

# 封离型 CO<sub>2</sub> 波导激光器

南英子 张利春 吴树才

(中国科学院长春光机所)

**提要:** 本文报导密封 CO<sub>2</sub> 波导激光器的结构设计、制造及其性能。器件放电长为 12.5 厘米, 由四块 BeO 陶瓷板贴成 1.5 毫米方孔而成, 腔长为 15 厘米。最大输出功率 1 瓦, 在 150 托气压下, 用两只波导激光器进行光外差测量, 测得在一条谱线上 ( $P_{20}$ ) 调谐宽度为 500 兆赫。

## Sealed-off CO<sub>2</sub> waveguide lasers

Nan Yingzi Zhang Lichun Wu Shuchai

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Acadimia Sinica)

**Abstract:** Configuration, fabrication and performances of sealed-off CO<sub>2</sub> waveguide lasers are reported, with a discharge length of 12.5 cm, the device consists of four BeO plates arranged in a square hole of 1.5 mm size, the cavity is 15 cm long. The maximum output power is 1W. At a gas pressure of 150 torr, the tuning width of  $p_{20}$  line was 500 MHz measured by optical heterodyne with two waveguide lasers.

### 一、引言

波导激光器的理论最早由 Marcatili 和 Schmeltzer 提出<sup>[1]</sup>, 后来由 Smith 在 He-Ne 激光器上实现<sup>[2]</sup>, 之后, Bridges 首次做出 CO<sub>2</sub> 波导激光器<sup>[3]</sup>。由于 CO<sub>2</sub> 波导激光器的放电管径小, 气压可相应地增高, 增益线宽可以超过 1.5 兆赫, 是一种很好的可调谐激光器。在空间通讯、光雷达中可作为调谐本机振荡器使用。

### 二、器件结构

气体激光器的放电管, 现在一般选用玻

璃管或 BeO 管。在选择波导壁介质材料时应考虑材料的损耗、热传导以及波导孔壁粗糙而引起的散射损耗等。对直孔介质波导, EH<sub>nm</sub> 模的损耗公式:

$$\alpha_{nm} = \left( \frac{u_{nm}}{2\pi} \right)^2 \frac{8\lambda^2}{a^3} R_e(\nu_n) \quad (1)$$

其中  $\nu_n = \frac{1}{2}(\nu^2 + 1)$ ,  $\nu$  为复数折射率,  $a$  为

管半径, 并在  $\nu = \sqrt{3}$  时损耗最低。Abrams<sup>[4]</sup> 对 BeO 和 SiO<sub>2</sub> 等材料, 在管径 1 毫米, 波长 1.06 微米条件下, 算出损耗为  $\alpha(\text{EH}_{11}, \text{BeO}) = 4.3 \times 10^{-5}$  厘米<sup>-1</sup>,  $\alpha(\text{EH}_{11}, \text{SiO}_2) = 1.8 \times$

收稿日期: 1979 年 10 月 22 日。

$10^{-3}$  厘米 $^{-1}$ 。这与激光增益  $0.01$  厘米 $^{-1}$  相比, BeO 波导管的损耗可以忽略不计, 而  $\text{SiO}_2$  波导管的损耗, 则约占激光增益的 18%。若直径减半至 0.5 毫米, 那么  $\text{SiO}_2$  的损耗超过增益, 不能产生振荡了。又由于波导激光器的电流密度比一般激光器高 2 个数量级, 因而冷却气体是很重要的工作。氧化铍导热系数为  $0.54$  卡/厘米·秒· $^{\circ}\text{C}$ , 比石英的导热系数 ( $0.0035$  卡/厘米·秒· $^{\circ}\text{C}$ ) 大 2 个数量级。但 BeO 表面不易抛亮, 它的散射损耗比  $\text{SiO}_2$  管大, 但与前两种情况相比影响较小。因此 BeO 陶瓷是制造细管径、高压密封式  $\text{CO}_2$  波导激光器的较好材料。

我们制造了尺寸为  $1.5 \times 1.5$  毫米 $^2$  方孔 (A 管) 及  $1.0 \times 1.0$  毫米 $^2$  方孔 (B 管) 两种尺寸的  $\text{CO}_2$  波导激光器。其结构如图 1 所示。以抛光好的四块氧化铍陶瓷板用 730# 胶贴成一个方孔, 一侧钻有四个小圆孔, 安装金属镍电极。为了降低放电电压, 分两段放电。镀金平面反射镜和一块反射率为 95% 的锗输出镜组成光学波导谐振腔。全反射镜贴在 PZT 压电陶瓷筒上 (A 管) 或安装在厚 0.2 毫米、 $\phi 26$  毫米的 PMN 双压电片 (B 管) 上。压电陶瓷和输出镜各自安装在带有波纹管的调节架上。BeO 置于铜散热槽上, 用水冷却。

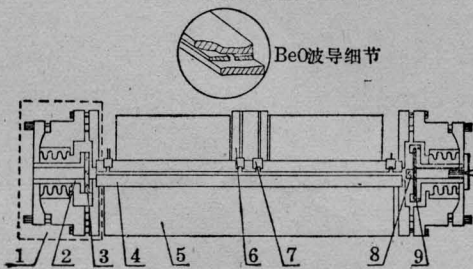


图 1 管 B 的结构示意图

- 1—铜调节架; 2—输出镜座; 3—锗输出镜;  
4—BeO 陶瓷管; 5—铜散热槽; 6—高压绝缘插座; 7—镍电极; 8—反射镜; 9—双压电片

### 三、激光器性能

#### 输出功率

(1) 全反射镜的反射率为 98%, 锗输出

镜反射率为 95%, 透过为 2.0%; 两个腔镜至波导口距离 1.5 毫米; 管内充气比例为  $\text{He}:\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{Xe}=4:1:0.5:0.25$  时, 改变总气压, 测得总气压与输出功率关系, 如图 2。

