</sub> 激光器支线分辨能力的方法

王 波

(成都电讯工程学院)

## A new method for improving line discrimination of CO<sub>2</sub> waveguide lasers

Wang Bo

(Chengdu Institute of Radio Engineering, Chengdu)

**Abstract:** Measuring the variation of the output power of a waveguide CO<sub>2</sub> laser with coupling distance for different curvatures of the cavity mirror, a minimal coupling loss point is obtained. Experimental results show that the frequency tuning range can thus be increased.

### 一、前 言

目前, 波导 CO<sub>2</sub> 激光器大多采用红外金属光栅(光栅常数  $d \sim \frac{1}{150}$ ) 进行选支, 光栅分辨本领不高往往要限制最大可调谐频率范围。光栅分辨本领正比于光斑所复盖的光栅条纹数  $N$ 。波导激光器光斑较小, 因而分辨本领不高, 改变腔长容易出现支线跳变, 从而也就限制频率调谐范围。通常是采用图 1 方法来解决这一问题<sup>[1]</sup>。即将焦距  $f=b$  的凸透镜置于  $Z=f=b$  处, 光栅紧挨透镜放置。其中

$$b = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda} \quad (1)$$

式中  $\omega_0$  是波导口附近光斑尺寸。 $\omega_0 = 0.6435a$ ,  $a$  为波导管半径。

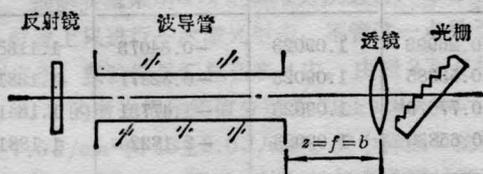


图 1 克服跳支的波导谐振腔

上面装置中 EH<sub>11</sub> 模的耦合损耗  $\alpha_{11}$  取一极小值(2.6%), 到达光栅表面的光斑半径增大为  $\sqrt{2} \omega_0$ <sup>[2]</sup>。从而有效地提高光栅分辨相邻支线的能力。但是, 这种装置也有不足之处。首先是腔长较长,  $L = L_0 + b$ , 自由光谱范围  $\Delta\nu_c = \frac{c}{2L}$  变小, 也要限制频率调谐范围; 同时器件结构松散。针对这一问题, 本文作了一些探讨, 提出一种新的方法。

### 二、实验研究及结果

我们用一半外腔 CO<sub>2</sub> 激光器, 对于曲率半径  $R$  取不同值的凹面全反射镜, 改变反射镜到波导口之间的耦合距离  $Z$ , 测量激光器输出功率的变化趋势。波导管直径  $\phi$  为 4 mm, 充气压为 45 Torr, 放电电流为 7 mA。对于每一确定  $R$  的凹面反射镜, 由近及远改变耦合距离  $Z$ , 测得输出功率的变化如图 2 所示。

从图上可以看出, 下面两种情况与 Abrams 和 Degnan 的理论<sup>[2]</sup>符合得很好。

1.  $\beta \approx 0$ ,  $\beta = 1$  处, 采用大曲率半径反射镜,

\* 作者现工作单位是太原工业大学激光研究室。

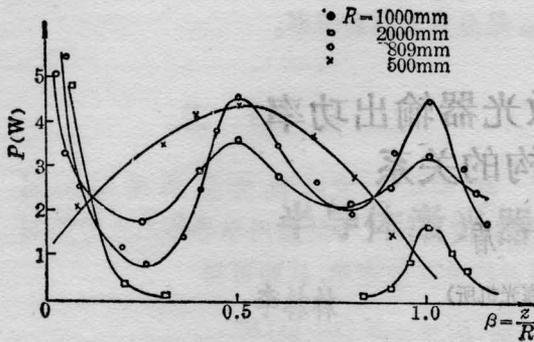


图2 输出功率随耦合透镜距离  $z$  的变化

$\text{EH}_{11}$  模的耦合损耗  $\alpha_{11}$  取极小值, 输出功率  $P$  取极大值。

2.  $\beta=0.5$ ,  $\frac{R}{b}=1.5\sim 2$  时, 耦合损耗也取一极小值, 并且在这种情况下可以得到稳定的  $\text{EH}_{11}$  模输出。由(1)式可得  $\phi=4\text{mm}$  对应的等效共焦长度  $b=491\text{mm}$ 。图2中  $R=809$ 、 $1000\text{mm}$  分别对应于  $\frac{R}{b}\approx 1.6, 2$ , 这两种情况下在  $\beta=0.5$  处输出功率取极大值。

