

列阵射频CO₂激光器研制*

贺耀坤 时顺森 林良华 钟 宁 李名强 颜克明 任 远 赵晓晨

(西南技术物理研究所, 成都)

摘要: 本文介绍一种三列阵射频CO₂激光器。采用耦合隙技术, 获得相干光输出功率35W, 效率约10%。测试了光斑远近场分布。

The research of radio-frequency excited CO₂ laser array

He Yaokun, Shi Shunsen, Lin Lianhua, Zhong Ning
Li Mingqiang, Yan Keming, Ren Yuan, Zhao Xiaochen

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: A 3-channel RF CO₂ laser array is introduced. By use of the ridge coupled technique, 35 watt coherent laser output of this RF CO₂ laser array has been obtained with the efficiency approximate to 10%. The far-field intensity profile has also been measured.

一、概 述

射频激励技术用于波导CO₂激光器, 形成了一种新型的射频波导CO₂激光器, 它是70年代末才开始发展起来的一项新技术。在十来年的时间里, 这种技术发展很快, 今天已经从单管式射频波导CO₂激光器发展到折叠式射频波导CO₂激光器、列阵式射频波导CO₂激光器等, 同时使激光器能在较小的体积内得到较大的输出功率。美国联合技术研究中心(UTRC)用长50cm的七列阵射频CO₂激光器获得了190W激光输出^[1], 预计1m长的器件可获得1kW输出。

列阵式射频CO₂激光器是一种中、高功率的器件。这种器件既利用了半导体激光列阵的原理, 又避免了折叠式射频CO₂激光器中存在的光损伤, 使能承受并得到更大的激光功率输出。这种器件在比同等长度的单管式射频波导CO₂激光器稍大的体积内, 得到比单管式大得多的激光功率输出。输出激光经过相互间的相位锁定, 在远场叠加, 得到高功率密度和良好质量的光斑。按其结构讲, 列阵器件可分为所谓的空心脊波导列阵和交错式波导列阵, 本文实验制作的是空心脊三单元列阵。

二、结 构

从波导器件的端面看, 构成多元列阵的波导口, 可用图1来描述, 并由 a 、 b 、 c 、 d 四个尺寸来决定^[2]。 a 、 b 决定每只波导口的大小, 在列阵器件中各管的 a 、 b 尺寸是一致的, 而

* 本文系1990年第十届全国激光会议论文。

且通常是 $a=b$ 。 c 、 d 尺寸可变,通过可变的 c 、 d 的调节,使列阵中各单元光耦合,以达到相位锁定和高功率激光的相干输出的目的。

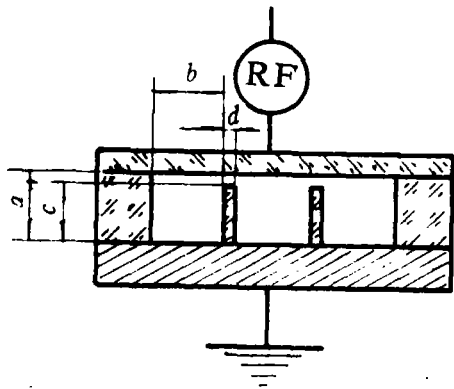


图1 三列阵射频波导 CO_2 激光器波导端口剖示意图

制作的列阵器件为三列阵器件,各管的放电激活区均为 390mm ,各放电管的横切面均为 $3\text{mm} \times 3\text{mm}$,管间隔壁厚为 0.4mm ,高 2.5mm 的陶瓷片半分离。整个器件的外形尺寸为: $500\text{mm} \times 80\text{mm} \times 90\text{mm}$ 。器件使用高频频率为 100MHz ,高频电源从器件的上端匹配输入。构成器件腔体的全反射镜为镀金平面镜,输出窗口也为平面镜,透过率约 10% 的锗基底镀半反射介质膜片。有水循环冷却系统。

我们把列阵器件的列阵波导管设计成组合结构。这种组合结构克服了在陶瓷块上开槽制作的困难,使问题比较容易地得到了解决,通过实际制作和实验,得到满意结果,证明这种组合设计是可行的。

