

较高平均功率长寿命封离型 TEA CO₂ 激光器

李国华 张怀怀 郭雁秋

(河北省科学院激光所)

提要: 本文报道一台具有较高平均输出功率长寿命工作的封离型 TEA CO₂ 激光器。以每秒 40 次重复率连续工作 7 小时, 最高平均输出功率 70W 以上, 到半功率点寿命大于 10⁶ 次脉冲。

A long life-time sealed-off TEA CO₂ laser with higher average power

Li Guohua, Zhang Huaihuai, Guo Yanqiu

(Institute of Lasers, Academy of Sciences of Hebei Province)

Abstract: A sealed-off TEA CO₂ laser with higher average output power and longer operation is reported. The performances are: the continuous operating time-up to 7 hours at 40 pps; the higher average output power—above 70 W; the life-time—longer than 10⁶ shots (FWHM).

一、引言

TEA CO₂ 激光器自 1970 年问世以来, 发展迅速。到目前为止, 所报道的封离式 TEA CO₂ 激光器的较好指标是: 脉冲重复率为每秒 30~50 次, 平均输出功率 50W, 到半功率点寿命大于 3×10⁶ 次脉冲。值得指出的是, 国外这些器件都是在添加大量 He 的情况下工作的。本实验特别注意了强紫外预电离对提高放电稳定性从而对提高脉冲重复率和平均输出功率的影响, 以及添加大量 CO 和 He 对输出功率稳定性及工作寿命的影响, 实现了无 He 的长寿命工作。

二、器件结构与放电参数

我们的激光器采用了文献 [1] 的器件结构, 见图 1。不同的地方是使用的阴极横向开槽, 电晕预电离触发丝放置在阴极的槽上, 与光轴垂直, 共有 160 根, 每根跨在阴极上的长度为 4.5cm。

放电原理图如图 2, 主要元件的放电参数如下: 储能电容器 C_1 、 C_2 各为 0.12 μF, 电晕预电离电容 C_3 为 3600 pF, 42 个紫外预电离火花隙 $g_1 \sim g_{42}$ 与主放电电极并联, 紫外预电离电容 $C_4 \sim C_{87}$ 共 84 个。球隙开关 G_1 、

收稿日期: 1983 年 9 月 15 日。

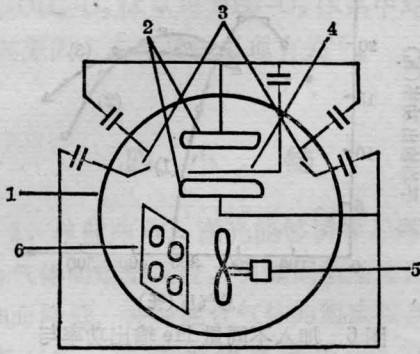


图1 激光器结构横截面示意图

1—有机玻璃外壳；2—主放电电极；3—紫外预电离火花隙；4—电晕预电离触发丝；5—风扇；6—热交换器

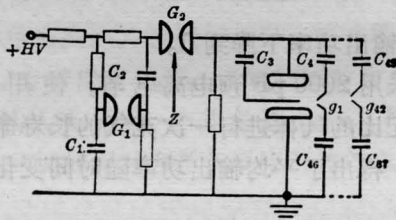


图2 激光器放电原理图

G_2 具有较好的散热性能，在空气中工作，不需充气冷却或水冷。

三、实验结果和讨论

我们用三组不同值的预电离电容进行了实验，在其他条件相同的情况下观察了因预放电强弱不同引起 CO_2 分解的速率、平均输出功率和放电稳定性的变化。 CO_2 的分解速率用单位时间内 CO_2 分解引起的气压增量来表示（扣除了在同一时间内因工作气体温度上升引起的气压增量），结果示于图3。

从图3气压增量变化曲线看出，随着预电离电容的增加， CO_2 的分解速率略有增大，但差别很小，当每个预电离电容从 550 pF 增加到 2000 pF，工作前十分钟的气压增量从 2.3 Torr 增加到 3 Torr。从曲线(2)和曲线(3)的变化趋势看，气压增量的差别不再随工作时间的延长而增大。实验表明，在我

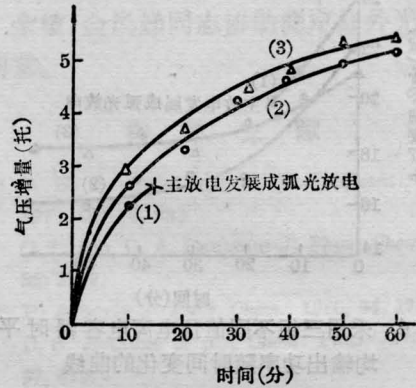


图3 CO_2 分解引起的气压增量随时间变化的曲线

- (1) 预电离电容每个 550 pF，与主放电电极的总并联值 0.012 μF ；
- (2) 预电离电容每个 950 pF，总并联值 0.02 μF ；
- (3) 预电离电容每个 2000 pF，总并联值 0.042 μF ；

工作条件：放电电压 31.5 kV；重复率 5 脉冲/s
气体配比 $\text{N}_2:\text{CO}_2 = 100:80$ 共 180 Torr

们所采用的主放电与紫外预电离并联使用同一个储能电容器的电路中，由于紫外预放电消耗的能量少于主放电，因此在同一个放电脉冲中预放电对 CO_2 的分解远少于主放电，也就是说， CO_2 的分解主要是由主放电引起的，这与文献[2]的结果相一致。

