

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0212-00

带有光束变换器的环波导激光器*

黄元庆 陈永明 朱立秒 曾景华 王一菊

(厦门大学机电工程系, 厦门 361005)

摘要 介绍了一种新颖结构的环波导 CO₂ 激光器件。该激光器的谐振腔输出镜为一块正角锥透镜。正角锥透镜的底面与另一个平面全反射镜组成平行平面谐振腔。正角锥输出镜与另一块材料和棱角均相同的负角锥透镜组成光束变换器。随着负角锥透镜的平移, 出射的平行光束光斑在环状与实心之间作相应变化。

关键词 环波导激光器, 角锥透镜系统, 光束变换

中图分类号 TN248.2⁺2 **文献标识码** A

A Annular Waveguide Laser with a Beam Transformer

HUANG Yuan-qing CHEN Yong-ming ZHU Li-miao ZENG Jing-hua WANG Yi-ju

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

Abstract A new structure of the annular waveguide CO₂ laser is presented in this paper. A positive lens is used as the output mirror of the resonator. The plane-parallel resonator is formed by a all-reflected plane mirror and the bottom planar surface of the positive tapered lens. The delivering light spots are variable between the annular profile and the solid profile as the negative tapered lens.

Key words annular waveguide laser, tapered lens system, beam transformation

1 引言

具有环形增益介质的环状激光器与传统的激光器相比,有许多诱人的特性。由于它可方便地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。但普通 CO₂ 激光器,由于工作气体温度的升高而导致激光功率的下降,从而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,它占据了整个激光系统的大部分。环状波导 CO₂ 激光器,尤其是全金属型的大面积的放电电极,导致了激光气体采用扩散冷却技术,不再需要上述那些循环冷却系统,可获得紧凑的、微小型高功率的、低价格的激光器件^[1]。

但环状激光器也有不足之处。它输出的环状激光束,虽然在某些场合可直接利用环激光束进行应用,如冲孔、环工件的焊接与热处理等,但在大多数应用情况,仍然要求采用实心激光束,因此环状激光

束给应用带来了诸多不便,制约了环激光器件的进步发展。

本文介绍了一种新颖结构的环波导 CO₂ 激光器。根据增益介质中空、环状的特点,大胆采用角锥透镜取代传统的输出镜(若是实心介质,角锥透镜将会引发聚焦效应,破坏工作介质)。移动另一块基本参数相同的负角锥透镜,实现了激光束从环状到实心的直接变换。意在扩大环激光束的应用范围。

2 器件结构

图 1 所示为带有锥形透镜的环波导 CO₂ 激光器件结构示意图。

本器件中,由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;锥形透镜的平面镀对 10.6 μm 波长光反射率为 90% 的膜层,棱形部分则镀增透膜;负锥形透镜 6 两面均镀 10.6 μm 增透膜;波导区 2 是由抛光的内电极 3 的外侧面与外电极 4 的内侧表面构成,环区横向尺寸为 2.25 mm;大面积的内外电极,采用普通冷却液

* 华中理工大学激光技术国家重点实验室开放课题资助课题。

(水),实现激光气体沿侧壁扩散冷却,使激光器运转稳定。

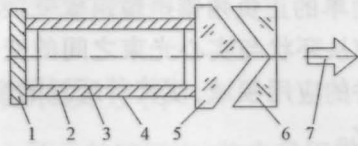


图1 带有光束变换器的环型波导 CO₂ 激光器结构示意图。

1:铜反射镜;2:波导区;3:内电极;4:外电极;5:红外锥型输出镜;6:负锥型透镜;7:激光束

Fig.1 Schematic diagram of the structure of annular waveguide CO₂ laser with a beam transformer. 1: Cu reflector; 2: waveguide zone; 3: inner electrode; 4: outer electrode; 5: IR tapered output mirror; 6: negative tapered lens; 7: laser beam

光束变换器是由一对棱角 α 相同、材料相同的正、负角锥透镜组成,如图 2、3、4 所示。图 2 是正角锥透镜聚焦特性;图 3 是负角锥透镜的发散特性;图 4 是环光束变为实心光束的相关位置图。根据几何光学原理,在 α 很小,角锥透镜不考虑厚度时,很容易得到两角锥透镜之间的距离 d 值的近似公式:

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

式中, h 为入射光在角锥透镜上的高度, n 为角锥折射率。同样可得:

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

由于 $\Delta h = h_{\max} - h_{\min} = 2.25 \text{ mm}$,因此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。

