

射频激励扩散冷却全金属矩形波导 CO₂ 激光器的实验研究

姚淑娜, 苏宁, 辛建国

(北京理工大学 信息科学技术学院, 北京 100081)

摘要: 对新型百瓦级射频激励扩散型冷却全金属矩形波导 CO₂ 激光器进行了实验研究, 实验中采用了 CASE-I 平行平面腔, 试验结果表明, 在采用 10% 透过率的输出镜时, 激光输出最大功率达到 146 W, 电光转换效率达到 17.3%。单位增益体积提取的激光功率达到 9.46 W/cm³。

关键词: 光学; 实验研究; 射频激励; 全金属; 矩形波导; CO₂ 激光器

中图分类号: TN241

文献标志码: A

文章编号: 1000-1093(2006)06-1099-04

An Experimental Study of RF Excited Diffusively Cooled All-metal Rectangle Waveguide CO₂ Laser

YAO Shu-na, SU Ning, XIN Jian-guo

(School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: An experimental study of 100 W radio excited diffusively cooled all-metal rectangle waveguide CO₂ laser was carried out. The CASE-I parallel plane resonator was used in the experiment. The experimental result indicates that the laser power achieves 146 W by use of the output mirror of transmissivity 10% and the electron-photon conversion efficiency is 17.3%. The laser power drawing from unit gain volume is 9.46 W/cm³.

Key words: optics; experimental study; RF excitation; all-metal; rectangle waveguide; CO₂ laser

1989 年, Denis Hall 首次提出射频激励扩散冷却面增比波导 CO₂ 激光器技术^[1], 该技术将中空板条波导的气体射频放电激励, 离轴非稳腔和扩散冷却技术的结合在一起, 实现了紧凑型的高功率激光器。射频激励扩散冷却面增比波导 CO₂ 激光器技术具有高光束质量的激光输出和高的工作性能等特点, 自从出现以来, 引起了研究者的广泛兴趣。

过去的十多年中射频激励波导 CO₂ 激光器的通道结构经历了从全陶瓷结构到陶瓷金属夹心结构再到全金属结构的变化, 全金属波导具有更好的冷却效果和更低的制造成本。文献[2]中报道了一种新型的射频激励扩散冷却全金属板条波导 CO₂ 激光器技术, 它的波导通道由两块铝侧壁和两块铝电

极组成。在实验中, 采用了 CASE-I 波导光学谐振腔, 在 2 mm × 20 mm × 386 mm 的放电空间内使用透过率为 17.3% 的输出镜获得 125 W 的输出功率, 电光转换效率为 12.5%^[3], 输出功率可以达到 2~3 W/cm² 的结果^[4], 据此分析, 该结构激光器的理想输出功率应为 150 W 左右甚至更高, 对于 CASE-I 平行平面腔而言, 波导两端的反射镜和透反镜的调节是非常困难的, 由于调谐的误差造成镜面的微小倾斜, 造成轴向相位的漂移, 从而影响耦合系数^[5], 进而造成输出功率的损失。为了获得更理想的试验数据, 利用 3 组透过率分别为 10%、17.3% 和 19% 的 ZnSe 输出镜进行试验, 并且在透过率为 10% 时获得了 146 W 的连续激光输出。电光转换效率达

到 17.3% . 单位增益体积提取的激光功率达到 9.46 W/cm^3 .

1 实验装置

实验中采用的试验装置如图 1 所示。M₁ 为铜制平面全反镜 , 反射率 $r=99\%$, M₂ 为 ZnSe 平面输出耦合镜 , 透过率分别采用 10%、17.3% 和 19% 的镜片进行实验。M₁ 和 M₂ 分别装在光学调整架上 , 以便于光学谐振腔的调准。激光谐振腔和气体放电电极密封在铝合金制成的真空腔内。在构成板条波导的上下电极内通水冷却。真空计用来测量激光器的工作气压 , 激光功率计用来测量 CO₂ 激光的输出功率。所使用的射频电源频率为 96 MHz , 射频功率变化范围为 0~1 kW .

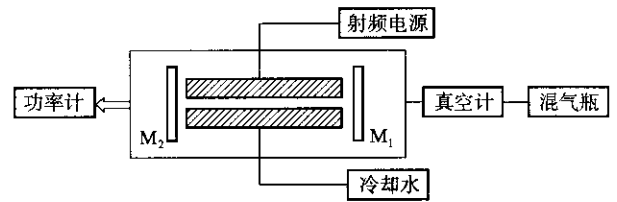


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Sketch map of a experimental equipment

2 实验结果及分析

实验中测得在使用不同透过率的输出镜时 , 输出功率与射频输入功率的关系 , 在混合气体压强为 12 kPa 时 , 其结果如图 2 所示 , 相对于每个不同透过率的输出镜而言 , 在输入功率从 500 W 增加到 950 W 的过程中 , 都有一个最大输出功率存在。而在采用透过率为 10% 的输出镜、输入功率为 900 W 时 , 最大输出功率可达 146 W .

