

文章编号: 0258-7025(2006)08-1030-03

射频激励增益波导 CO₂ 激光器的光强分布

钟艳红, 辛建国

(北京理工大学光电工程系, 北京 100081)

摘要 提出了一种新的射频(RF)激励增益波导阵列 CO₂ 激光器技术。为了提高输出激光光束质量, 增强多个波导通道之间模式的耦合, 通过在上电极刻上等距离的凹槽, 形成一个个并列的子电极, 使增益在电极横向具有周期分布特征。同时使用表面刻有周期性凹槽的相移全反射镜, 实现了远场光束的极强相干叠加。研究了其近场和远场的光强分布情况。在气压为10.0 kPa, 10.7 kPa的情况下, 近场为长20 mm的若干个尖峰分布, 远场为中心压窄的极锐尖峰。随着时间变化, 只有光强峰值变化, 相对强度分布保持不变。

关键词 激光技术; CO₂ 激光器; 射频激励; 增益波导

中图分类号 TN 248.2⁺2 **文献标识码** A

Radio Frequency Excited Gain Waveguide Array CO₂ Laser with Compressed Single Peak Intensity Distribution

ZHONG Yan-hong, XIN Jian-guo

(Department of Opto-Electronic Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract A new kind of a radio frequency (RF) excited diffusively cooled gain slab waveguide CO₂ laser was presented. In this type of laser, to improve the quality of output laser beam and enhance the mode coupling between multi-waveguide sub-channels, grooves were made on the top electrode to form a list of parallel sub-electrodes, which can produce the periodically gain distribution along the transverse direction of waveguide. A phase-shifted totally reflecting copper mirror with periodically grooves on the surface was employed and the interference superposition of far-field sub-laser-beams was obtained. The near-field and spatially compressed single peak far-field intensity distributions of output laser beam were studied at pressures of 10.0 kPa and 10.7 kPa, respectively.

Key words laser technique; CO₂ laser; radio frequency excited; gain waveguide

1 引言

1984年D. G. Youmans首次报道了波导阵列CO₂激光器技术^[1]。该结构是用ZnSe薄片将两个波导隔开, 波导之间通过相互渗透实现相互的耦合而达到相位锁定。文献[2~4]的几种波导阵列激光器技术方案中, 各单元波导在结构上均是独立的波导或切分单元波导的漏模来实现波导单元间场的耦合锁相的。但是由于机械加工误差的存在, 要实现两个以上单元波导的锁相是很困难的。

1999年唐晓军等提出的相移阵列CO₂激光器

技术^[5], 能够在一定情况下得到远场单峰输出。但是随着时间的变化, 会出现多峰分布。本文提出了一种新的射频(RF)激励扩散冷却增益波导阵列CO₂激光器技术, 能得到远场单峰分布。

2 电极设计

在上电极刻上等距离的凹槽, 形成一个个并列的子电极, 使增益在电极横向具有周期分布特征。上电极表面结构如图1(a)所示, 刻有等距离的凹槽, 凹槽的宽度为0.4 mm, 深度为2 mm, 各凹槽之

收稿日期: 2006-01-11; 收到修改稿日期: 2006-02-27

作者简介: 钟艳红(1981—), 女, 湖北省当阳市人, 北京理工大学硕士研究生, 主要从事射频激励扩散冷却CO₂激光技术的研究。E-mail: hongyanzyh@163.com

导师简介: 辛建国(1957—), 男, 山东省青岛市人, 北京理工大学信息科学技术学院物理电子学教授, 博士生导师, 主要从事新型激光器件与技术的研究。E-mail: xinjgbit@163.com

间的距离为 1.5 mm，一共构成 10 个子电极。在凹槽区，由于气体放电较弱，故增益较低，因此沿电极横向形成一个周期分布的增益截面，如图 1(b) 所示。凹槽区的总长为电极长度的一半。无刻槽部分由于没有凹槽影响，增益较高，形成光放大区域，如图 1(c) 所示。

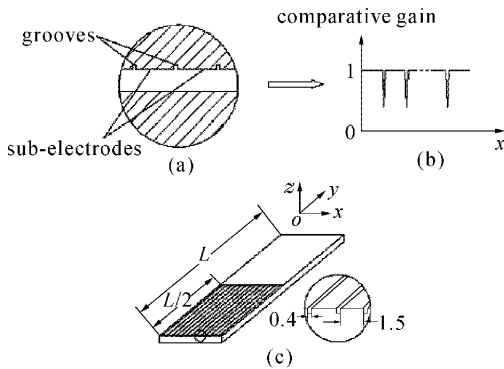


图 1 上电极结构图

(a) 波导口截面示意图；(b) 空间增益分布示意图；
(c) 上电极表面结构示意图

Fig. 1 Configuration of top electrode

(a) waveguide cross section; (b) spatial gain distribution;
(c) top electrode surface

