

文章编号: 1001-3806(2003)01-0071-02

## 横流 CO<sub>2</sub> 激光器大体积均匀放电的研究

王新兵 谢明杰 卢宏

(华中科技大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

摘要: 根据磁场稳定气体放电的原理, 设计了一套电极结构, 对这种二轴正交式横流 CO<sub>2</sub> 激光器的放电特性进行了研究, 获得了大体积均匀放电, 放电注入功率为 15kW。

关键词: CO<sub>2</sub> 激光器; 气体放电; 磁场

中图分类号: TN248.2+2 文献标识码: A

## The research of large volume homogeneous discharge for the transverse-flow CO<sub>2</sub> lasers

Wang Xinbing, Xie Mingjie, Lu Hong

(National Laboratory of Laser Technology, HUST, Wuhan, 430074)

**Abstract:** Based on the principal of magnetically stabilized discharge, a new electrode configuration is designed. Characteristics of the discharge are studied for this transverse flow CO<sub>2</sub> lasers with 2-dimensional orthogonal system. Large volume homogeneous discharge has obtained and the input power is 15kW.

**Key words:** CO<sub>2</sub> lasers; gas discharge; magnetic field

### 引 言

高功率横流 CO<sub>2</sub> 激光器在工业中的应用十分广泛, 因此, 人们对它进行了大量的研究。但横流 CO<sub>2</sub> 激光器的光束质量差, 难以满足切割和焊接的要求。但如果可以获得一个大体积均匀的辉光放电区, 就可以利用折叠腔技术来增加等效光腔长度, 通过设计大小适合的光阑抑制高阶横模, 以获得低阶模高功率激光输出<sup>[1]</sup>。为了使横流 CO<sub>2</sub> 激光器获得高气压, 采用了大体积均匀、稳定地连续辉光放电, 如紫外光、电子束、射频及直流辅助放电等多种预电离技术<sup>[2]</sup>, 这些预电离技术促进了高功率 CO<sub>2</sub> 激光器的发展。理论和实验研究表明, 在磁场作用下, 可以获得大体积均匀稳定辉光放电<sup>[3~5]</sup>, 并可改变电子能量分布而提高激光器的效率<sup>[6]</sup>。根据磁场稳定的气体放电的原理, 设计了一套电极结构, 对这种二轴正交式横流 CO<sub>2</sub> 激光器的放电特性进行了研究。

### 1 电极结构

采用多根阴极针对板条阳极的放电结构(见图 1)。同传统的三轴正交横流 CO<sub>2</sub> 激光器的电极结构不同, 采用一种二轴正交横流方式, 即气体的流动方向与电场方向一致, 但与光轴方向垂直, 这样的电极结构可以获得大体积均匀辉光放电。

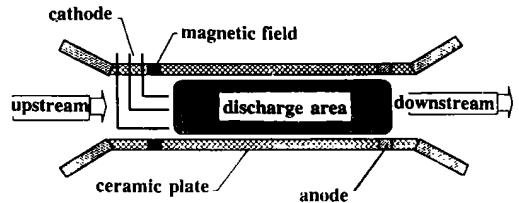


Fig. 1 Configuration of the discharge system

为提高放电的注入电功率, 用了 3 排放电针对双阳极板条的结构, 钼阴极针与紫铜阳极的间距为 80mm。阳极截面为 10mm × 10mm, 通水冷却。每根阴极针接一 80kΩ 的镇流电阻。阴极针共有 270 根, 为保证放电在整个空间的均匀分布, 阴极针分为 3 排均匀布置, 每排间距为 10mm, 交错排列, 有效放电长度为 900mm。阴极针位于气流的上游, 为使放电充满整个空间, 位于气流下游的阳极板分为两条, 阳极间距为 35mm, 这样放电时就会形成一截面为

作者简介: 王新兵, 男, 1967 年 1 月出生。副教授, 博士。现主要从事高功率气体激光技术等方面的研究工作。

收稿日期: 2002-02-25

80mm × 35mm 的放电区(见图 1)。电极结构沿气流方向是对称分布,这样保证了放电的均匀性。

在放电室中靠近阴极针附近的上下分别放置一平行的永久磁铁,从而在放电阴极区形成一近似均匀分布的磁场,中心的磁场强度为 0.15T。这样在阴极区就存在一正交的电场和磁场,带电离子(主要是电子)在电磁场中受 Lorentz 力作用呈螺旋运动,这就增加了电子与气体原子的碰撞几率,从而使得电离碰撞次数增加,导致在阴极区产生大量的离子,从而提高放电的稳定性。

