

4. 认为  $v_B$  对作用区产生直接影响, 这是否与实际情况相符呢? 为此用(5)式和(6)式(我们的)以及(8)式和(9)式(Hakki 的)的计算结果与 Hakki 的自发发射强度分布的测量结果<sup>[2]</sup>作了比较。图 2 中的圆点即测量数据。可见我们的结果与实验更加吻合。说明我们的分析更接近实际情况。

#### 四、结束语

综上所述, 我们的分析计算结果与实验结果更加吻合。另外, 由

$$\tau_{eff} = \tau \left( 1 + \frac{v_B \tau}{s} \right)^{-1}$$

看出, 作用区的载流子有效寿命不仅随轰击区的非辐射复合速度  $v_B$  的增加而减小, 而且随条宽的减窄而减小。这是过去的理论分析中所没有的新结果。由此我们可以推断: ① 质子轰击所产生的破坏对条宽窄的激光器的性能影响较大<sup>[4]</sup>; ② 同样条宽的深

轰击激光器比浅轰击的脉动频率高<sup>[5]</sup>, 条宽窄的深轰击激光器比条宽宽的深轰击激光器脉动频率高; ③ 对深轰击激光器轰击后的退火对改进器件的可靠性是重要的<sup>[1]</sup>。

#### 参 考 文 献

- [1] R. J. Nelson, D. L. Rode; *J. Appl. Phys.*, 1979, **50**, 5135.
- [2] B. W. Hakki; *J. Appl. Phys.* 1973, **44**, 5021.
- [3] H. C. Casey, Jr., M. B. Panish; "Heterostructure Laser", Part B, 1978, p246.
- [4] R. L. Hartman, R. W. Dixon; *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**, 4041. J. C. Campbell *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1980, **51**, 4010.

(中国科学院上海光机所 吴克林  
1981年2月16日收稿)

## 横向激励气压调谐波导 CO<sub>2</sub> 激光器

**Abstract:** A new principle for TE waveguide CO<sub>2</sub> laser tuning—tuning by pressure—is reported. It provides wide tuning range and easy operation.

Here, we describe in detail construction of the laser system and give experimental results. A tuning range of about 1120 MHz has been obtained and the average output is 17 mW.

### 一、气压调谐原理

气体激光器通常是靠控制加在压电元件上的电压, 使腔长产生微小变化而实现调谐的<sup>[1,4]</sup>。这种方法对于低气压器件来说是比较方便易行的, 但它受到自由光谱范围的调谐上限的限制。

我们的器件能够在 30~760 托的宽广的气压范围内工作, 因而在恒定腔长的条件下, 可以利用气压的变化来实现调谐。

我们知道, 在较宽的气压变化范围内, 气体的折射率  $n$  是压力  $P$  的线性函数:

$$n = 1 + KP \quad (1)$$

其中  $K$  为与气体有关的常数。

对于 F-P 型振荡腔, 其振荡波长与腔长及其折射率有如下关系:

$$m\lambda = 2nL \cos\theta \quad (2)$$

通常,  $m, L, \cos\theta$  均为常数, 所以

$$d\lambda = \frac{2L \cos\theta}{m} dn = \frac{\lambda}{n} dn \quad (3)$$

对(1)式微分便得折射率随气压的变化率为:

$$dn = K dP \quad (4)$$

将(4)代入(3)得:

$$d\lambda = \frac{K\lambda dP}{n} \quad (5)$$

若用频率表示则为:

$$\Delta\nu = \frac{K\nu}{n} \Delta P \quad (6)$$

波导 CO<sub>2</sub> 激光器采用的是 CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、He 三种气体的混合, 所以(6)式中的常数  $K$  及  $n$  与混合气体组分及其分压比有关:

$$n = 1 + K_1 P_1 + K_2 P_2 + K_3 P_3 = 1 + KP \quad (7)$$

对于气体混合比为 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He=1:1:5 的情况, 计算可得:

$$K = 1.7 \times 10^{-7} / \text{托}$$

而混合气体的总折射率  $n = 1.00013$  (当总气压  $P = 760$  托时)。

因此, 如果气压从零变化至一个大气压时, 对于 10.6 微米波长可以得到的波长变化值为

$$\Delta\lambda = \frac{K\lambda}{n} \Delta P = 13.70 \text{ 埃}$$

这相当于频率的变化为:

$$\Delta\nu = 3657 \text{ 兆赫}$$

这样的调谐范围还是相当可观的。需要注意的是,在腔内不附加任何模式限制器的情况下,为保证单线振荡,气压调谐的范围仍然不能超过谐振腔的自由光谱范围。但如果在腔内加标准具限模,使得在谐振腔的自由光谱范围外仍能保持单模振荡,则只要操作允许,气压变化量  $\Delta P$  可以增加,从而调谐范围也就可以增加,而不受自由光谱范围的限制<sup>[2]</sup>。

## 二、器件结构

我们研制的横向激励气压调谐 CO<sub>2</sub> 激光器,其结构如图 1 所示。

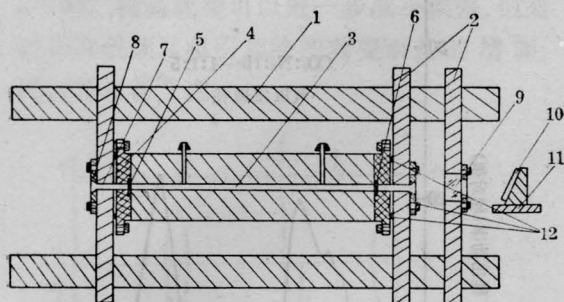


图 1 横向激励气压调谐 CO<sub>2</sub> 激光系统结构示意图

- 1—般钢支架; 2—般钢固定板; 3—波导腔体;  
4—隔热接口法兰; 5—全反射镜  $m_1$ ; 6—输出镜  $m_2$ ; 7—石英支撑管; 8—般钢腔镜调节环;  
9—NaCl 透镜; 10—光栅 G; 11—光栅调节台; 12—密封 O 圈

整个激光器固定在四根直径 20 毫米的般钢棒和两块厚 5 毫米的般钢板之间。平面锗介质膜全反射镜  $m_1$  ( $R=99\%$ ) 和平面锗输出镜  $m_2$  ( $R=85\%$ ), 分别由两个中空的石英支撑管用环氧树脂封固到般钢腔镜调节环上; 两腔镜距波导口均约 2 毫米, 腔镜之间距离 134 毫米。由于激光腔的固定材料是热膨胀系数很小的般钢 ( $0.7 \times 10^{-6}/\text{度}$ ), 使整个系统因温度变化所导致的激光器频率漂移减到最小。

波导腔的详细剖面如图 2 所示。电极由两根宽 2 毫米、长 130 毫米的黄铜块组成, 内侧抛光, 两端导圆, 电极间距 3 毫米。两块平板玻璃是波导腔的另外两壁; 并用 0.125 毫米厚的涤纶薄膜与主电极隔开一个缝隙。整个腔体用有机玻璃盖板加真空橡皮密封。工作气体采用流动的混合气体 (CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He=1:1:5), 流速为 10~12 升/分。

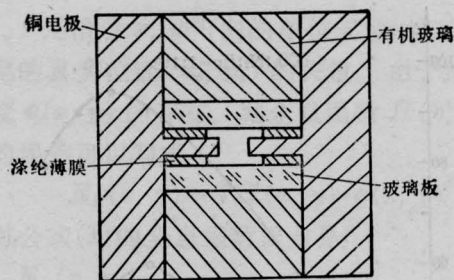


图 2 横向激励波导 CO<sub>2</sub> 激光器剖面图

图 3 是器件的等效电路。采用 Blumlein 型快速脉冲放电回路及自触发充氮火花隙, 贮能电容在 1.5~3 毫微法范围内可调。直流高压由霓虹灯变压器经全波整流倍压后供给。