3 实验装置

采用的波导是由 LY12 铝和 Al₂O₃ 陶瓷组成的金属陶瓷介质夹心波导结构。激光头如图 2 所示。两块抛光的铝合金作为放电上、下电极，同时构成上下波导壁。两个电极之间对称放置两片陶瓷片，使上下电极绝缘，同时构成左右波导壁。波导截面尺寸为 $a \times b = 2 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ ，放电区长度为 $L =$

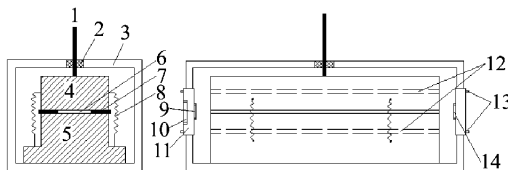


图 2 激光头内部结构简图

1: 电极铜杆; 2: 密封圈; 3: 真空室; 4: 上电极; 5: 下电极; 6: 放电区; 7: 陶瓷片; 8: 电感; 9: ZnSe 透镜; 10: GaAs 输出耦合镜; 11: 调节窗口; 12: 冷却水道; 13: 调节螺母; 14: 相移全反射镜

Fig. 2 Schematic diagram of laser head inside structure
1: copper electrode link pin; 2: vacuum separation insulation bush; 3: aluminum vacuum box; 4: top electrode; 5: bottom electrode; 6: waveguide discharge region; 7: ceramic insulating plate; 8: matching inductors; 9: ZnSe lens; 10: GaAs output coupling lens; 11: adjustable window; 12: cooling channel; 13: adjustable nuts; 14: phase-shifted totally reflecting mirror

200 mm。电极上有中空的水道，使冷却水通过冷却电极。

波导谐振腔由反射率为 98% 的相移全反射铜镜和透过率为 17.3% 的 ZnSe 平面镜组成。该相移全反射铜镜反射表面刻有周期性凹槽，每个子反射平面对应于一对子电极形成的增益区。

激光输出窗口采用的是透过率为 97.3% 的 GaAs 镀膜镜片。激光工作物质为 CO₂, N₂, He 和 Xe 的混合气体，其比例为 $V(\text{CO}_2):V(\text{N}_2):V(\text{He}):V(\text{Xe}) = 1:1:3:0.26$ 。工作物质的气压在 8.0 ~ 10.7 kPa 之间。

激光器输入射频功率在 300 ~ 500 W 之间。采用数字式 CO₂ 激光功率计测试激光输出功率。

激光远场光强分布测量采用的是一片焦距为 320 mm 的 GaAs 正透镜及 PS-1 型一维光强分布扫描仪。其中，光强分布扫描仪的探测器置于 GaAs 正透镜焦点处。所测的激光光强分布为远场分布。光强分布图像输入到 LeCroy 7k 数字示波器中显示并存储。

实验装置如图 3 所示。激光头与射频源之间的匹配采用 LC 低通容感匹配电路实现。射频源频率为 91.5 MHz，反射功率与输入功率比值小于 5%，输出阻抗为 50 Ω。

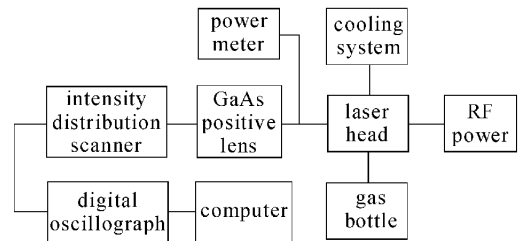


图 3 实验装置示意图

Fig. 3 Block diagram of experimental setup

4 实验结果

图 4, 图 5 分别为当气压为 10.0 kPa 和 10.7 kPa 时输出激光的近场光强分布。从图中可以看出，近场为若干个尖峰分布，总宽度为 20 mm。图 6, 图 7 分别为当气压为 10.0 kPa 和 10.7 kPa 时输出激光的远场光强分布随时间的变化情况，初始时刻设为 $t_0 = 0$ 。从图像中可以看出，随着时间的推移，激光光强存在由弱变强再由强变弱的变化规律。实验选取 15 min 为一个观察周期。发现在整个周期内，远场分布一直为中心压窄的极锐尖峰。相对光强分布保持不变，对应的角弧度为 0.57 mrad。

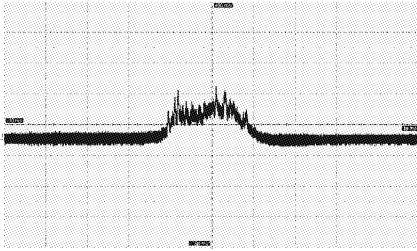


图 4 气压为 10.0 kPa,注入功率为 400 W 时的激光近场光强分布图像

Fig. 4 Near-field intensity distribution with the gas pressure of 10.0 kPa, input power of 400 W