图 3~图 5 分别表示对应透过率为 10% ,

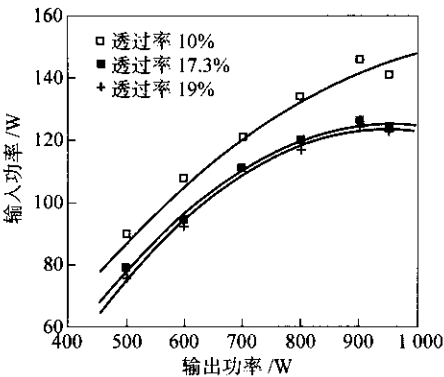


图 2 输出功率与射频输入功率的关系

Fig. 2 Variation of output power with input power

17.3% 和 19% 的输出镜片 , 在不同的射频输入功率下 , 激光输出功率和工作气压的关系。从图 3~图 5 可以看出 , 对于一定的射频输入功率 , 在某个最佳气压值时 , 激光输出功率达到最大 , 而气压偏离此值时 , 输出功率都有明显下降。图 6~图 8 分别描述了对应透过率 10% , 17.3% 和 19% 的输出镜片 , 在

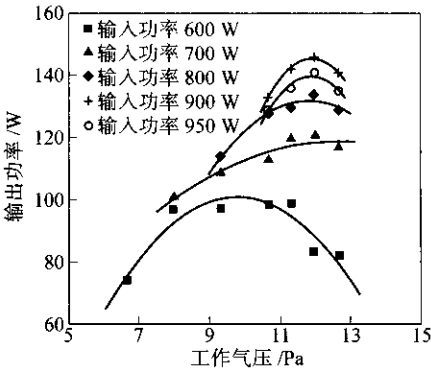


图 3 输出功率和工作气压的关系(透过率 10%)

Fig. 3 Variation of output power with gas pressure($T=10\%$)

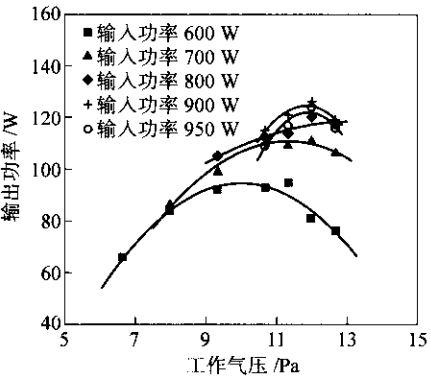


图 4 输出功率和工作气压的关系(透过率 17.3%)

Fig. 4 Variation of output power with gas pressure($T=17.3\%$)

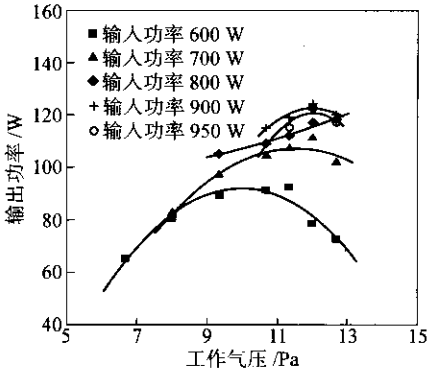


图 5 输出功率和工作气压的关系(透过率 19%)

Fig. 5 Variation of output power with gas pressure($T=19\%$)

不同的工作气压下 ,输出功率和射频输入功率的关系。从图 6~图 8 可以看出一个共同特点 :在确定的工作气压下 ,输出功率随着射频输入功率的增加而增加 ,达到一个最大值后 ,然后下降 ,这是因为在输入功率较低的时候 ,增益介质没有被充分激励 ,造

成输出功率较低 ,当输入功率大于最佳值时 ,由于更多的功率注入介质 ,导致等离子体介质的阻抗降低 ,引起 E/P 值降低 ,从而影响输出功率。另一方面 ,由于工作气体的温度在很大程度上影响输出功率的大小 ,如果能够有效的冷却 ,就能获得更高的输出功率 ,对于波导气体激光器而言 ,由于输入功率导致工作气体升温 ,而气体的冷却主要通过分子的扩散运动将热量传到组成电极的四壁上 ,再通过电极内的水冷装置将热量带走 ,所以对于给定的输入功率 ,在扩散冷却和热量的产生之间存在着动态的平衡。