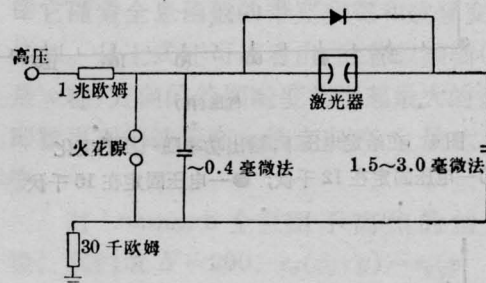


图 3 快速放电 Blumlein 型脉冲线路示意图

图 1 中的 NaCl 透镜 ( $f=100$  毫米) 放置在距波导输出端 100 毫米处, 以便将输出激光束准直到腔外选线光栅 G 上。器件的气压调谐输出从光栅 G 的一级衍射获得。

## 三、器件性能

### 1. 输出特性

首先在非调谐状态下, 对器件输出特性进行了测试, 得到了器件在给定工作电压下输出功率随气压的变化 (见图 4), 以及在给定气压下输出功率随器件工作电压的变化 (见图 5)。图 4 表明, 在我们的实验范围内输出功率与气压关系的线型在不同工作电压下是基本一致的, 但最佳工作气压随电压的增加而增加。

该器件所得到的最大平均输出功率为 112 毫瓦, 脉冲重复频率为 500 次/秒。当气体混合比为 CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He=1:1:6 时, 所达到的最大工作气压为一大气压, 但平均输出功率降为 30 毫瓦。

