

文章编号:1001-5078(2007)09-0835-02

小型化高能输出 TEA CO₂ 激光器的实验研究

孙宇, 曲彦臣, 赵卫疆, 任德明, 王元虎

(哈尔滨工业大学可调谐激光技术国家级重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:报道了一种小型高能输出横向激励大气压 (TEA) CO₂ 激光器。该激光器的主放电电极铈青铜材料制作, 采取紧凑式 Ernst 电极, 加大电极间距, 增大了激活区体积。使用火花阵列预电离方式, 有利于主放电均匀、稳定, 且不易产生弧光。低重复频率下, 自由振荡情况下的输出能量可达到 2.5J。使用单片机控制的步进电机驱动光栅进行调谐, 调谐后 10P(20) 谱线多模输出能量可达到 1.2J, 10P(20) 谱线输出脉冲宽度为 90ns。

关键词: CO₂ 激光器; TEA; 火花阵列; 预电离

中图分类号: TN248.2⁺2 **文献标识码:** A

Research of Miniature TEA CO₂ Laser with High-level Output

SUN Yu, QU Yan-chen, ZHAO Wei-jiang, REN De-ming, WANG Yuan-hu

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: A miniature transversely excited atmospheric pressure (TEA) CO₂ laser with high output level is reported. The main electrodes of the laser are made of zirconium bronze. The electrodes take the form of Ernst, with bigger space between them, as a result of which the volume of activation area is increased. The spark array preionization makes the discharge even and stable, wiping off the arc. At low repetition rate, the output energy can be as high as 2.5J under the circumstance of free oscillation. Tuning mechanism consists of diffraction grating, trigger controller and high frequency stepping motor of monolithic micro processor control. The energy of multimode of 10P(20) line is 1.2J and the width of the light pulse is 90ns.

Key words: CO₂ laser; TEA; spark-array; preionization

1 引言

CO₂ 激光器工作在 9 ~ 11 μm 长波红外波段内, 该波段激光具有良好的透过大气、雾等的的能力, 而且可以和红外热像仪兼容, 因此, 在民用和军事应用上, 这种激光器都有一定的潜力^[1-2]。而 TEA CO₂ 激光器输出功率高、光束质量好, 因此国内外对小型高重复频率 TEA CO₂ 激光器投入了相当的精力进行研究。本文的主要目的是提高小型 TEA CO₂ 激光器的输出能量。

从前期国内外的研究可以看出^[3], 为了提高 TEA CO₂ 的输出能量而采取的最直接有效的方式为增大放电体积。在增大放电体积的同时, 不可避免

会增加激光器本身的体积。而且增大放电体积会影响光斑质量。之前, 实验室中同类型的激光器自由振荡多模输出能量为 1J, 调谐多模最高能量输出为 600mJ, 它采用 Chang 氏电极, 面线电晕放电紫外预电离方式。本文中的激光器则通过采取改进的 Ernst 电极结构和火花阵列放电预电离方式, 以及增加放电时间, 来增大放电体积, 从而提高了能量输出水平, 使自由振荡多模最高能量输出达到了 2.5J, 调谐后多模最高能量输出达到了 1.2J 左右。

作者简介: 孙宇 (1983 -), 男, 在读硕士, 哈尔滨工业大学光电研究所, 物理电子学专业, 研究方向为二氧化碳激光器。E-mail: sunyu5088@163.com

收稿日期: 2007-03-29

2 实验装置

TEA CO₂ 激光器最主要的特点是放电方向与激光光轴相互垂直,工作气压较高,并且采用预电离技术。

本激光腔外壳材料为不锈钢,长度为900mm,直径400mm。其中主要放置主放电电极、预电离电极、离心式风机以及水冷系统等。激光器工作介质为CO₂,N₂和He的混合气体。采用紧凑式Ernst电极^[3],电极选择铅青铜材料制作,电极结构如图1所示。这种电极在具有较宽的电极宽度和优良的电场均匀性。电极宽度较大可以增大放电体积。电极表面采用粗糙表面,可以使场强集中,击穿电压降低,同时增加了阴极的面积,使阴极光电效应增强,从而获得更好的预电离。预电离电极采用火花阵列放电紫外预电离装置。采用这种预电离装置,有利于主放电均匀、稳定,且不易产生弧光。主放电电极间距20mm,放电长度为550mm,点击宽度30mm,由此可得激活区体积约为330cm³。

