

射频激励层叠式波导 CO₂ 激光器*

周双全 王智勇 辛建国

(北京理工大学信息工程学院光电工程系, 北京 100081)

摘 要 提出一种射频激励层叠式波导 CO₂ 激光器技术, 在两个波导空间尺寸均为 $1 \times 14.5 \times 200 \text{ mm}^3$ 、射频电源频率为 99 MHz 的条件下, 获得最大输出功率为 75 W、最大电光转换效率为 10.8% 的实验结果, 并在远场得到单峰分布的一维压窄光斑。

关键词 射频激励, 层叠式, 波导, CO₂ 激光器。

1 引 言

近年来, 为了提高波导 CO₂ 激光器的输出功率, 出现了折叠腔技术^[1~3], 即通过采用折叠腔结构串联增益区来提高器件输出功率而保持其结构的紧凑性。然而这种紧凑型结构, 一方面受光学反射镜破坏阈值限制, 很难进一步提高激光器的输出功率; 另一方面, 多个镜片构成的谐振腔调整困难, 并且腔内损耗比较大。为了克服这一困难, 在实现器件小型化的同时获得高输出功率, 作者提出了一种射频激励层叠式波导 CO₂ 激光器技术, 采用两个极限波导阵列结构^[4], 一方面利用了射频激励技术的单电源多通道同时均匀激励的优点, 并且并联的增益区谐振腔镜片独立可调, 这样在提高了器件输出功率的同时保持了器件结构的紧凑性; 另一方面通过加宽波导横向激励尺寸, 来提高激光器的输出功率, 同时又获得光束单峰分布。

2 实验装置

采用的整个实验系统装置如图 1 所示。泵浦用射频电源频率在 84~108 MHz 范围内连续可调, 连续输出电功率最高可达 1000 W, 输出阻抗 50 Ω 。为了实现电源与激光头之间的阻抗匹配, 采用了两个串联电感和一个并联电容的匹配电路, 如图 2 所示。通过调节电容和电感可以使反射功率小于 5%, 达到保护电源的目的。实验发现放电电极的冷却对激光器输出功率的大小和稳定性非常重要, 因此在实验中采用了双电极冷却方案, 即上下接地电极和中间输入电极分别水冷。

工作气体为混合气体 CO₂:N₂:He:Xe=1:1:3:0.05, 并通过真空系统的真空表来监视工作气体的压强。

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1995年3月20日; 收到修改稿日期: 1995年5月15日

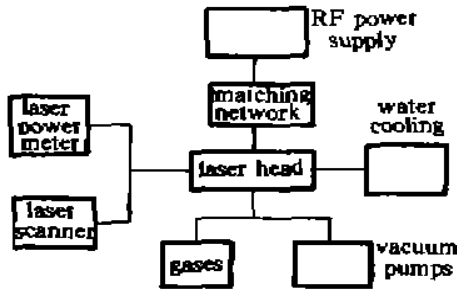


Fig. 1 Schematic diagram of experiment setup

用一台 CO₂ 激光功率计测量激光器的输出功率，用光强分布扫描仪和一片焦距为 1200 mm 砷化镓正透镜测量输出的远场光强分布。扫描仪的接收面位于透镜后焦平面上。扫描仪的输出信号由 HP54510A 数字示波器显示。

激光头的外形尺寸仅为 100×100×300 mm³，其结构如图 3 所示。层叠的两个矩形宽波导由抛光的铝合金 1、3 和 Al₂O₃ 陶瓷 2 构成。两个波导共用的激光谐振腔采用低损耗 I 类波导法布里-珀罗谐振腔。

3 实验结果及其分析

上下两个放电激励增益区均为 1×14.5×200 mm³，射频电源频率为 99 MHz，没有对波导间距 *d* 和放电频率 *f* 优化。用 ZnSe 镜片作为输出镜，其反射率 $R_1 = 94.56\%$ ，硅全反镜 M_2 的反射率为 $R_2 = 99.89\%$ 。

在不同的工作气体压强下，实验得到的输出激光功率与注入电功率的关系如图 4 所示。在此实验条件下，得到最大电光转换效率为 10.8% (工作气体压力为 1.4×10^4 Pa、输入功率 500 W、输出功率 54 W)，最大输出激光功率为 75 W (工作气体压力为 1.4×10^4 Pa、输入电功率 900 W、电光转换效率 8.3%)。气压对输出功率的影响与注入电功率大小有关，不同注入电功率下均有最佳气压值，如图 5 所示。