### 2. 选线及调谐

在通常的情况下, 一个调谐激光器的选线元件几乎总是光栅, 并且将其作为腔镜的一端。如果将

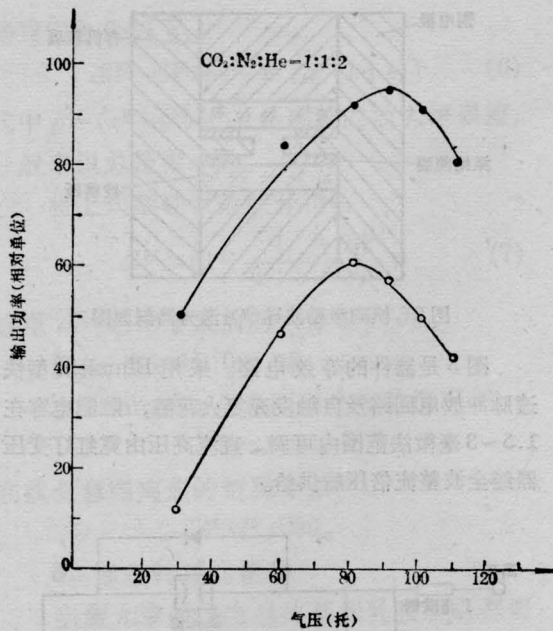


图4 在给定的电压下,输出功率随气压的变化  
○—电压固定在12千伏; ●—电压固定在15千伏

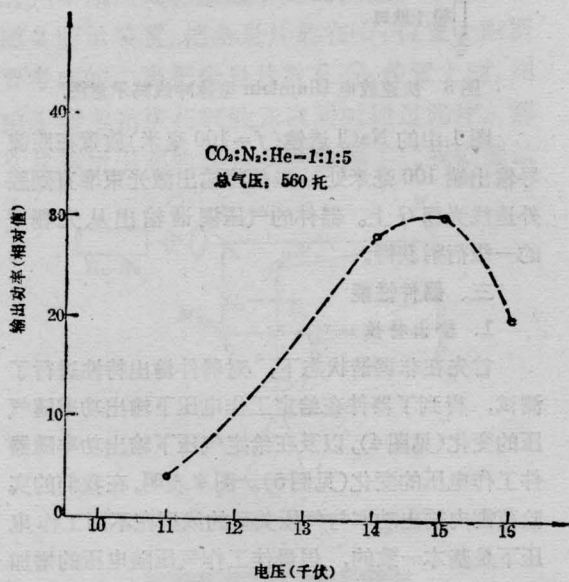


图5 在给定的气压下,输出功率随电压的变化

这样的设计方案用于波导 CO<sub>2</sub> 激光器,这就势必要求作成外腔式结构,因而也就要求波导口线度与反射镜的曲率半径  $r$  之比有一个最佳值<sup>[3]</sup>,否则,尽管全反射镜和输出镜均置于距波导口  $r$  处或  $r/2$  处,耦合损耗还是要大大增加;而且,相应地也增加了对光栅衍射效率的要求(一般应在 90% 以上)。

我们采用了平-平腔方案(腔镜离波导口 2 毫米),并在腔外放置一块 100 线/毫米的光栅,利用光栅的色散性能,将激光器输出的多根谱线分别选出。如图 1,一块焦点位于波导输出端的 NaCl 透镜将输出激光束准直到光栅  $G$  上,用一个 1 转/分钟的低速马达带动光栅转台,于是输出激光束中的不同谱线就通过光栅的一级衍射顺次进入检测元件。当光栅固定在某一位置时,就可选出输出光束中的某条谱线。所用光栅的一级衍射效率为 87%,所接收到的最强谱线 CO<sub>2</sub>P(8) 的平均功率是 17 毫瓦。图 6 示出由光栅选线的器件输出谱线(用 He-Ne 激光器 6328 Å 的波长定标)。

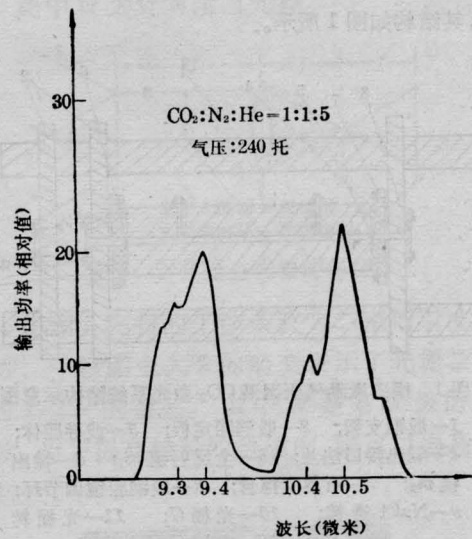


图6 激光器的输出谱线

我们对图 1 所描述的系统进行了气压调谐实验。将光栅固定在某一方位上,使它选出工作需要

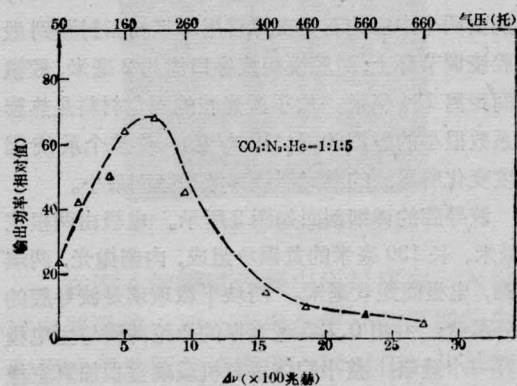


图7 CO<sub>2</sub>P(8)线的气压调谐曲线  
( $\Delta\nu=0\sim 2745$  兆赫)

的中心频率为  $\nu_0$  的谱线, 然后调节气压即可在  $\nu_0$  附近实现连续调频。操作过程中保持泵速恒定, 三种气体分别由流量计控制在一定的分压比上, 使在混合气室内的气体混合比保持恒定。激光器腔内的工作气压则可根据激光器气压指示表控制在所需的气压之下。实验证明, 该系统因气压起伏所导致的频率漂移小于  $0.01 \text{ \AA}$ 。

