

射频激励二维 6 通道 CO₂ 波导激光器 列阵的研究

朱 钧 陈钰清 王静环 傅丽伟

(浙江大学近代光学仪器国家重点实验室 杭州 310027)

提要 报道了一种新型的射频激励二维 6 通道 CO₂ 波导激光器列阵。实验研究了该器件的特性, 在增益长度为 380 mm 时, 获得激光输出功率为 20 W。

关键词 CO₂ 波导激光器, 列阵, 射频激励

1 引 言

射频激励技术在 CO₂ 激光器中的应用获得飞速发展。自 1977 年 K. D. Laakman 首先研制成横向射频激励波导 CO₂ 激光器以来^[1], 为了提高输出功率, 采用增加增益长度的“长度放大”技术, 为使器件紧凑, 美国工艺研究中心发展了折叠式波导谐振腔技术^[2], 随着折叠式射频激励波导 CO₂ 激光器输出功率的增加, 导致单通道激光器功率密度的急剧增加, 从而引起谐振腔镜面的光损伤, 限制了该器件输出功率的进一步提高。美国 D. Youmans 等用泄漏模耦合方式研制成射频激励 CO₂ 波导激光器列阵, 将 N 个单通道排列成平行的一维, 采用特定的措施和技术使各波导之间实现相位锁定, 达到高功率密度输出。对一维多通道列阵的位相耦合问题也有较详细的论述。为进一步提高输出功率, 我们研制了二维 6 通道 (2×3) 射频激励 CO₂ 波导列阵激光器, 其每一层的 3 个通道之间是位相耦合的。对放电均匀性和输出特性作了研究, 并测量了近场和远场的光斑。

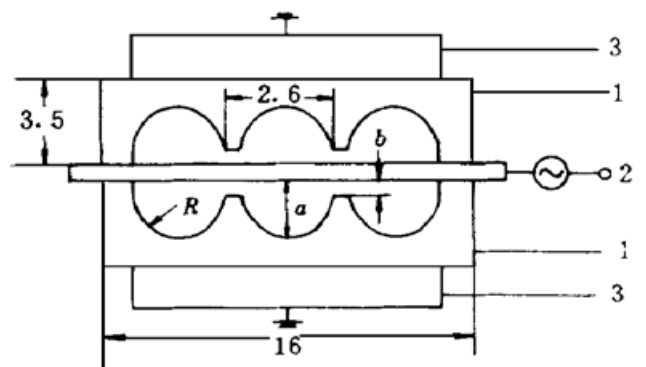


图 1 二维 6 通道射频激励波导 CO₂ 激光器列阵
1: 陶瓷; 2: 射频电极; 3: 铝电极

Fig. 1 Two-dimensional six-gateway RF discharge waveguide CO₂ laser arrays

1: ceram; 2: RF electrode; 3: aluminium electrode

$a = 2.2, b = 0.7, R = 1.1$

2 二维 6 通道射频激励 CO₂ 波导激光器的结构

器件结构如图 1 所示, 它由一块射频电极、两块 Al₂O₃ 介质空心脊列阵波导板和紧贴于两侧的两块接地铝电极组成^[3]。射频铝电极两面抛光, 以

降低传输损耗,每一块空心脊列阵波导板有 3 个 U 形通道。由铝电极和陶瓷组成的放电通道放在铝合金构成的真空室内,用“O”形橡皮圈密封。接地铝电极与水冷外壳接触,射频电源通过 $50\ \Omega$ 同轴电缆传输线及阻抗匹配网络将能量有效地传输至射频电极中心,实现横向射频激励。波导放电增益长度为 370 mm,激励频率为 120 MHz,采用平行平面腔,腔长为 390 mm,镀金全反射镜,硒化锌输出耦合镜透过率为 10%。

3 讨 论

这种 2×3 列阵的 CO_2 波导激光器,就每一层的 3 个通道而言彼此是位相耦合的。每个通道中的光场通过通道之间的狭缝“泄漏”到相邻通道中。“泄漏”模在另外通道中符合振荡条件的,也就是另外通道的模式之一,则该模继续振荡而保留下来。这样一维列阵各通道之间的位相就耦合了。为了进一步提高输出功率,我们设计了这种 2×3 列阵结构。上层的 3 通道之间是位相耦合的,下层的 3 通道之间也是位相耦合的,但上下两层之间的位相并不耦合。若对 1×3 列阵而言远场光强为 $I_{1 \times 3}$, 2×3 列阵的远场输出光强 $I_{2 \times 3}$ 则应为 $2I_{1 \times 3}$ 。

4 均匀放电技术

RF 激励的二维 6 通道 CO_2 波导激光器实现激光振荡输出的关键是获得 6 个通道均匀辉光放电,我们采用沿激光放电区并联谐振电感技术使 6 个通道同时获得均匀辉光放电,通道的对称性是至关重要的。并联电感提供负导纳,它可补偿沿激光放电区全长传输线反射波相位角的变化,从而相应地降低驻波电压的振幅。通过计算将驻波电压降到最大变化不超过 6%,图 2 为二维 6 通道端口的放电图像。

