

10 kW 横流 CO₂ 激光器的增益特性

唐士清 杨逸根 查鸿逵 陆鸿飞 陈 平
张寿祥 魏在福 王润文
(中国科学院上海光学精密机械研究所, 上海 201800)

提 要

本文描述了一台 10 kW 横流 CO₂ 激光器在脉冲预电离下的增益特性及关于增益分布和脉冲预电离的理论分析。

关键词 横流, 预电离, 增益特性。

1 引 言

对于横向流动, 横向放电 CO₂ 激光器放电区增益特性的实验结果和有关讨论在许多文献中已有报道^[1~3], 其增益分布随着不同电极结构和流速在光轴横截面上变化很大. 就增益的均匀性而言, 总的来说, 横流横向放电比轴流轴向放电差, 其规律性更复杂, 在一般放电激发的 CO₂ 激光器中, 放电区的增益分布主要决定于电子密度分布 (也即电流密度分布) 和温度梯度. 在横流情况下, 温度梯度是不大的, 主要是电流密度分布支配着增益分布, 已有几种模型描述它, 但都仅在一定程度上描述了横流放电的电流密度特性和增益分布特性, 且由于快速气流的扰动, 使实际情况复杂得多. 因此, 实际情况同理论模型还是存在不小的差距.

采用预电离技术可以使放电区电子密度分布趋于均匀. 当预电离脉冲以一定的脉宽和一定的重复率运转时, 放电区的电子密度将在一定范围内起伏, 如图 1 所示. 效果的好坏将取决于放电电极的结构. 预电离有两种: 一种是“体预电离”, 即参与整个主放电区, 其效果为最佳, 可达到“控制放电”的效果, 即“非自持辉光放电”. 另一种是部分参与, 或称“表面预电离”, 其效果为次之. 本激光器的预电离结构属于后者, 预电离产生于放电区的上游. 脉冲电压加在主放电阴阳极间的上游方向. 主放电仍属“自持放电”. 但比无脉冲预电离的放电均匀得多. 运转气压从 6.13 kPa 提高到 10 kPa 相应的放电输入功率约提高 50%.

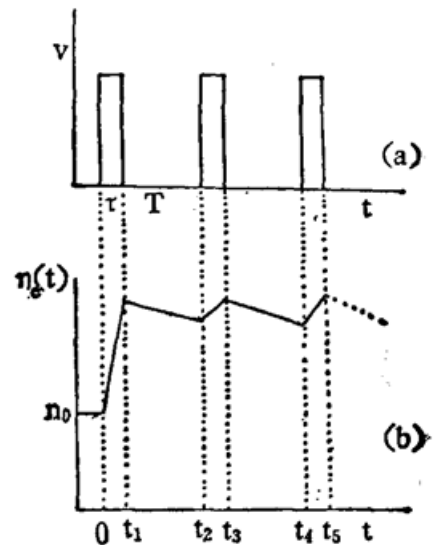


Fig. 1 The pulse preionization schematic

(a) repetition pulse;

(b) the electron number density $n_e(t)$ as the function of the time (t)

2 实验装置

实验装置的布置示于图 2. 利用一台单模稳定输出(发射谱线以 $P(20)$ 为主)的 CO_2

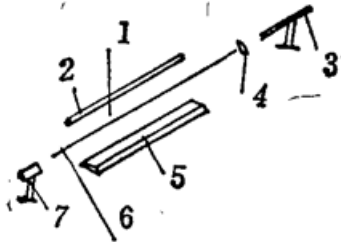


Fig. 2 Experiment arrangement

- 1—10-kW laser discharge zone; 2—cathode;
- 3—probe laser 4—focus lens; 5—anode;
- 6—optical axis; 7—laser power meter

激光器作为探测激光束. 用外加交流稳压器, 使输出功率保持长期稳定(功率起伏 $< 5\%$). 探测激光束进入激活区之前经 ZnSe 透镜 ($f=2M$) 聚焦, 使得光束在整个激活区内的直径保持相近(约 $5 \sim 7\text{ mm}$), 并平行于光轴, 功率计放在激活区另一端. 激光器、透镜的基座和功率计的基座可在垂直于光轴的 xy 平面内平移. 被测激活区的两侧用 NaCl 窗口密封. 用功率计测定放电前功率 (W_{in}) 和放电后功率 (W_o), 即可计算增益:

$$g_0 L = \ln(W_o/W_{in}), \tag{1}$$

式中 g_0 是小信号增益系数, L 为被测激活区长度. 放电前功率可近似地作为功率输入; 放电后的功率即探测光经激活区放大的功率. 这样可避免探测光经过路程中各种损耗带来的误差.