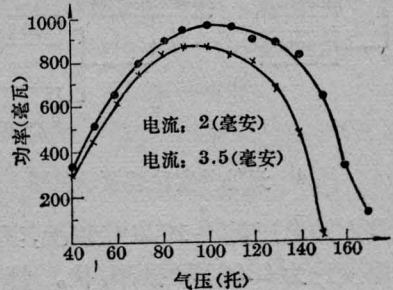


图 2 在不同电流下, 管 A 输出功率与运转气压的关系曲线

从图 2 中可以看出, 与 A 管最佳功率相对应的气压约为 100 托, 最高运转气压为 170 托, 超过 180 托不能产生激光振荡。

(2) 固定总气压, 改变放电电流时, 电流与输出功率的关系见图 3。从图 3 可以看出, 当气压高时, 最佳输出向电流小的方向移动。

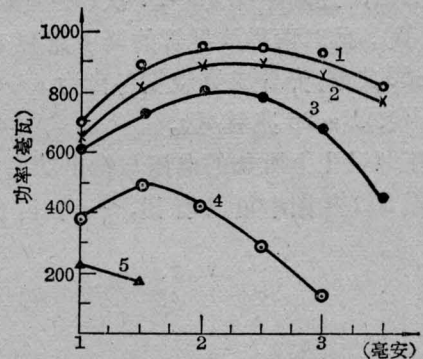


图 3 在不同气压下 A 管输出功率与改变电流关系曲线

- 1—气压: 100 托    4—气压: 160 托  
2—气压: 120 托    5—气压: 180 托  
3—气压: 140 托

#### 调谐宽度

测量调谐宽度有几种方法, 一种根据调整激光器腔长, 观察输出功率变化, 求出腔长变化允许值, 再计算调谐宽度; 另一种用两支激光管的光外差方法, 测出调谐宽度。我们用两支  $\text{CO}_2$  波导激光器光混频来测量, 其实验装置见图 4。用在光外差的管 A 在  $10.6$  微米上要调谐一个自由光谱范围, 加在压电

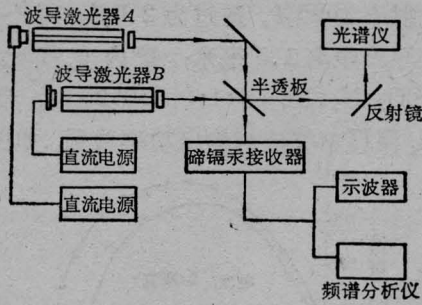


图4 光外差实验装置示意图

陶瓷筒上的电压需要1000伏以上,其线性部分灵敏度约为0.00575微米/伏。管B带有双压电片,在10.6微米带上,调谐一个自由光谱范围,只要电压50伏。这两个管按上面所给的比例充150托混合气体,管A工作时管压降为3千伏,每段放电电流1.4毫安;管B管压降为3千伏,每段放电电流1.0毫安。这两个管子都在 $P_{20}$ 支上运转,用光栅光谱仪来监视。采用一支管频率跟踪另一支管频率的方法,连续跟踪23~27次(外差频率为20兆赫),此时两种波导管的调谐宽度都是 $500 \pm 50$ 兆赫;光外差灵敏度各自为 $A=0.65$ 兆赫/伏, $B=26$ 兆赫/伏。

压电陶瓷上所加的电压与输出功率关系示于图5。从图中可以看出,一个自由光

谱范围内扫出4条 $P$ 支振荡谱线,并求得 $P_{20}$ 的调谐宽度为580兆赫。它与用外差法实际实验测得的数值相符。

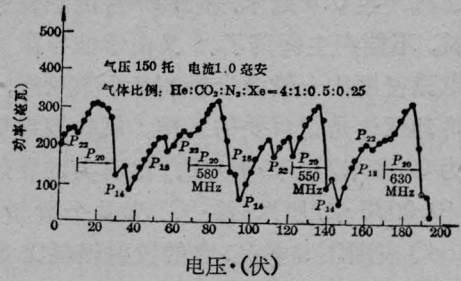


图5 管B输出功率与双压电片上所加的电压关系曲线

### 参 考 文 献

- [1] E. A. J. Marcanti, R. A. Schmeltzer; *Bell Syst. Tech.*, 1964, **43**, 1787.
- [2] P. W. Smith; *Appl. Phys. Lett.*, 1971, **19**, 132.
- [3] T. J. Bridges *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **26**, 403.
- [4] R. L. Abrams, W. B. Bridges; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 940.
- [5] Hiromichi Shirahat, Tomotujiok; *J. Appl. Phys.*, 1976, **47**, 2453.
- [6] R. L. Abrams; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1972, **QE-8**, 838.
- [7] Degnan; *Rev. Appl. Phys.*, 1976, No. 1, 1.
- [8] Degnan; *J. Appl. Phys.*, 1974, **45**, 259.