图 9~图 11 分别描述了对应透过率为 10% , 17.3% 和 19% 的输出镜片 ,电光转换效率随射频输入功率变化的情况。

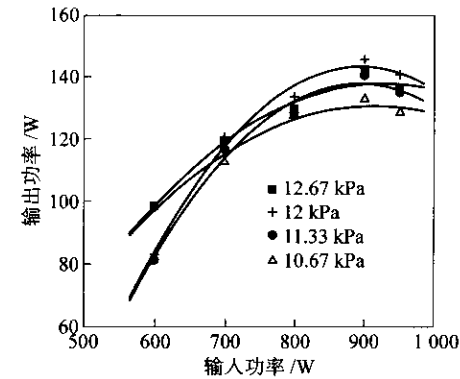


图 6 输出功率和输入功率的关系(透过率 10%)
Fig.6 Variation of output power with input power($T = 10\%$)

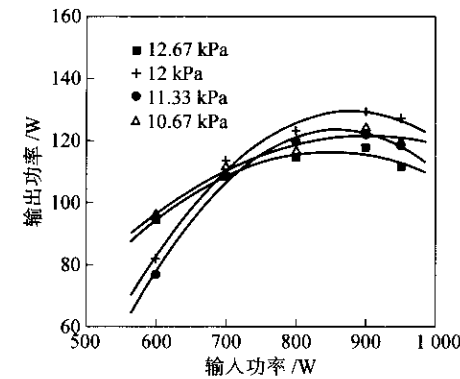


图 7 输出功率和输入功率的关系(透过率 17.3%)
Fig.7 Variation of output power with input power($T = 17.3\%$)

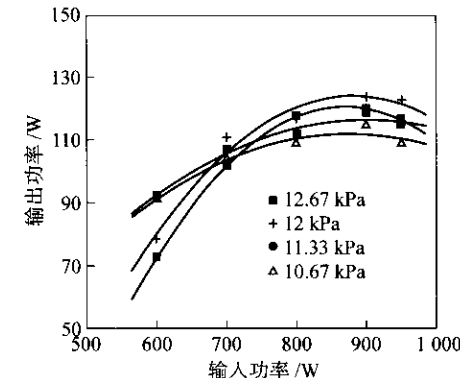


图 8 输出功率和输入功率的关系(透过率 19%)
Fig.8 Variation of output power with input power($T = 19\%$)

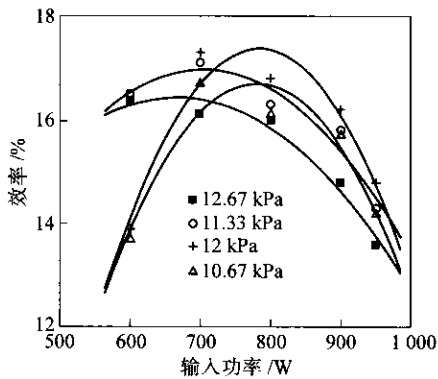


图 9 效率随输入功率的变化(透过率 10%)
Fig.9 Variation of efficiency with input power($T = 10\%$)

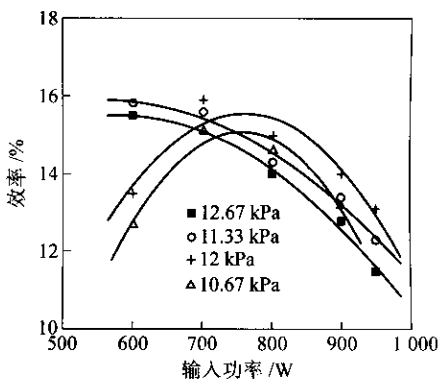


图 10 效率随输入功率的变化(透过率 17%)
Fig.10 Variation of efficiency with input power($T = 17\%$)

从图 9~图 11 中可以看到 ,在工作气压保持不变时 ,电光转换效率随着射频输入功率的不同而变化 ,对于 3 组透过率不同的镜片而言 ,都是在工作气压 12 kPa 射频输入功率 700 W 时 ,电光转换效率达到最大值(在 15.8% 以上) ,对于 10% 的输出耦

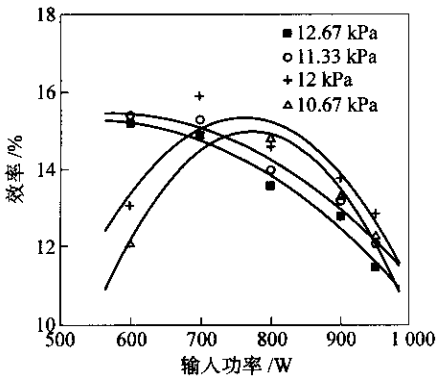


图 11 效率随输入功率的变化(透过率 19%)

Fig. 11 Variation of efficiency to input power($T = 19\%$)

合镜 ,其最佳效率达到 17.3% .