3 实验结果

1) 在激活区内垂直于光轴的二维 xy 剖面的增益分布, 如图 3 所示, 用点数示意数据点的增益相对大小. 由图可见, 随下游距离 y , 增益基本均匀, 仅有缓慢下降趋势. 当 $y=45\text{ mm}$ 后, 增益下降加快, 这里正好接近阳极板的高度. 在阳极板以外约 20 mm 处仍有一定的增益. 在电场方向随 x 直到阳极面, 增益基本均匀; 但我们发现, 在阴极附近约 5 mm 以内增益发生突变, 几乎降为零, 这可能是阴极附近的温度梯度造成; 总的说, 增益较强的区域是 $y=5 \sim 45$, $x=5 \sim 35$ 的约 $40 \times 30\text{ mm}^2$ 范围内, 增益基本均匀, 可抽取主要的激

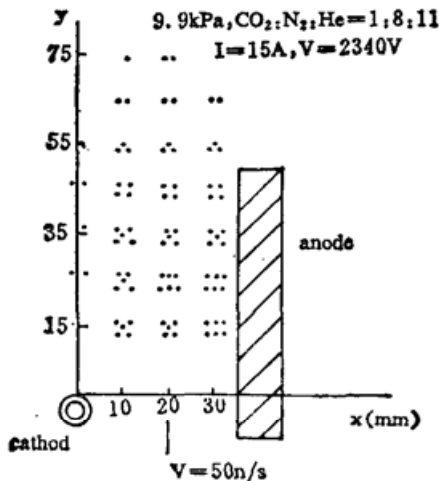


Fig. 3 Gain distribution of two dimensional xy profile perpendicular to optical axis (s)

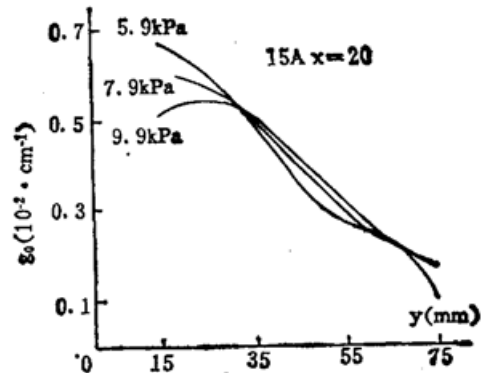


Fig. 4 Dependence of small signal gain (g_0) on the position (y) with different gas pressure

光功率.

2) 在不同气压下增益随下游位置 y 的变化, 如图4.所示. 由图可见在 $y < 35$ mm 范围内, 增益随气压升高而明显下降, 在 $y > 35$ mm 后, 就不明显了.

3) 在不同 x 位置, 增益随下游位置 y 的变化曲线示于图 5. 显然, 在 $x=0$ 处增益最低. 其余 $x=10, 20, 30$, 增益变化都相近, 和图 3 是一致的.

4) 增益和放电电流的关系曲线如图 6 所示. 由图可见, 在 $I=15$ A 内(相当于电流密度约 11 mA/cm^2), 增益是线性增加的. 在 15 A 后开始趋向饱和.

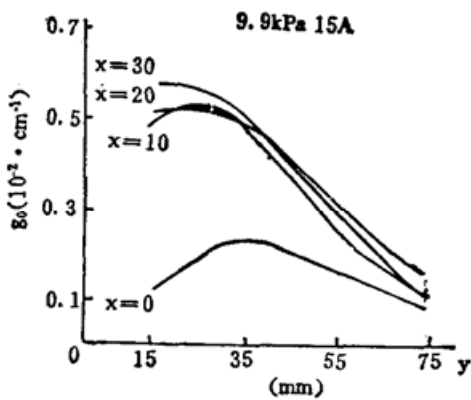


Fig. 5 The dependence of the small signal gain (g_0) on the position (y) with different position (x)

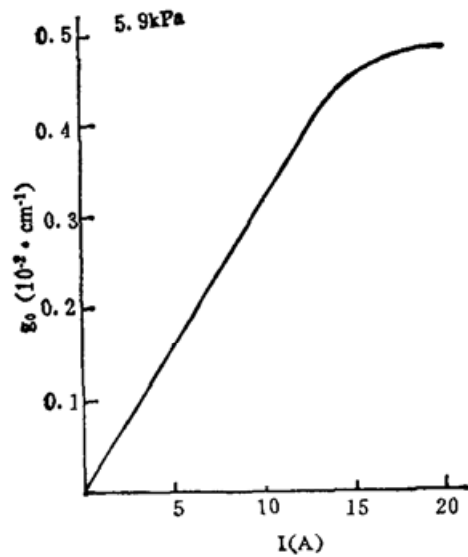


Fig. 6 The small signal gain as a function of the current

4 结 论

横流 CO₂ 激光器采用脉冲预电离后, 将有助于克服横流放电本身的不均匀性缺点, 而使运转气压得到提高, 也即体输入功率密度的提高, 将为高功率, 高光学质量的横流 CO₂ 激光器开创新的前景. 在进一步提高增益的均匀性后, 或许可与轴流系统激光器的光束质量相比美.

本文在 10 kW CO₂ 激光器上获得的初步结果说明, 脉冲预电离对改进横流 CO₂ 的激光器的放电均匀性是有效的. 进一步提高增益的均匀性须改进预电离结构, 使其成为“体电离”型, 这样, 也许可达到“控制放电”的目的.

参 考 文 献

- [1] E. Armandillo, A. Kaye, *J. Phys. (D); Appl. Phys.*, 1980, 13 (2): 321
- [2] 陈丽吟等. 光学学报, 1985, 5, (2): 135
- [3] 程兆谷等. 中国激光, 1983, 10 (12): 821

Gain characteristics of a 10-kW transverse-flow CO₂ laser

TANG SHIQING YANG YIGEN CHA HONGQI LU HONGFEI CHEN PING
ZHANG SHOUXIANG WEI ZAIFU WANG RUNWEN

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

(Received 16 July 1991; revised 14 October 1991)

Abstract

The gain characteristics for a 10-kW transverse-flow CW CO₂ laser with a pulsed preionization discharge are described in this paper. The gain distribution and pulse preionization are analysed theoretically.

Key words transverse-flow, preionization, gain characteristics.