三、实验结果

调试匹配,使用比例为: $\text{He} : \text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{Xe} = 3.5 : 1 : 1 : 0.3$ 的混合气体,使用高频

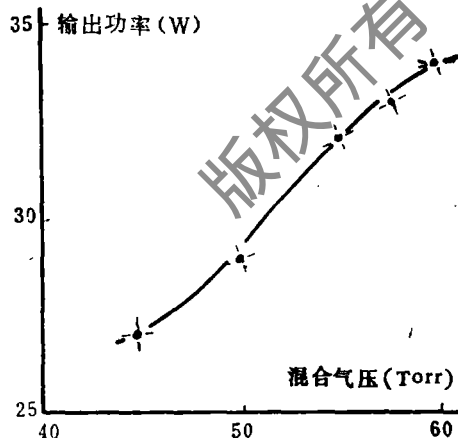


图2 在输入电功率 400W 时(未消除反射)混合气压与输出激光功率的关系

在距窗口 0.8m 处测量 混合气压比为
 $\text{He} : \text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{Xe} = 3.5 : 1 : 1 : 0.3$

频率为 100MHz 的电源,输入电功率 400W ,改变混合气体压力,激光输出随混合气体压力的变化如图2所示。在混合气体压力为 60Torr 时,得到输出功率 34W ,列阵的单位长度输出仅 $0.85\text{W}/\text{cm}$,与单管输出约 $0.3\text{W}/\text{cm}$ 相同,效率为 8.5% (未消除高频放电过程中的功率反射)。所以无论从图2的曲线看,还是从单位长度的输出功率、放电效率和放电电流看,都未达到比较好的功率水平,有潜力可挖。

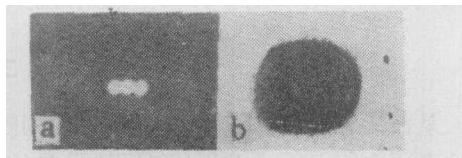


图3 合束距离实际测量
a— $Z=0.5\text{m}$ b— $Z=2.0\text{m}$

我们计算和观测了射频波导CO₂激光阵列器件的激光的合束情况。假定各光束相位相同并锁定，在光强相等的理论条件下， $X=0$ 时，理论计算的合束距离为1.81m，实验观察如图3所示。在距离为0.5m (a图) 时是等距相连的三个光点，而在2.0m (b图) 时为较规则的一个圆形光斑，理论计算和实验结果较为一致。

为了解光束的光强分布和横向模式，我们使用光强分布测试仪和函数记录仪，在距离输出窗 4m 处作 X 轴上光强分布曲线，得到图4的光束扫描曲线。再测 Y 轴上的光强分布曲

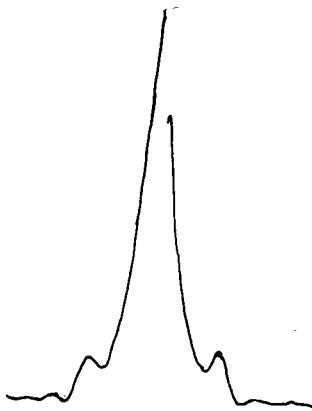


图4 $Z=4m$ 处 X 轴方向光强分布实测曲线
记录仪— Y 0.5mV/cm
 X 10s 增益 $\times 100$

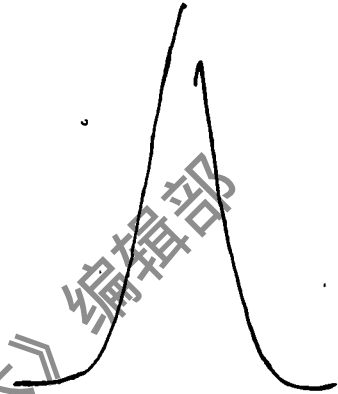


图5 $Z=4m$ 处 Y 轴方向光强分布实测曲线
记录仪— Y 5mV/cm
 X 10s 增益 $\times 100$

线，得到图5的光强扫描曲线图。从两图看出，光束中心有较大的光密度。据理论推导，在远场时三列阵器件光束中心的极值功率约为单列的 3×3 倍^[3]。这两条光束扫描曲线基本上说明了在距离4m处激光束的横向模式，它与理论分析一致。为了更清楚地说明这一点，作了

