

## 高频激励波导 CO<sub>2</sub> 激光器

**Abstract:** A RF excited CW CO<sub>2</sub> waveguide laser has been developed, and effective match between the laser head and the RF power supply achieved. The exciting frequency was 35.8 MHz. The discharge channel size was 2 mm × 2 mm × 150 mm. The power output of up to 2.8 W and the efficiency of up to 4.8% have been obtained at a total pressure of 130 Torr with gas mixture ratio of CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He:Xe=1:0.3:4.2:0.2.

### 一、前言

七十年代初出现了波导 CO<sub>2</sub> 激光器。由于它可以实现频率调谐，在雷达、通讯、测污及光谱学等方面得到广泛应用，而引起人们的极大重视。

前期的器件多采用纵向直流激励<sup>[1-3]</sup>。因为这种激励方式是一般的连续波 CO<sub>2</sub> 激光器通常所采用的，所以它在工艺上比较成熟，容易实现。但根据放电特性，波导激光器采用它则需要 0.5~1.5 kV/cm 的高电压及 ≥100 kΩ/cm 的镇流电阻，因此需要考虑采用多段并联放电。这样的放电带来的困难是：各段不易同时着火，要有严格的高压绝缘措施。此外，还有由于镇流电阻耗散大部分功率而使总效率低及由于阴极溅散污染反射镜和放电区而使器件寿命下降等问题。

采用横向高频放电<sup>[4-6]</sup>，上述一些困难及问题得到克服。放电电压降到 100~200 V，建立和维持放电都变得比较容易；镇流电阻为零也能稳定地放电，从而总效率得到成倍提高；由于是“无极”放电，还消除了阴极溅散的污染。此外，采用高频激励还可使激光功率有很宽的（几十毫瓦到几瓦）连续可调范围，这必然会扩大它的应用范围。

### 二、结构

我们研制的激光器结构如图 1 所示。波导由 Al 电极和 BeO 侧壁组成。下电极的下端做成圆弧形，固定在金属储气套上，储气套的外面是金属水冷套。储气套和水冷套两端的法兰盘连接反射镜座。谐振腔

为平-平腔。全反射镜为镀金的锗镜，距波导口 5 mm；输出镜为透过率 10% 的锗镜，距波导口 2 mm。高频功率通过 BNC 接头、阻抗匹配网络及接线柱耦合到激光头中。

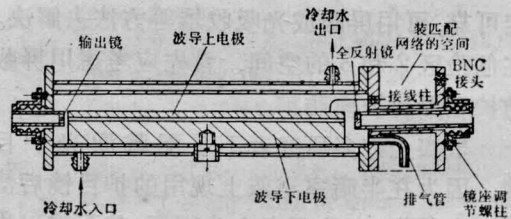


图 1 高频激励波导激光器剖面图

激光头可看成是电容  $C$  和电阻  $R_0$  的并联，电容  $C$  取决于波导尺寸及侧壁介质材料。电阻  $R_0$  与工作气体、输入功率及激励频率有关。激光头呈现复数阻抗，为了将电源功率有效地传送给激光头，在它们中间要有一个匹配网络。当匹配网络与电源结合呈现的阻抗是激光头阻抗的复数共轭时就得到了最佳匹配。其电路图示于图 2。

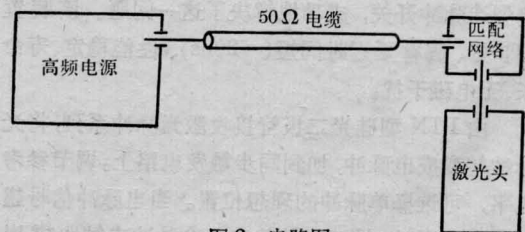


图 2 电路图

### 三、测试结果

测试用的激光器波导尺寸是  $2\text{ mm} \times 2\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ , 激励电源频率是  $35.8\text{ MHz}$ , 气体配比  $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}:\text{Xe}=1:0.3:4.2:0.2$ 。在总气压分别为  $68\text{ Torr}$ 、 $97\text{ Torr}$ 、 $110\text{ Torr}$  和  $130\text{ Torr}$  的条件下, 测量了激光输出功率与高频输入功率的关系, 并观察了谱线、模式和偏振方向。测试结果示于图 3。