当工作气压为 1.4×10^4 Pa、输入功率为 600 W 时，输出功率为 60 W。激光器近、远场光斑及光强分布如图 6(a)~(c) 所示。远场光斑及光强分布均在透镜后焦面上取得。近场为两排宽度约为 14 mm 的光斑，远场光斑在横向方向宽度为 4 mm，即光束横向空间分布得到很大压窄。在垂直方向，由于衍射作用，两排光斑均展宽了，在远场由于重叠而表现为一个光斑。上述传输特性表明，这种层叠式波导 CO₂ 激光器输出光束，不经任何波形变换和整形，在远场就能得到单峰分布，即光束能量集中到很小的空间区域，激光束亮度明显提高，光束发散角很小。并且，由于层叠的两个波导增益区共用一个射频电源，减少了一个输入电极，在提高激光器的输出功率的同时保持了器件的紧凑性，而又不影响远场光束的单峰分布。理

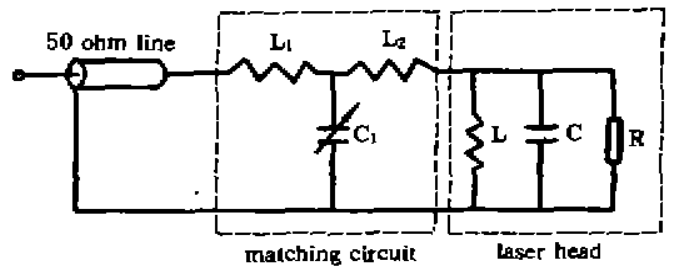


Fig. 2 Impedance matching network of RF waveguide

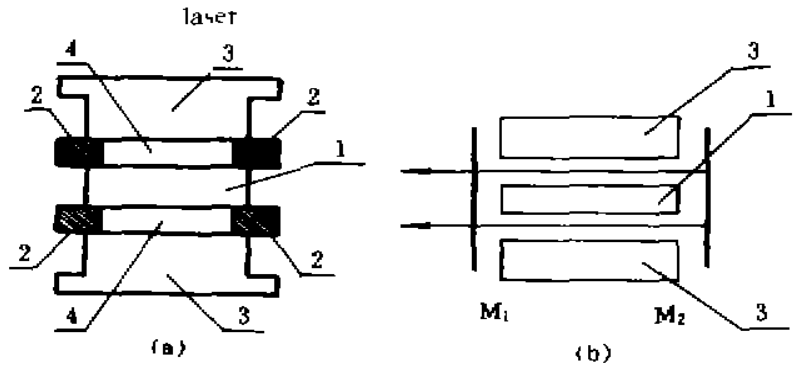


Fig. 3 Schematic diagram of laser head

(a) The cross section of packed waveguide, (b) The vertical section of packed waveguide, 1. middle metal electrode, 2. Alumina plate, 3. upper and lower metal electrode, 4. discharge region, M_1 . output coupling mirror, M_2 . total reflecting mirror

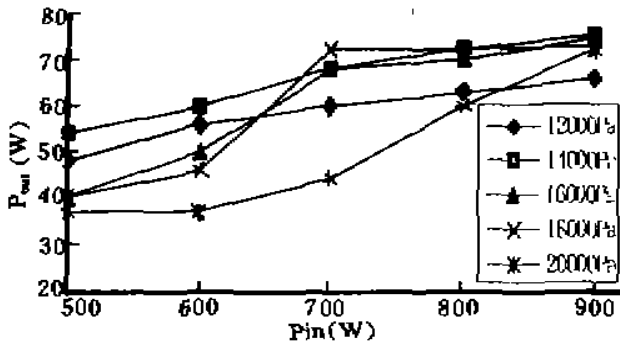


Fig. 4 Laser output power against RF input power at different gas pressures

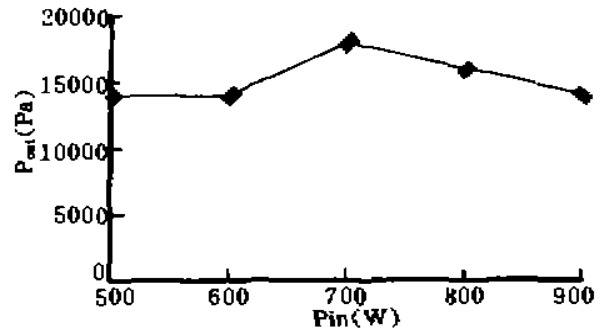


Fig. 5 The optimum gas pressure for different RF input powers

论上, 利用射频激励技术单电源多通道同时均匀激励的优点, 只要增加一个电极, 就相当于增加一个波导 CO₂ 激光器, 因而射频激励层叠式波导 CO₂ 激光器, 是实现激光器件超小型化、高功率、高亮度输出比较好的方案之一。