图 7 是在混合气压比为  $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:1:5$ , 总气压变化从  $50\sim 660$  托时, 对  $\text{CO}_2 P(8)$  线的实验结果。从图中可以看到, 有效调谐范围大约是  $1120$  兆赫 (在这个范围内, 器件是单线工作的)。

## 参 考 文 献

- [1] R. L. Abrams; *Appl. Phys. Lett.*, 1974, **25**, No. 5, 304.
- [2] W. R. Leeb; *Appl. Opt.*, 1975, **14**, No. 7, 1706.
- [3] J. J. Degnan; *Appl. Phys.*, 1976, **11**, No. 1, 1~33.
- [4] A. V. Lerberghe *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, 1978, **QE-14**, No. 7, 481.

(中国科学院物理研究所)

陈正豪 崔大复 吕惠英 周岳亮

1981年1月26日收稿)



## 激 光 铰 床

氮-氩管端面的加工是重要的基础工艺。我厂对管端面加工, 由最初的手工研磨过渡到车床加工。

对平凹腔端面加工要满足三点: 平行度、垂直度和同心度。

平行度

$$\theta \leq \frac{0.3\omega}{R} \quad (1)$$

垂直度

$$\varphi \leq \frac{0.3\omega}{L} \quad (2)$$

同心度

$$t \leq 0.3\omega \quad (3)$$

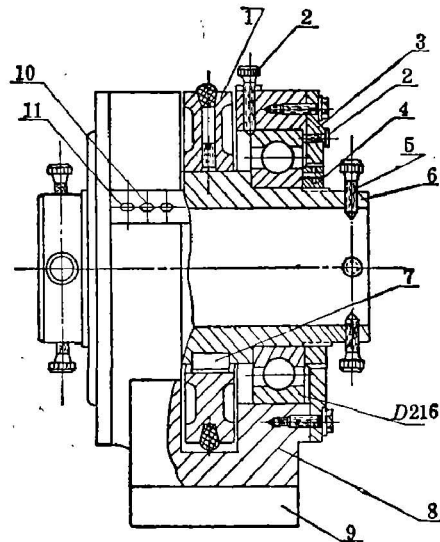
以腔长  $L=250$  毫米、曲率半径  $R=1000$  毫米、波长  $\lambda=6328 \text{ \AA}$  为例, 算得  $\theta \leq 21''$ ,  $\varphi \leq 84''$ ,  $t \leq 0.102$  毫米。

铰床的轴向窜动精度和平行度、垂直度有关。为保证较高的平行度, 待加工端面为  $\phi 20$  毫米时, 代入上例数值, 可算出轴向窜动小于  $0.002$ ; 径向跳动和同心度有关, 要求小于  $0.102$ 。由此看出, 提高铰床精度, 主要是提高车头轴向窜动精度。

由于铰床的精度要求高, 普通轴承不能满足要求。为了提高车头精度, 我们在换用  $D$  级轴承基础上, 又改进了结构, 采用非普通轴承固定法, 如右图所示。

每个轴承的位置用调整螺钉 2 调节, 另外在轴承座 8 的上面增加固定板, 使装配好后不易变形。经过这样的改进, 轴向窜动和径向跳动都小于  $0.002$ 。车出的管子质量合乎要求。用此法又制造第二台,

行之有效。这种结构的优点是, 对加工件精度要求低, 特别是轴承座孔, 孔为直孔, 与轴承外圈滑配合, 容易加工。又因可调, 能使轴承外圈滚子导轨调节到理论的垂直位置上, 从而达到高精度。另外, 如果精度下降, 可调节外圈轴承位置, 即调节图中所标 2



1—皮带轮; 2—调整螺钉; 3—轴承盖; 4—锁紧螺母; 5—调整螺钉; 6—主轴; 7—键; 8—轴承座; 9—底板 10— $\phi 6$  锥销; 11—固定板

的 12 个调节螺钉, 使铰床恢复精度。它克服了零件变形等多种因素的影响。

(国营景光电厂 李树果

1981年3月30日收稿)