### 2 实验结果

整个实验系统由激光器主机、电阻箱、高压直流电源及冷水机组构成,激光器主机包括前述的电极、热交换器、横流风机及真空腔体。由一台直径为 360mm,长度为 1000mm 的横流风机对气体进行循环冷却,放电区气体的流速为 30m/s~40m/s。冷水机组将循环冷却水冷却到 9℃,以保证放电区的气体温度不会超过 20℃。

激光器的直流放电特性与工作气压,气体成分等有关。实验时采用的混合气体比为  $V(\text{CO}_2):V(\text{N}_2):V(\text{He}) = 1:9:20$ 。对总气压分别为 9kPa, 12kPa 及 15kPa 时进

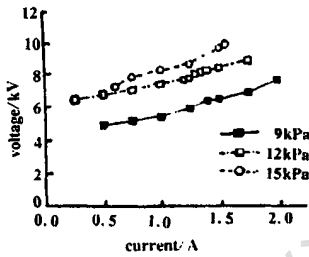


Fig. 2 V-I characteristics of the stable glow discharge at different gas pressure

行了放电实验,图 2 为稳定放电的 V-I 特性曲线。可以看出,放电的 V-I 特性曲线相当平坦,放电电压基本上不随电流的增加而变化。放电电压随气压的增加而升高,说明放电属于正常辉光放

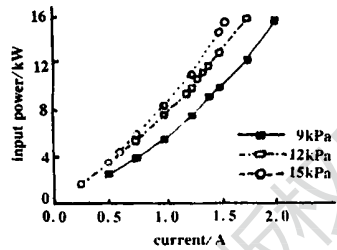


Fig. 3 Relation of the input power as discharge current at different gas pressure

电。同传统的三轴正交横流 CO<sub>2</sub> 激光器的放电特性相比,尽管这种电极结构的放电电压较高,但放电电流相对较小,因此,镇流电阻上消耗的功率大为降

低,从而有利于提高激光器的总效率。

图 3 为放电注入电功率随放电电流变化的关系,考虑到正常辉光放电情况下,放电电压随电流的增加变化不大,故注入电功率基本上正比于放电电流,近似为线性关系。还可看到,当放电电流为 1.75A 时,对应于总气压 15kPa,激光器注入功率可达 15kW。对应混合气体为  $V(\text{CO}_2):V(\text{N}_2):V(\text{He}) = 1:9:20$ ,总气压为 12kPa 时进行的放电实验,沿着光轴方向观察并拍摄不同放电电流情况下的辉光放电的照片(见图 4),图中左边为阳极,右边为阴极。可看出,实验得到了一个相当均匀的辉光放电区,随着注入电功率的增加,放电的辉光也逐渐增强。



Fig. 4 Photography of the discharge at different discharge current a- 0.5A b- 1.0A c- 1.5A

### 3 结论

用该二轴正交式横流 CO<sub>2</sub> 激光器的电极结构,得到了放电注入功率为 15kW 的大体积均匀放电,CO<sub>2</sub> 激光器的电光转换效率多模输出时为 15%,在原有 2kW 横流多模 CO<sub>2</sub> 激光器上改用这种放电结构可获得 3kW 输出,如采用折叠腔进行低阶模控制,效率为 10%,可获得 1.5kW 激光输出,上述结果说明文中论及的电极结构是合理的。该电极的放电特性具有高电压、低电流的特点,这样镇流电阻上消耗的功率被降低,激光器总电光效率得到提高。

#### 参 考 文 献

- [1] 周凤晴,陈清明,李晓平 *et al.* 中国激光, 1995, A22 (6): 408~410.
- [2] 魏在福,程兆谷,查鸿逵 *et al.* 光学学报, 1994, 11(7): 673~677.
- [3] Seguin H J J, Capjack C E, Antoniuk D *et al.* A P L, 1980, 37 (2): 130~ 133.
- [4] Antoniuk D, Seguin H J J, Capjack C E. Appl Phys, 1984, B35: 155~ 162.
- [5] 陈清明,周凤晴,李晓平 *et al.* 激光技术, 1995, 19(5): 261~263.
- [6] Labun A H, Capjack C E, Seguin H J J. J A P, 1990, 68(8): 3935~ 3946.

(上接第 57 页)

- [5] Lü B D, Luo Sh R, Zhang B. Opt Commun, 1999, 164: 1~ 6.

- [6] Lü B D, Luo Sh R. J O S A, 2000, 17: 2001~ 2004.
- [7] Collins S A. J O S A, 1970, 60: 1168~ 1177.
- [8] Li Y, Wolf E. Opt Commun, 1982, 42: 151~ 156.