

约束放电激励千瓦级基模 CO₂ 激光器*

陈清明 周凤晴 李晓平 孙洪 卢宏 冯功和 许强华 李军
(华中理工大学激光技术国家重点实验室, 武汉, 430074)

摘要: 本文研究了约束放电激励千瓦级基模 CO₂ 激光器。约束放电激励的思想核心是: 利用正交或基本正交的电场或者电磁场在阴极位降区附近形成对带电粒子的捕集阱, 由此产生对放电过程中从阴极发出的带电粒子的约束作用从而影响整个气体放电激励过程。

关键词: 约束放电激励 气体激光 捕集阱 电光转换效率

1kW TEM₀₀ CO₂ laser excited by confined discharge

Chen Qingming, Zhou Fengqing, Li Xiaoping, Sun Hong
Lu Hong, Feng Gonghe, Xu Qianghua, Li Jun
(National Laboratory of Laser Technology, HUST)

Abstract: A new gas laser — 1kW TEM₀₀ CO₂ laser — excited by the confined discharge has been studied in this paper. The confined discharge means that in the process of laser discharge, the orthogonal electrical and electrical fields or orthogonal magnetic and electrical fields on the surface of cathode are used to confined electrons and ions in a trap or many traps of well designed shape. As an example of the applications of this excitation method, high efficient and high power CO₂ CW laser, in which the transverse magnetic field perpendicular to electrical field was used, has been studied in detail.

Key words: confined discharge gas lasers traps electro-photo conversion efficiency

一、引言

针对现有放电激励方法的弱点, 我们提出了气体激光器的约束放电激励方法。约束放电激励方法的物理思想是: 利用正交或基本正交的电场或者电磁场在阴极位降区附近形成对带电粒子的捕集阱, 由此产生对放电过程中从阴极发出的带电粒子的约束作用, 迫使带电粒子按曲线运动, 从而影响整个气体放电激励过程。通过不同形式的正交场设计, 可以控制带电粒子的群体运动, 在宏观上形成各种运动轨道, 因此约束放电激励可以通过许多不同的方案实施。

约束放电激励作为一种方法, 既可以用于改善已知的多种气体激光器的性能, 又可以用于寻找新型激光器。本文则以迄今已发展得相当完善的高功率 CO₂ 激光器为具体对象, 进行了探索性的研究。

二、实验方法及装置

CO₂ 激光器的试验装置示意图如图 1。这是一个密闭的横向流动循环系统。其中, 放电电流、气体流动和光轴三个方向是互相垂直的。风机为高速轴流风机(12000rpm)。为了改善气

* 国家自然科学基金资助。

版权所有 © 《激光技术》编辑部

下,随着放电电流的增加,气体放电表现出由正常辉光放电到异常辉光放电最后过渡到弧光放电这样的特征。约束放电时,在很高的电流密度下,放电只呈现出辉光放电的特征,这对于许多气体激光器的激励是十分有利的,也是现有其它方法难以比拟的。尤其值得一提的是,在实验中我们将阴极与阳极调换时(这时实验所用的阴极和阳极形状大小都相同),这相当于阳极表面有磁场而阴极表面没有磁场,就不再能产生稳定辉光放电了,与普通平板电极几乎没有差别。这种现象的原因是什么呢?分析

认为:在阴极区附近,电子密度很高,电子的荷质比很大,电子被阴极区的强电场加速后速度也很高,因此磁场对电子的影响很大,能够约束其运动;而在阳极附近,离子密度较高,电子密度低,离子的荷质比不到电子的荷质比的千分之一,离子的迁移速度也不到电子迁移速度的千分之一,因此磁场对离子的作用相对于其对电子的作用而言可以说是微不足道的。可见,在激光气体放电情况下,利用正交场在阴极位降区附近形成对带电粒子的捕集阱从而影响放电全过程是约束放电激励的物理思想的核心。关于约束放电激励对电子运动的影响的详细理论分析,我们另有文章介绍^[4,5]。

图 4 为激光输出和电光转换效率与输入功率的关系曲线。激光功率由国家计量院的国家基准功率计测出,结果为最大输出功率为 1.56kW。激光输出模式由 LASER BEAM ANALYZER 3/A 模式仪和 TEKTRONIX2440 数字示波器联合测出,结果为 TEM₀₀, 正态高斯分布,近场发散全角为 0.5mrad, 接近衍射极限。从图 4 可以看出约束放电激励获得基模输出时的电光转换效率在输出功率为 1.56kW 时为 15.8%, 并逐渐上升,从曲线上还看不出效率已达到饱和。由于别的条件限制,激光器的稳定运行功率目前只有 1.56kw, 如果解决如热交换这样的限制条件,效率可能更高。15.8% 这一效率值相当于原有多种横流气体激光器基模输出时效率的两倍多。原有激光器多模输出时的电光转换效率也只有 15% 左右。从聚焦特性、传输特性以及工业应用等方面看,基模光束有着多模光束难以比拟的优点。从实用的观点看,约束放电激励 CO₂ 激光器的制造成本和运行成本不到原有激光器的一半,体积也不到一半。

实验证明约束放电激励方法可以获得高功率、高效率、高光束质量的 CO₂ 激光器。可以预期这种方法在其它放电激励型激光器上也可能得到应用。

参 考 文 献

- 1 Chen Q M, Fan Y D, Li H D. Vacuum, 1988;38(6):491~495
- 2 Chen Q M, Fan Y D, Li H D. Materials Letters, 1988;6(8):311~315
- 3 周炳琨,高以智,陈家骅 *et al.* 激光原理. 北京:国防工业出版社, 1980;307~347
- 4 Li J, Chen Q M. J Phys D: Appl Phys, 1993;26(10):1541~1544
- 5 Xu Q H, Chen Q M, Li J. J Phys D: Appl Phys, 1994;27(4):795~800

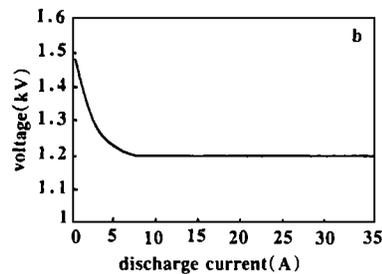


Fig.3b The V-A curve of the CO₂ laser excited by confined discharge

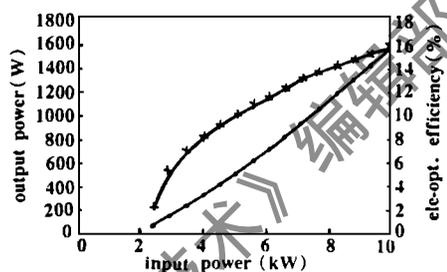


Fig. 4 The relation of output power and efficiency to the input power
 • - output power
 + - ele-opt efficiency