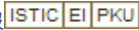
3 结论

通过采用 CASE-I 平行平面腔 ,在增益长度为 386 mm ,宽度为 20 mm ,高为 2 mm 的全金属波导

内 ,采用 10% 透过率的输出耦合镜时 ,获得最大激光输出功率 146 W ,最佳光电转换效率为 17.3% ,单位体积提取的激光功率达到 9.46 W/cm^3 . 实验结果比较满意.

参考文献(References)

[1] Hall D R , Baker H J . Area scaling boosts CO₂-laser performance [J] . Laser Focus World ,1989 ,10 :77-82 .
[2] XIN Jian-guo ,YAO Shu-na ,SU Ning , et al . RF excited diffusively cooled all-metal slab waveguide CO₂ laser [J] . Chinese Optics Letter (English Edition) ,2005 ,10 :83-84 . (in Chinese)
[3] YAO Shu-na . Experimental investigation of power output characteristics of RF excited all metal slab waveguide CO₂ Laser [J] . Proceed of SPIE ,2004 (51) :235-241 .
[4] Colley A D ,Baker H J ,Hall D R . Planar waveguide 1 kW CW , carbon dioxide laser excited by a signal transverse RF discharge [J] . Appl Phys Lett ,1993 ,61(2) :136-138 .
[5] Hall C A ,Hall D R . Waveguide laser resonators with a tilted mirror [J] . IEEE J Quantum Electron ,1986 ,7 :1078-1087 .

作者: 姚淑娜, 苏宁, 辛建国, YAO Shu-na, SU Ning, XIN Jian-guo
作者单位: 北京理工大学, 信息科学技术学院, 北京, 100081
刊名: 兵工学报 
英文刊名: ACTA ARMAMENTARII
年, 卷(期): 2006, 27(6)

参考文献(5条)

- 1.Hall D R;Baker H J Area scaling boosts CO2-laser performance 1989
- 2.XIN Jian-guo;YAO Shu-na;SU Ning RF excited diffusively cooled all-metal slab waveguide CO2 laser [期刊论文]-Chinese Optics Letters(English Edition) 2005(2)
- 3.YAO Shu-na Experimental investigation of power output characteristics of RF excited all metal slab waveguide CO2 Laser 2004(51)
- 4.Colley A D;Baker H J;Hall D R Planar waveguide 1kW CW,carbon dioxide laser excited by a signal transverse RF discharge 1993(02)
- 5.Hall C A;Hall D R Waveguide laser resonators with a tilted mirror 1986

本文读者也读过(10条)

1. 钟艳红. 辛建国. ZHONG Yan-hong. XIN Jian-guo 射频激励增益波导CO2激光器的光强分布 [期刊论文]-中国激光 2006, 33(8)
2. 田兆硕. 王骐. 王雨三. Wang Yusan. WANG Qi. Tian Zhaoshuo 输出可调的电光调Q射频激励波导CO2激光器的研究 [期刊论文]-中国激光 2001, 28(6)
3. 田兆硕. 王骐. 王雨三. 李自勤. 陆威. Tian Zhaoshuo. Wang Qi. Wang Yusan. Li Ziqin. Lu Wei 光栅选支共电极双通道射频激励波导CO2激光器 [期刊论文]-中国激光 2000, 27(11)
4. 江建平. 孙鹏. 刘向东. 周鼎富. JIANG Jian-ping. SUN Peng. LIU Xiang-dong. ZHOU Ding-fu 紧凑型长寿命射频激励波导CO2激光器的研制 [期刊论文]-激光技术 2009, 33(6)
5. 李志明. 辛建国. LI Zhi-ming. XIN Jian-guo 射频激励金属板条波导CO2激光器的功率输出特性 [期刊论文]-红外与激光工程 2008, 37(2)
6. 邓大新. 邓大比. 黄滨. 林春生. 龚沈光. DENG Da-xin. DENG Da-bi. Huang Bin. LIN Chun-sheng. GONG Shen-guang 采用等距二元矢量水听器直线阵的二维波达方向估计 [期刊论文]-兵工学报 2006, 27(6)
7. 石俊生. 金伟其. SHI Jun-sheng. JIN Wei-qi 彩色夜视融合图像熵评价研究 [期刊论文]-兵工学报 2006, 27(6)
8. A Rauf. ZHOU Wei. XIN Jian-guo Theoretical Studies of the Output Pulse with Variation of the Pumping Pulse for RF Excited CO2 Pulsed Waveguide Laser [期刊论文]-兵工学报 (英文版) 2006, 2(1)
9. 张志华. ZHANG Zhi-hua 可靠性保证试验的风险分析 [期刊论文]-兵工学报 2006, 27(6)
10. 田林亚. 华锡生. TIAN Lin-ya. HUA Xi-sheng 雷达研制基地检测基线的建立及其应用 [期刊论文]-兵工学报 2006, 27(6)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_bgxb200606032.aspx