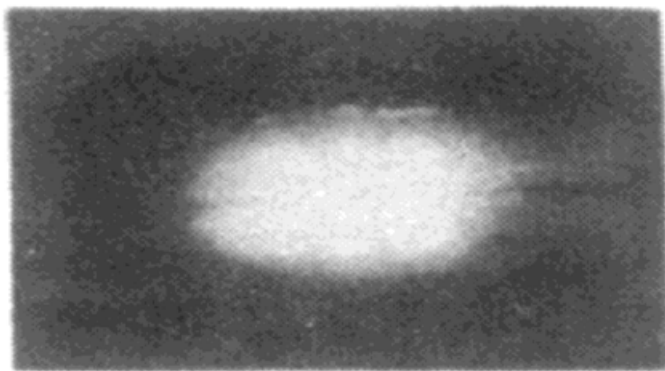


图 2 放电横截面

Fig. 2 The image of the discharge cross section

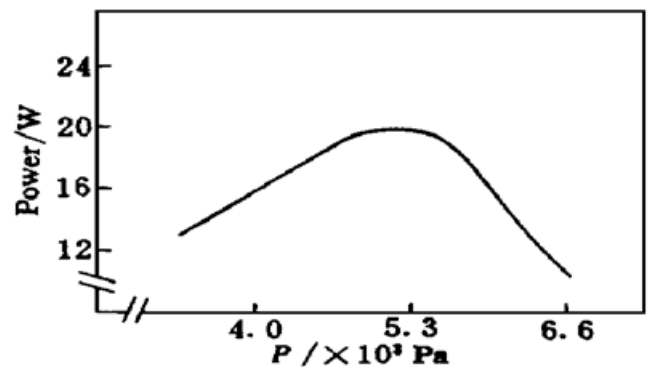


图 3 输出功率与气压的关系曲线

Fig. 3 The curve of output power vs gas pressure

5 实验结果

CO_2 激光器混合气体比例为 $\text{He} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{N}_2 = 3 \cdot 1 \cdot 1$, 附加 2% Xe 气, 输入射频电功率为 240 W, 通过调节 π 匹配网络, 最小反射功率达 2%, 在非最佳条件下, 混合气体压力为 $5.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ 时, 得到输出功率为 20 W, 由于电源功率的限制, 无法再增加输入功率和提高空气压强, 因而激光输出功率受到限制, 如图 3 所示。

实验观察到的近场光斑形状为 6 个对称的光点 如图 4(a) 所示 在 6 通道放电均匀的情

况下, 每一个光斑的功率基本相同, 此时总功率相对亦是最大。用光强分布测试仪测量了在 3.5 m 处的远场光强分布, 在光束中心部分有较大的功率密度。其光斑形状如图 4 (b) 所示。

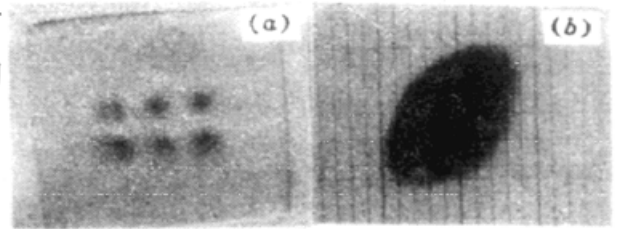


图 4 近场和远场光斑

Fig. 4 Near-field and far-field (3.5 m) light spots

6 结束语

本文给出了设计新颖的射频激励二维列阵波导 CO₂ 激光器, 根据实验结果, 该激光器在射频电极充分冷却的情况下, 能有效地利用空间, 使功率重量体积比有明显提高。二维列阵具有结构简单、加工容易、成本低的特点, 为研制紧凑型高功率激光器开辟了新的途径。下一步工作将是在现有的工作基础上, 进行多维列阵间的位相耦合, 即上层与下层之间的光场位相也耦合起来。

参 考 文 献

- 1 L. A. Newman, R. A. Hart. Recent R&D advances in sealed-off CO₂ laser. *Laser Focus/Electro-optics*, 1987, **6**: 80~ 91
- 2 D. G. Youmans. Phase locking of adjacent channel leaky waveguide CO₂ lasers. *Appl. Phys. Lett.*, 1984, **44**(4): 365~ 367
- 3 Chen Yuqing, Wang Jinghuan. Two-dimensional RF-excited waveguide CO₂ laser arrays. China Paten ZL94115856X, 1996. 10. 12 (国际专利主分类号: H01S 3/09)
- 4 Jiang Shuixiu, Chen Yuqing, Wang Jinghuan *et al.*. RF-discharge technique of waveguide CO₂ laser arrays with arbitrary section. *Infrared and Laser Technology* (红外与激光技术), 1992, (2): 46~ 50, 56 (in Chinese)

Two-dimensional Six-gateway RF-discharge Waveguide CO₂ Laser Arrays

Zhu Jun Chen Yuqing Wang Jinghuan Fu Liwei

(State Key Lab. of Modern Optical Instrumentation, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract A new kind of two-dimensional RF-discharge waveguide CO₂ laser arrays is reported. The characteristics of the laser arrays have been studied and the output power is 20 W when the gain length is 380 mm.

Key words waveguid CO₂ laser, arrays, RF-discharge