

# 输出实心光束的环波导激光器

陈永明 黄元庆

(厦门大学机电工程系, 厦门 361005)

**提要** 本文介绍了一种结构新颖的、具有环形增益介质的环波导 CO<sub>2</sub> 激光器。该激光器采用了一个结构简易的光束变换系统, 可使出射的环状平行光束转换为实心平行光束。从而大大地拓宽了该激光器的应用范围。

**关键词** 环波导激光器 光束变换

## A Annular Waveguide Laser With a Solid Beam Output

Chen Yongming Huang Yuanqing

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005)

**Abstract** A new structure of the annular waveguide CO<sub>2</sub> laser is presented in this paper. A simple beam transformer is used that transform the annular beam to solid beam. So that the application regions of the annular waveguide laser may be added.

**Key words** annular waveguide laser beam transformation

普通 CO<sub>2</sub> 激光器随着工作气体温度的升高将导致激光功率的下降, 为了获得大功率的激光输出, 必须采用许多冷却装置, 如: 气体循环系统、压缩机、热交换机等, 这些冷却装置往往结构复杂、体积庞大, 从而导致大功率激光器的适用范围受到较大限制。具有环形增益介质的环状激光器采用扩散冷却与整体缩放技术, 无需专用冷却设备, 也可以从环状增益介质中输出一束高功率激光束。本文所介绍的环状波导 CO<sub>2</sub> 激光器, 采用了全金属型的大面积的放电电极, 实现了激光气体的扩散冷却, 不再需要上述循环冷却系统, 从而获得了结构紧凑的、微小型高功率的、低价格的激光器件。<sup>[1]</sup>

这种激光器的输出为一环状激光束, 虽在某些场合, 环激光束可直接进行应用, 如: 冲孔、环工件的焊接与热处理等, 但在大多数情况下, 仍然要求采用实心激光束, 因此环状激光束难以得到广泛的应用, 这也制约了环激光器件的进一步发展。

为了解决上述问题, 我们根据该激光器增

益介质中空、环状的特点, 大胆采用角锥透镜取代传统的平面输出镜(若是实心介质, 角锥透镜可将引发聚焦效应, 破坏工作介质)。实现了输出激光束从环状到实心的直接变换。这一技术的采用, 既保持了环激光器原有的特点, 同时大大增加了其应用的范围。

### 器件基本结构

带有锥形透镜的环波导 CO<sub>2</sub> 激光器件的基本结构如图 1 所示。

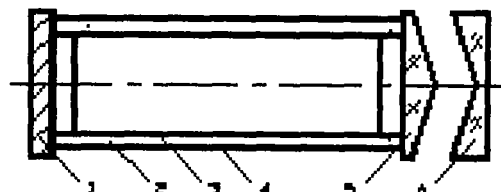


图 1 激光器基本结构图

1. 反射镜 2. 波导区 3. 内电极 4. 外电极
5. 正角锥透镜 6. 负角锥透镜

本器件中, 铜金属全反射平面镜 1 与红外输出锥形透镜 5 的平面组成平行平面谐振腔; 锥形透镜的平面涂镀对 10.6 $\mu\text{m}$  波长光反射率

为90%的膜层,锥形部分则镀同一波长的增透膜;抛光的内电极3的外侧面与外电极4的内侧面构成了器件的波导区2,环区横向尺寸为2.25mm;由于采用大面积的内外电极,因此只需采用普通冷却液(水),即可实现激光气体沿侧壁扩散冷却,使激光器工作稳定。

输出锥形透镜5的外侧是一个正角锥透镜,它与负角锥透镜6构成一个光束变换器,其作用是将空心的环形平行光束转换为实心平行光束。图2是环状光束转换的光路图。

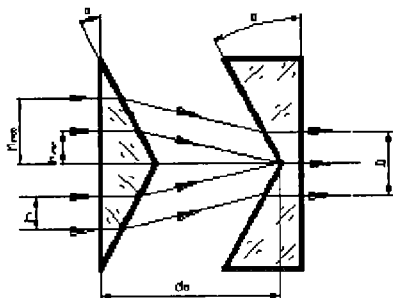


图2. 光束转换系统光路图

根据几何光学原理,在 $\alpha$ 很小,且不考虑角锥透镜厚度时,两角锥透镜之间的距离 $d$ 可由以下近似公式求得:

$$d = h / (n - 1) \alpha \quad (1)$$

式中: $h$ 为入射光在角锥透镜上的高度; $n$ 为角锥折射率。所以,

$$d_0 = h_{min} / (n - 1) \alpha \quad (2)$$

设 $\Delta h = h_{max} - h_{min} = 2.25\text{mm}$ ,则变换后的实心光束直径约为 $D = 2\Delta h = 4.5\text{mm}$ ,且为平行光束。

### 实验结果

当谐振腔长度为200mm,内、外电极半径分别为13mm、15.25mm时,且激光器运转时处于最佳工作总气压12.9kPa,最佳各气体分压比 $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} : \text{Xe} = 1 : 1 : 6 : 0.5$ 状态下,采用RF激励,获得145W的激光功率输出,总的电光转换效率为11%,如图3所示。