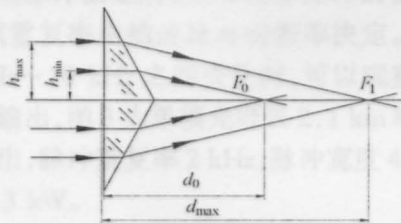


图2 正锥型透镜的聚焦特性

Fig.2 Focusing property of positive tapered lens

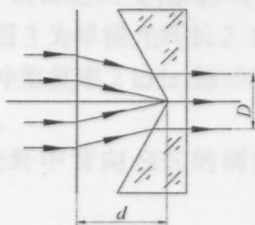


图3 负锥型透镜的散焦特性

Fig.3 Diverging property of negative tapered lens

当负角锥透镜朝正角锥透镜移动时,实心光束变成环状光束,且环光束直径逐渐变大。当正、负角

锥完全吻合时,环状光束无折射地从负角锥透镜发射,光束的宽度完全取决于谐振腔参数。在负角锥透镜移动的整个过程中,环光束宽度 Δh 始终保持不变。若负角锥透镜从 F_0 处背向正角锥透镜,则将得到不断放大的环状光束。

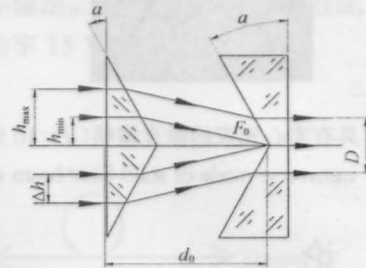


图4 光束变换系统

Fig.4 The beam transforming system

3 实验结果

当谐振腔长度为 200 mm,内、外电极半径分别为 13 mm、15.25 mm 时,且激光器运转时处于最佳工作总气压 12.9 kPa,最佳各气体分压比 CO₂:N₂:He:Xe=1:1:6:0.5 状态下,采用 RF 激励,已获得 145 W 的激光功率输出,总的电光转换效率为 11%,如图 5 所示。图 6、图 7 分别表示用 ZnSe 为材料,棱角 $\alpha=0.93 \text{ rad}$ 的正、负角锥透镜完全吻合和变为实心光束状况的光斑形状。

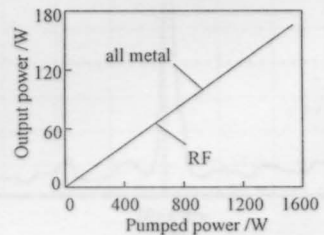


图5 激光输出功率与抽运功率之间的关系

Fig.5 Dependence of laser output on the pumped power



图6 具有轴对称性的环型激光横模 ($d=0$ 处)

Fig.6 The transverse mode of annular laser beam with symmetry about axis at $d=0$

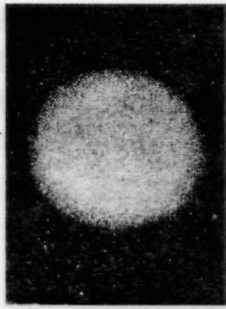


图7 具有实心光束的激光横模($d=10$ 处)

Fig.7 The transverse mode of solid laser beam at $d=10$

4 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 CO₂ 激光器解决了 CO₂ 激光器件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变换器,能够连续实现光束从环状与实心光束之间的变化,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。

参 考 文 献

- 1 Y. Q. Huang, D. SH. Xu, L. M. Zhu *et al.*. A new structure of high-power mini-waveguide CO₂ laser. *Proc. SPIE*, 1999, **3862**:134~138
- 2 郁道银,谈恒英. 工程光学. 北京:机械工业出版社, 1999. 46~49

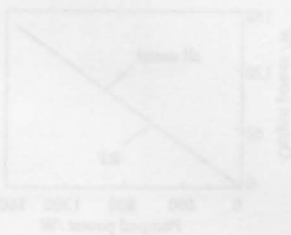


图2 锥形输出功率与锥形功率的依赖关系
Fig.2 Dependence of laser output on the tapered power

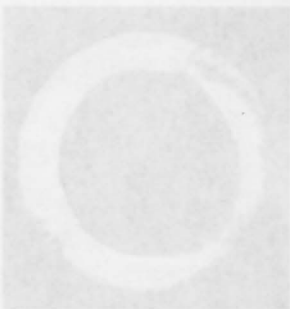


图6 具有高斯光斑的环状激光横模($d=0$ 处)
Fig.6 The transverse mode of laser beam with Gaussian spot size of $d=0$



图3 正锥形透镜的聚焦特性
Fig.3 Focusing property of positive tapered lens



图7 负锥形透镜的发散特性
Fig.7 Diverging property of negative tapered lens