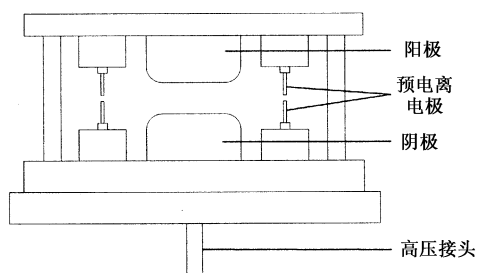
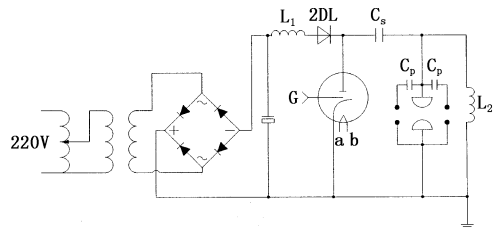


图1 电极结构图

此激光器的放电激励电路如图2所示,采用倍压电路,可以使充电电压最高达到15kV。这种激光器的一个重要特点是,高压模块和充电电路均置于放电腔外,使安装和维护比较方便。应用离心式风机驱动气体横向流动,可以使激活区气体在1标准大气压下流速达到1m/s,满足重复频率的要求。



L₁ - 充电电感,2DL - 高压二极管,C_s - 储能电容,
G - 闸流管,L₂ - 放电电感

图2 放电激励电路

此激光器的调谐腔长为1m,采用光栅进行调谐。输出耦合镜为球面镜,输出耦合率45%,材料为ZnSe,曲率半径为20m,通光孔径为38mm,装置

在激光腔外壳的一端。光栅以Littrow方式安装,刻线为150条/mm,闪耀波长9.77μm,一级衍射效率为95%。激光器采用单片机控制的步进电机来驱动光栅调谐系统进行调谐输出^[4]。

3 实验结果

实验中,结合以前实验结果和若干理论计算,最终选用储能电容为C_s = 64nF。激光工作气体的混合比例选定为CO₂:N₂:He = 1:1:3。实验采用的能量计为ED-500,示波器为TDS3032,激光探测器为光伏型HgCdTe探测器。利用平面光栅单色仪测得输出波长。

3.1 激光器输出能量和脉冲波形

对激光器的输出能量和脉冲宽度进行了研究。在气压为5.32 × 10⁴Pa,放电电压为12kV,另一腔镜为全反镜,激光器自由振荡,重复频率1Hz时,测得激光多模能量输出最高为2.5J。能量计的倍率为3.15,测得自由振荡时输出多模能量波形图如图3所示。

利用光栅进行调谐,得到重复频率为2Hz时,10P(20)谱线多模能量为1.2J,脉冲宽度为90ns。同样,能量计倍率为3.15,能量波形图如图4所示。利用光伏型HgCdTe探测器和TDS3032B示波器,测得10P(20)谱线的脉冲波形图如图5所示。

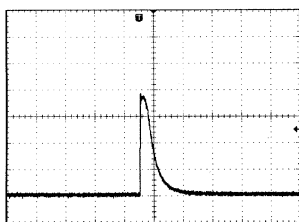


图3 自由振荡输出能量波形图
横格每格2ms,纵格每格2V

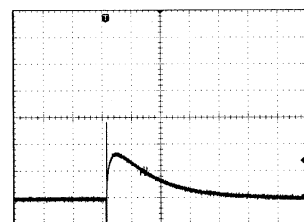


图4 10P(20)谱线多模能量图
横格每格400μs,纵格每格2V

3.2 调谐实验

根据以上实验结果,调谐实验选定工作电压为12kV,气压为5.32 × 10⁴Pa,重复频率为1Hz,激光器谱线为多模输出。

利用单片机进行编程,控制步进电机运行,带动光栅进行调谐实验输出。经过多次实验,得到谱线80条。再控制步进电机单步运行,每秒运行一步且发出触发放电脉冲。记录每一支谱线对应步进电机步数,作为进行快速调谐的基本依据。最后调谐输出谱线27条,能量由ED-500和TDS3032测量,波

(下转第840页)

性质,应用 McCumber 理论计算了 Er^{3+} 受激发射截面。讨论和分析了 Bi_2O_3 含量对玻璃样品物理性质和光谱性质的影响。研究发现,随着 Bi_2O_3 含量的增加,玻璃的密度和折射率逐渐增长,FWHM 和受激发射截面也不断增加, $^4\text{I}_{13/2}$ 能级寿命和量子效率则先增大后减小,在 6mol% 达到最优值。比较了 Er^{3+} 离子在不同基质玻璃中的 FWHM 和受激发射截面,结果表明 TZB 玻璃系统具有较好的带宽特性,是一种制备宽带光纤放大器潜在的候选基质材料。

参考文献:

- [1] Ohishi Y, Mori A, Yamada M, et al. Gain characteristics of tellurite based erbium doped fiber amplifiers for 1.5 μm broadband amplification [J]. Opt. Lett, 1998, 23(4): 274 - 276.
- [2] 陈力,李顺光,温磊,等. 铬镱共掺磷酸盐玻璃光谱和激光性质研究[J]. 激光与红外,2006,36(8):648 - 650.
- [3] Wang J S, Vogel E M, Snitzer E, et al. Tellurite glass: a new candidate for fiber devices[J]. Opt. Mater, 1994, 3(4): 187 - 203.
- [4] Yang J, Dai S, et al. Spectroscopic properties & thermal stability of Er^{3+} doped bismuth based glasses for optical amplifier[J]. J. Appl. Phys., 2003, 93(3): 977 - 983.
- [5] Dai S X, et al. Effect of hydroxyl groups on nonradiative

decay of $\text{Er}^{3+}: ^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ transition in zinc tellurite glasses [J]. Materials Letters, 2005, 59(18): 2333 - 2336.

- [6] Yang J H, Dai S X, Dai N L, et al. Effect of Bi_2O_3 on the spectroscopic properties of erbium-doped bismuth silicate glasses [J]. J. Opt. Soc. Am. B., 2003, 20(5): 810 - 815.
- [7] McCumber D E. Theory of phonon-terminated optical masers [J]. Phys. Rev., 1964, 134(2A): A299 - A306.
- [8] 沈祥,聂秋华,徐铁峰,等. $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ 共掺碲酸盐玻璃的光谱性质和热稳定性的研究 [J]. 物理学报, 2005, 54(5): 2379 - 2384.
- [9] Lin H, Pun E, Man S Q, et al. Optical transitions and frequency upconversion of Er^{3+} ions in $\text{Na}_2\text{O}-\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ glass [J]. J. Opt. Soc. Am. B, 2001, 18(5): 602 - 609.
- [10] Zou X L, Izumitani T. Spectroscopic properties and mechanisms of excited state absorption and energy transfer upconversion for Er^{3+} -doped glasses [J]. J. Non-Cryst. Solids, 1993, 162(1-2): 68 - 80.
- [11] Jiang S B, Luo T, et al. Er^{3+} -doped phosphate glasses for fiber amplifiers with high gain per unit length [J]. J. Non-Cryst. Solids, 2000, 263 - 264: 364 - 368.
- [12] Feng X, Tanabe S, Hanada T. Spectroscopic properties and thermal stability of Er^{3+} doped germanotellurite glasses for broadband fiber amplifiers [J]. J. Am. Ceram. Soc., 2001, 84(1): 165 - 171.

(上接第 836 页)

长由平面光栅单色仪测量,得到波长与能量分布图^[4],如图 6 所示。

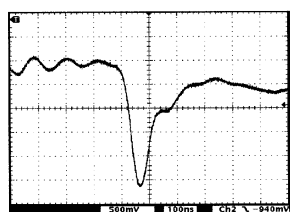


图 5 10P(20) 谱线输出脉冲
横格每格 100ms,
纵格每格 100mV

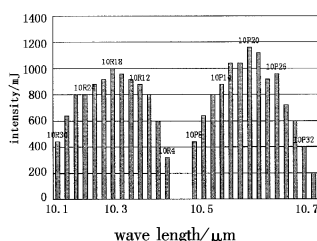


图 6 调谐谱线波长与
能量分布(多模)

4 结论

本文介绍了一种小型化高能输出的 TEA CO_2 激光器,由于增加了电极间距,增加了放电体积,提高了激光的输出能量。采用火花阵列放电预电离方式,保证了放电的稳定性。在气压为 $5.32 \times 10^4 \text{Pa}$, 电压为 12kV 条件下,自由振荡输出可达到 2.5J, 10P(20) 谱线多模能量可达 1.2J。在 高能输出的条

件下,利用单片机控制的步进电机驱动传动旋转光栅进行调谐,实现了多条谱线的输出。此小型化 TEA CO_2 激光器由于输出能量高,输出谱线较多,在民用、军事应用以及教育科研等方面都有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴谨,万重怡,刘世明,等. 小型 TEA CO_2 激光器的温度特性[J]. 激光技术,2002,26(6):409 - 410,424.
- [2] 程永强,谭荣清,陈静,等. 光栅选线 TEA CO_2 激光快速调谐技术研究[J]. 激光与红外,2006,36(4):250 - 253.
- [3] 张莉莉,任德明,胡孝勇,等. 一种新型 TEA CO_2 激光器的实验研究[J]. 光学技术,2006,32(1):131 - 133.
- [4] Gerand J Ernst. Uniform-field electrodes with minimum width [J]. Opt. Commun., 1984, 49(4): 275 - 277.
- [5] 曲彦臣,胡孝勇,刘逢梅,等. 快速调谐小型 TEA CO_2 激光器的实验研究[J]. 激光与红外,2000,30(3):160 - 163.