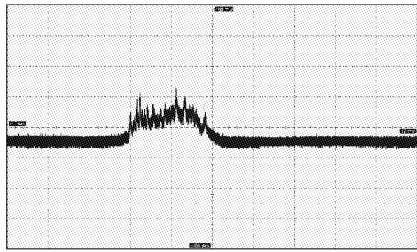


图 5 工作气压为 10.7 kPa,注入功率为 400 W 时的激光近场强度分布图像

Fig. 5 Near-field intensity distribution with the gas pressure of 10.7 kPa, input power of 400 W

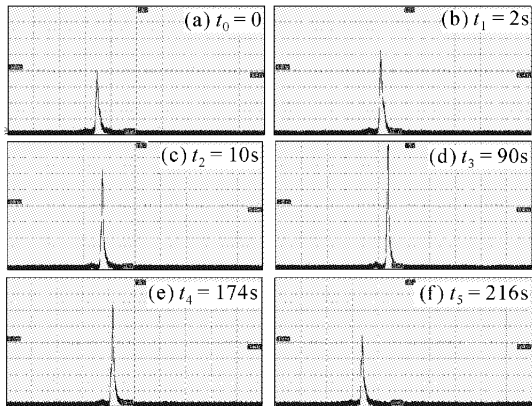


图 6 气压为 10.0 kPa,注入功率为 400 W 时激光远场光强分布随时间的变化情况

Fig. 6 Variations of the far-field intensity distribution with time for the gas pressure of 10.0 kPa, input power of 400 W

5 结 论

通过实验结果可知,利用该射频激励扩散冷却增益波导阵列 CO₂ 激光器技术,能够使增益在电极横向具有周期分布特征,加上表面刻有周期性凹槽

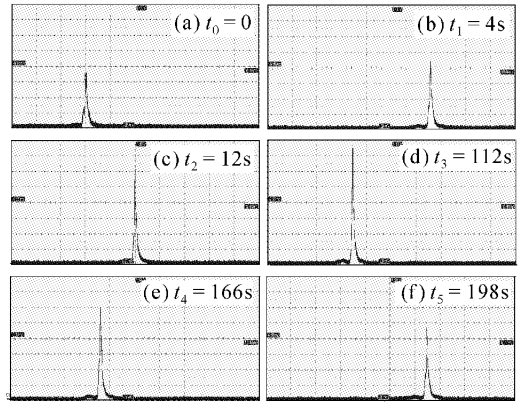


图 7 工作气压为 10.7 kPa,注入功率为 400 W 时激光远场强度分布随时间的变化图像

Fig. 7 Variations of the far-field intensity distribution with time for the gas pressure of 10.7 kPa, input power of 400 W

的相移全反射镜,在气压为 10.0 kPa,10.7 kPa 的情况下,远场一直为中心压窄的极锐尖峰,且相对光强分布不随时间改变。通过适当改变非放电区的宽度及长度值,远场光强分布会更加稳定。该技术不受机械加工误差的限制,为提高激光输出质量提供了一种新的途径。

参 考 文 献

- 1 D. G. Youmans. Phase locking of adjacent channel leaky waveguide CO₂ lasers [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1984, **44**(4): 365~367
- 2 L. A. Newman, R. A. Hart, J. T. Kennedy *et al.*. High power coupled CO₂ waveguide laser array [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1986, **48**(25):1701~1703
- 3 K. M. Abramski, A. D. Colley, H. J. Baker *et al.*. Phase-locked CO₂ laser array using diagonal coupling of waveguide channels [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1992, **60**(5):530~532
- 4 K. M. Abramski, H. J. Baker, A. D. Colley *et al.*. Phase-locked operation of intersecting CO₂ waveguide lasers by four-wave mixing [J]. *Opt. Commun.*, 1992, **90**:61~64
- 5 Tang Xiaojun, Zhao Zonghai, Xin Jianguo. Phase coupling of RF-excited optical phase-shifted array resonator slab waveguide CO₂ laser [J]. *Acta Physica Sinica*, 1999, **48**(7):1236~1247
唐晓军,赵宗海,辛建国. 射频激励相移阵列谐振腔波导 CO₂ 激光器输出特性研究[J]. *物理学报*, 1999, **48**(7):1236~1247
- 6 Jianguo Xin, Shuna Yao, Ning Su *et al.*. RF excited diffusively cooled all-metal slab waveguide CO₂ laser [J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2005, **3**(2):83~84
- 7 Deng Guoqing, Zhu Zhiqiang, Yu Yinshan. Study of low gain excimer laser optimum transmission [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, **25**(3):359~363
邓国庆,朱志强,余吟山. 低增益准分子激光最佳透射率的研究[J]. *光学学报*, 2005, **25**(3):359~363
- 8 Zhu Jun, Chen Yuqing, Wang Jinghuang. Research on reflection coupling of square waveguide laser [J]. *Chinese J. Lasers*, 2006, **33**(1):34~38
朱 钧,陈钰清,王静环. 方形波导激光器的反向耦合研究[J]. *中国激光*, 2006, **33**(1):34~38