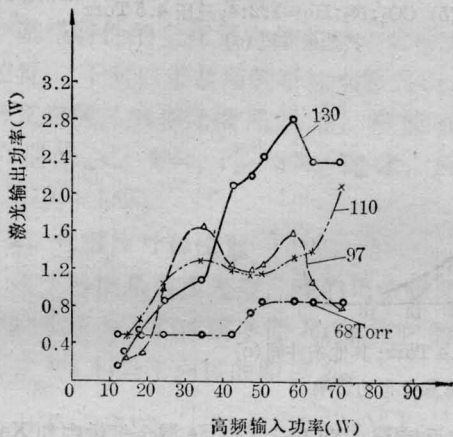


图 3 激光输出功率与高频输入功率的关系

观察结果表明: 激光器振荡在  $00^{\circ}1 \sim 10^{\circ}0$  振转跃迁的  $P$  支基模上, 偏振方向平行于电极表面。

### 参 考 文 献

- [1] T. J. Bridges *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1972, **20**, No. 10, 403.
- [2] D. R. Hall *et al.*; *J. Phys. D; Appl. Phys.*, 1978, **11**, No. 6, 859.
- [3] G. M. Carter, S. Marcu; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **35**, No. 2, 129.
- [4] J. L. Lachambre *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, No. 10, 625.
- [5] А. Е. Бакарев; *Кван. электр.*, 1980, **7**, №2, 430.
- [6] P. P. Chenausky *et al.*; *CLLEOS*, 1980.
- [7] С. П. Вольская, А. Ф. Целыковский; *Кван. электр.*, 1981, **8**, №5, 1116.
- [8] L. V. Sutter; *Opt. Eng.*, 1981, **20**, No. 5, 769.
- [9] G. Allcock, D. R. Hall; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, No. 1, 49.

(北京真空电子器件研究所 齐桂云  
于世彭 曹余黎 虞 钢 韩 涌  
1984 年 1 月 31 日收稿)

## 激光对 $\text{CO}_2$ 激光器中电子能量分布的影响

**Abstract:** In this paper, the influence of lasing on the electron energy distribution in  $\text{CO}_2$  lasers is studied by means of the second derivative of the probe current. It has been shown that the influence of lasing appears around  $2.5\text{ eV}$ .

Nighan<sup>[1]</sup>利用已知的电子-分子碰撞截面数据, 计算了在  $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$  混合气体中的电子能量分布函数, 同时研究了电子的跃迁速率, 在此基础上研究了电子-分子能量变化过程与激光的关系。他的结论是激光对电子能量分布影响不大。但是, Bletzinger<sup>[2]</sup>得出了相反的结论, 他在  $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-He}$  混合气体放电实验中观察到了激光对电子能量分布的烧蚀效应。尔后 Avivi<sup>[3]</sup>用置于等离子体中的电探针的伏安特性曲线, 研究了激光对电子能量分布的影响。实验结果表明在 2 电子伏附近, 激光使电子能量分布曲线产生明显的变化。本文采用探针电流的两次导数法测量了  $\text{CO}_2$  激光器中激光对电子能量分布的影响。

Drungjvesteir<sup>[4]</sup>给出了电子能量分布与探针电

流二次导数的关系, 即:

$$f(V) = \frac{2}{eA} \left( \frac{2mV}{e} \right)^{1/2} \frac{d^2i}{dV^2}$$

式中  $A$  为探针表面积,  $e$ 、 $m$  分别为电子的电荷与质量,  $V$  为相对于等离子体电位的探针电位 ( $V = V_a - V_p$ ,  $V_p$  是探针所处的等离子体区到参考电极的电压,  $V_a$  是实验加在探针上的电压),  $\frac{d^2i}{dV^2}$  为探针电流的两次导数。用探针法测量等离子体中的电子能量, 其误差  $< 20\%$ 。

当在探针电压上叠加一个小振幅正弦电压时, 探针电流对电压的二次导数与探针电流的二次谐波成正比。实验用选频放大器和相敏检波器从各种谐波中取出两次谐波。为了保证测试精度, 所加的正弦电压不能很大, 一般在  $0.2 \sim 0.3\text{ V}$ 。以多次重复