### 结论

采用扩散冷却与体积缩放两大技术的全金属环状波导 $\text{CO}_2$ 激光器解决了 $\text{CO}_2$ 激光器件

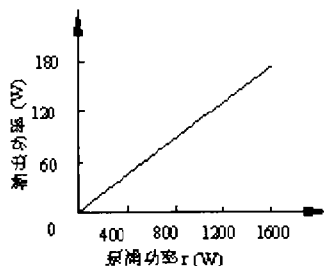


图3 激光输出与泵浦功率的关系

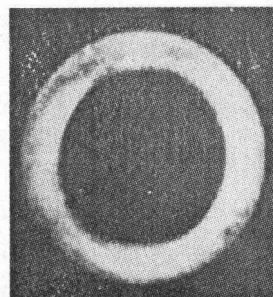


图4 环形激光光束光斑

图4为普通环波导激光器输出的环状光束光斑形状,图5表示用ZnSe为材料,锥角 $\alpha = 0.93 \text{ rad}$ 的正、负角锥透镜作为输出镜和光束变换系统时所输出的实心光束光斑形状。

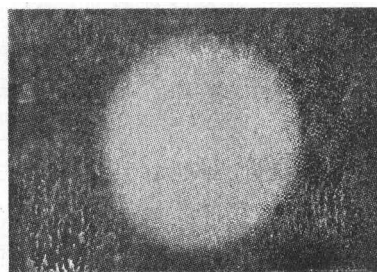


图5 变换后的实心光束光斑

的微型高功率化的关键技术问题。

利用简单的正负角锥透镜组成光束变换器,实现了环状光束到实心光束转换,进一步拓宽了器件的应用领域,使其所配置的激光仪器实现多功能化。若将负角锥透镜设计为可沿轴向移动的可调机构,则很容易实现输出光束形状从环状到实心之间的连续变化,使该激光器的使用更加灵活方便。 (下转第496页)

的输入框可以修改 A/D 转换器转换的平均次数、单色仪扫描的波长范围、单色仪扫描的精度,由滚动条可以修改扫描的速度。实验者可以通过调节不同参数,达到实验的最佳效果。一切设定在关闭窗口时将自动保存到硬盘的一个 setup.txt 文件中,每次启动时候自动调用。这种功能还使得我们在做二次实验的时候能够自动调节谱线的幅度,从而使谱线图象达到最佳。实验时,由复选框可以设置是否保存本次扫描的数据,如果选择保存,则在单击按钮 plot 的时候将会跳出一个输入框,输入文件名,扫描完毕之后,所有的数据连同相应的波长数据会以 dat 格式存入指定的文件名中。通过 dat 文件,可以用 Origin 软件对数据进行分析。

界面中最主要的是 plot 按钮的画图功能。如果现在单色仪的波长鼓所处的位置为界面上起始波长处或者终止波长所显示的读数时,则单击 plot 按钮触发。plot 按钮会自动判断是从起始波长到终止波长顺序扫描还是从终止波长到起始波长处的回扫。倘若现在单色不是处在起始或终止波长处,单击 plot 则会提示你要回到起始波长或者终止波长处,只要选择 to start point 或 to end point 按钮就可以了。Forward、backward、test 三个按钮是用来调节测试步进马达是否正常工作。Stop 按钮使软件停止工作。Read Position 按钮用来显示单色仪当前的波长。

图 3 是我们在实验中测得的两个 LED 在有光纤光栅和没有光栅时的图像。我们通过 Origin 软件调用实验数据,测得 LED 的中心波长是 15333 埃,光纤光栅的反射波中心波长是 15532.4 埃。这与标准的数值各相差 23 埃

和 25 埃。造成这个差别主要是因为单色仪的转轴齿轮之间已经不能很好吻合,有虚位。这个误差只能用坐标平移的方法或者双向扫描求平均的方法消除。我们用氦氖激光做标定,发现误齿轮之间造成的误差是 25 埃。

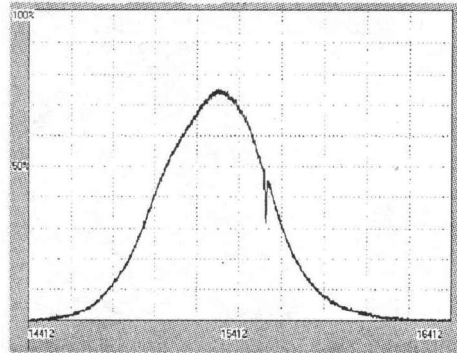


Fig3 The interface of the software

### 本测量系统的特点

本系统的使用方法非常简单直观。扫描的步长精度可以达到 150 分之一埃的任意整数倍(我们在标定过程中测得步进马达走 150 步正好是一埃)。它的重复性特别好,连续扫描几次的数据图像基本重合。我们测得的图像(包括光纤光栅的中心反射波长  $\lambda_B$  和  $\Delta\lambda$  等参数)与国外进口光谱仪(OSA)所测得的谱线能很好的吻合。进口的 OSA 很贵,我们的自动化改进只须在原有实验仪器的基础上投资数百元就可以实现类似的功能。

### 参考文献

- [1]秦秉坤,孙雨南 介质波导及其应用,北京 北京理工大学出版社 1991,118~196
- [2]傅思镜,中山大学学报(自然科学版),1999,Vol 38, No. 6,34

(上接第 482 页)

### 参考文献

- [1] Y. Q. Huang, et al. *SPIE*, 1999; 3862: 134~138
- [2] 郁道银,工程光学. 机械工业出版社,1999: 46~49