在 X - Y 平面内沿与 X 轴成一定角度的扫描光斑，其实验结果与计算机计算描绘的理论曲线一致。各自描绘的曲线如图6所示。表明理论与实验完全相符。

使用光束图象扫描测得光强分布图，以衰减77%处定为光斑大小，得到 X 轴方向的束散角 $\theta=3mrad$ ， Y 轴方向束散角比 X 轴方向束散角约大半个数量级。在距输出镜端4m处测得主次极大比值为7.4，极值功率之比约为7:1，均与理论基本相符。

此外，在调试中减小耦合隙，即增大 c ，激光相干性变差，三光束“合一”不好，远场出现一个椭圆长光斑。当使 c 与 a 相等时，输出的三束光完全不相干，三束光在远场只是简单地叠加。

以上实验表明，所使用的三列阵器件

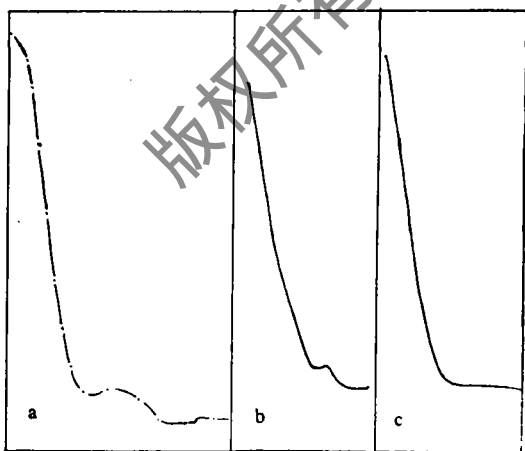


图6 在 $Z=4m$ 时与 X 轴成一定角度的光强分布扫描曲线

a—小角度理论曲线 b—小角度实验曲线
c—大角度实验曲线 记录条件同图5

已同相锁定相位, 相干性能好。

四、结 语

本文给出了设计新颖的列阵射频波导CO₂激光器, 通过调整耦合隙得到了相干激光输出, 测定了几个重要参数, 和理论分析结果较为一致。我们正在研制五列阵至七列阵的射频波导CO₂激光器, 预计不久列阵射频CO₂激光器输出功率将达到50~100W。本工作开辟了一条研制小型、紧凑和高功率CO₂激光器的新途径。

参 考 文 献

- [1] Newman L A, Hart R A, Technology trends in low-to medium-power CO₂ laser. In: Carlson L R ed. New developments and applications in gas lasers. SPIE, Los angeles, 1987, SPIE, 1987: 36~46
- [2] Newman L A, Hart R A, Kennedy J T *et al.* High power coupled CO₂ waveguide laser array. A P L, 1986, 48 (25) : 1701~1703
- [3] 时顺森, 林良华 任 远 *et al.*, 三列阵射频波导CO₂激光器的远场特性研究. 中国激光 (待发表)

收稿日期: 1990年9月15日。

· 简 讯 ·

我国研究光在生物组织中传播特性的论文通过博士答辩

西安交通大学著名生物医学仪器和光学仪器专家蒋大宗和林钧岫教授指导的博士研究生张镇西, 1990年12月14日在该校举行的博士论文答辩会上, 通过了答辩, 授予生物医学仪器及工程专业的工学博士。

题为“生物组织光传播特性的研究”的学位论文, 详细研究了肌肉组织的前向散射、反射与后向漫反射, 肌肉的折射率, 肌肉的衍射和偏振等光学现象。发现组织在300~400nm波段反射率高于良性肿瘤和正常组织, 漫反射率低于正常组织。这一结果有可能发展成为鉴别癌变组织及其恶性程度的定性的简便方法。

中科院西安光机所侯洵研究员为主席, 有6位教授任委员的答辩委员会对论文给予了高度评价, 认为是“在一个新领域内丰富了人类对生物组织的光学性质的知识, 具有创造性。在生物组织光学特性的基础研究和实际应用上都有重要意义, 是一篇高水平的博士论文。表现出作者具有广博坚实的理论基础和较强的独立进行科学研究的能力”。

(陕西冶金报 李 阴 供稿)