此外从图2还可以看出,  $R=500\text{mm}$  (对应于  $\frac{R}{b}\approx 1$ ),  $\beta=0.5$  处, 输出功率也取极大值, 且光束横截面内的光强分布与  $\text{TEM}_{00}$  模很相象。 $\phi=1.5$ 、 $3.3\text{mm}$  时也有同样的结果<sup>[3]</sup>。说明  $R=b$ 、 $\beta=0.5$  时可以保证波导激光器单模工作, 且耦合损耗取极小值。图2中  $R=500$ 、 $1000\text{mm}$  两种情况在  $\beta=0.5$  处的极大值相差很小, 说明两种情况耦合损耗的取值相差很小。

$R\approx b$ 、 $\beta=0.5$  的耦合损耗取极小值, 这是因为  $\text{EH}_{12}$  模参加振荡的结果<sup>[3]</sup>。波导口以外的自由空间,  $\text{EH}_{11}$  模与  $\text{EH}_{12}$  模线性组合为一基模高斯光束。

于是将图1中  $f=b$  的凸透镜改换为一  $f=\frac{b}{2}$  的凸透镜, 放置于  $Z=f=\frac{b}{2}$  处, 光栅紧挨透镜后表面, 可以得到与图1装置基本一样的效果。这种方式还有效地缩短了腔长 ( $L=L_0+\frac{b}{2}$ ), 从而增大自由光谱范围  $\Delta\nu_0$ , 同时保证器件结构紧凑。

对于  $\phi=4\text{mm}$  的实验管, 将光栅粘在 PZT 上调谐腔长  $L$ , 用 X-Y 记录仪扫出  $P(20)$  支的输出功率随加在 PZT 上的电压的变化如图3所示。

图3(a)为光栅靠近波导口的情况(对应于  $\beta\rightarrow 0$ , 相当于  $R\rightarrow\infty$ ), 调谐过程中有支线跳变, 说明光

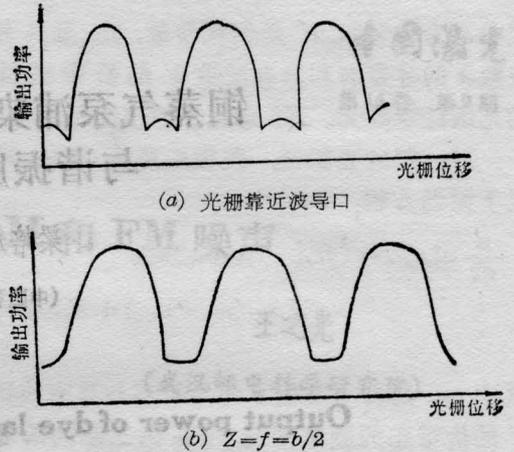


图3 输出功率随 PZT 带来的光栅位移的变化

栅分辨本领不高, 调谐范围也受到限制。图3(b)为  $f=\frac{b}{2}$ 、 $Z=f=\frac{b}{2}$  的结果, 明显地克服了跳支现象, 说明光栅的分辨本领提高了。从图上可以看出, 频率调谐范围也有所增大。按照图1方法进行实验, 结果与图3(b)完全一样, 功率幅度还略小一些, 说明两种方法的效果基本一致。

### 三、讨 论

上面的分析和实验结果说明, 当凹面反射镜的曲率半径  $R\approx b$ 、反射镜到波导口之间的耦合距离  $Z=f=\frac{b}{2}$  时, 波导谐振腔有耦合损耗极小值, 并且输出光束为一基模高斯光束; 用一  $f=\frac{b}{2}$  的凸透镜置于  $Z=f=\frac{b}{2}$  处, 光栅紧挨透镜的后表面, 可以有效地提高光栅的分辨本领, 克服支线跳变现象, 增大频率调谐范围。与  $f=b$ 、 $Z=b$  的方法比较, 这种方法的结构较紧凑, 且腔长较短, 有较大的自由频谱范围。

本工作得到了裘明信教授、王瑞峰副教授的指导, 大邑计量分院的张世才同志也给予了大力的协助与帮助, 这里表示感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Tadeusz Machowski; *Opt. Appl.*, 1983, 8, No. 4, 391~406.
- [2] R. H. Abrams; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, QE-8, 838~843.
- [3] M. Lyszyk et al.; *Opt. Commun.*, 1981, 36, No. 4, 327~330.

(收稿日期: 1986年7月22日)