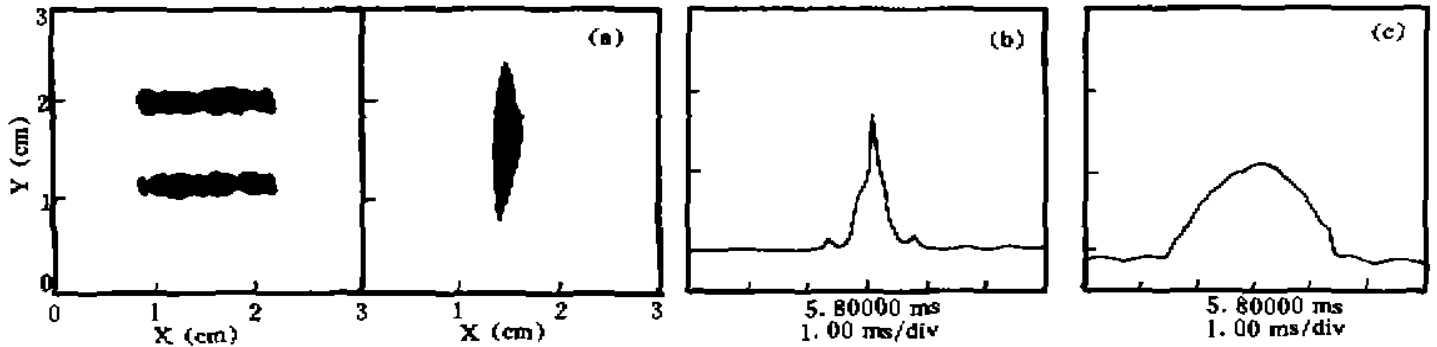


Fig. 6 The transverse intensity distribution of laser output beam,

(a) The beam burned pattern of near field and far field, (b) The horizontal intensity distribution of far field laser beam, (c) The vertical intensity distribution of far field laser beam

为了获得高的激光光束质量, 人们采取的一般手段是加限孔光阑, 这也就限制了激光器的输出功率, 因此提高输出功率与改善光束质量相矛盾。本文提出的这种层叠式波导 CO₂ 激光器, 通过加宽波导横向放电激励尺寸的技术方案, 与单通道波导 CO₂ 激光器相比, 提高了输出功率, 而又获得远场单峰分布。

结 论 采用层叠的两个对称极限尺寸波导阵列紧凑型结构, 在两个波导空间尺寸均为 1 × 14.5 × 200 mm³、放电频率为 99 MHz 的条件下, 获得最大输出功率 75 W、最大电光转换效率 10.8% 的实验结果, 并在远场得到单峰分布的一维压窄光斑。

利用射频激励技术, 通过横向加宽波导放电激励尺寸和垂直方向层叠放电激励区, 是实现波导 CO₂ 激光器小型化、高功率、高亮度输出的有效途径之一。

实现层叠的两个波导阵列之间的相位锁定, 即二维波导阵列技术方面研究的文章将陆续发表。

参 考 文 献

- [1] P. E. Jackson, D. R. Hall, C. A. Hill, Comparisons of waveguide folding geometries in a CO₂ z-fold laser. *Appl. Opt.*, 1989, **28**(5): 935~941
- [2] J. G. Xin, D. R. Hall, Compact, multipass, single transverse mode CO₂ laser. *Appl. Phys. Lett.*, 1987, **51**(7): 469~471
- [3] M. W. Sasnett, Kilowatt-class CO₂ lasers meet present and future industrial needs. *Laser Focus/Electro-optics*, 1988, **24**(3): 48~67
- [4] J. G. Xin, R. J. Zhang, G. H. Wei, RF excited one dimensional limit parameter waveguide array CO₂ laser. *Opt. Engag.*, 1994, **33**(4): 1142~1146

RF-Excited Packed Waveguide CO₂ Laser

Zhou Shuangquan Wang Zhiyong Xin Jianguo

(Department of Optical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

(Received 20 March 1995; revised 15 May 1995)

Abstract The RF-excited packed waveguide CO₂ laser have been studied experimentally. When the dimensions of two packed waveguides both are $1 \times 14.5 \times 200 \text{ mm}^3$, the maximum output power of 75 W and the maximum efficiency of 10.8% are obtain. This simple structure laser has a single peak beam output at the far field

Key words RF-excited, packed, waveguide, CO₂ laser