实验表明在用 550 pF 时工作到 15 分钟主放电便发展到弧光放电；用 950 pF 时工作到 35 分钟主放电有一定的电弧几率；而用 2000 pF 时工作一小时主放电未出现一次电弧，工作一直很稳定。此时预电离电容与主放电电极并联的总容量相当于储能电容器容量的三分之二，比一般文献报道的大几倍。

从图4看出，随着预电离电容的增大，初始平均输出功率略有降低。其原因是随预电离电容的增大，预放电消耗的电能相应增加，这样用于主放电的电能就略有降低，使总效率有所降低。但是由于预电离加强使放电稳定性增加，平均输出功率下降较慢，有利于激光器长寿命稳定工作。

固定预电离电容为 2000 pF，观察 CO 不

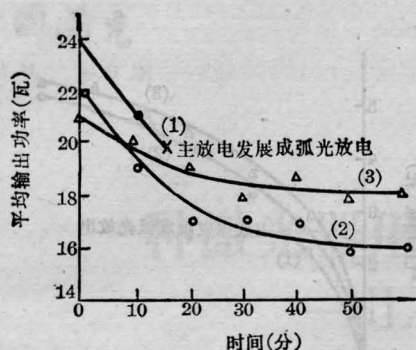


图4 采用三组不同值预电离电容器时平均输出功率随时间变化的曲线
(注明与图3同)

同添加量对激光器平均输出功率和工作寿命的影响,使激光器以20脉冲/s重复率连续工作4小时,结果如图5。

添加大量CO尽管使最高平均输出功率有所降低,但是由于CO₂分解减少,可以获得平均输出功率稳定的长寿命工作。

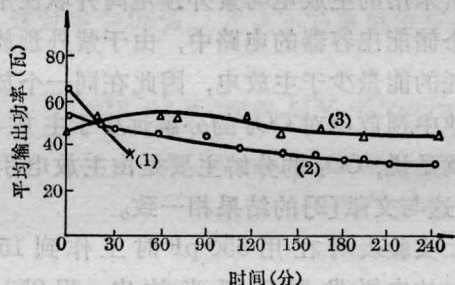


图5 添加不同量CO时平均输出功率随时间变化的曲线

(1)—CO=20 Torr; (2)—CO=40 Torr; (3)—CO=60 Torr; 工作条件: 放电电压: 36 kV; 重复率 20 脉冲/s; 其他气体: N₂:CO₂=100:80

在工作气体中分别加入3倍和5倍于CO₂气压的He,与无He时相比较,实验结果如图6。

由于He的着火电压比CO₂和N₂低得多^[3],所以从图6看出,在添加大量He后激光器工作E/P值有较大的变化范围,因而使放电稳定性增加。在放电电压一定时添加5倍He后,直到560 Torr总气压仍能击穿放电,而且仍有15 W的平均功率。不加He时总气压到320 Torr主放电已很难得到均匀

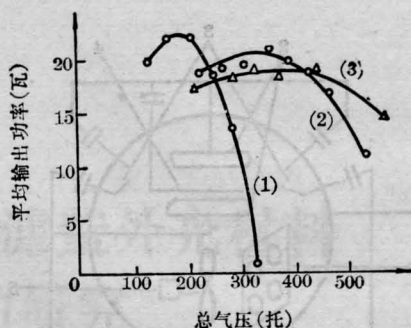


图6 加入不同量He输出功率与工作气压的关系

(1)—无He, N₂:CO₂=1.25:1;
(2)—He:N₂:CO₂=3:1.25:1;
(3)—He:N₂:CO₂=5:1.25:1;
工作条件: 放电电压: 33 kV;
重复率: 5 脉冲/s

放电,输出功率下降到0。

采用2000 pF预电离电容,使用三组不同配比的气体进行一次充气的长寿命运转实验,得出了平均输出功率随时间变化的曲线。

从图7看出,不加He的曲线(1)在工作的前两个半小时平均输出功率下降较快,这比图5中的曲线(3)工作同样脉冲次数下降得要快些。其原因是:随着重复率增加输入电功率增加,因而产生的热量也增加,主放电区的气体温度上升较快。90分钟时阴极附近的气体温度即从开始时的15°C上升到75°C。另外,从辉光放电均匀性的变化可以

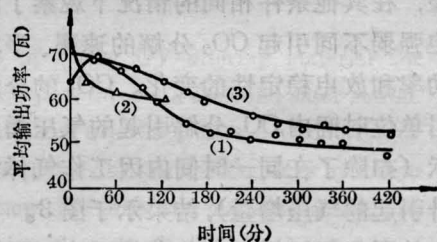


图7 采用不同气体配比长寿命工作时,平均输出功率随时间变化的曲线

(1) N₂:CO₂:CO=1.25:1:0.75=100:80:60 共 240 Torr;
(2) He:N₂:CO₂=3:1.25:1=210:85:70 共 365 Torr;
(3) He:N₂:CO₂:CO=3:1.25:1:0.75=180:75:60:45 共 360 Torr;
工作条件: 放电电压 30 kV, 重复率 40 脉冲/s

看出,工作气体发热使放电产生热不稳定性,阴极产生热形变也影响了放电均匀性,在后面4个半小时工作中,由于热交换使温度趋于稳定,平均输出功率比较平稳。在经过连续7小时运行,大于一百万次放电后平均输出功率从70W下降到47W,仍有67%在半功率点以上。

曲线(2)和曲线(3)都添加了3倍的He,在工作两小时后阴极附近的气体温度分别上升到54°C和55°C,以后不再上升,这比不加He时降低了20°C。这说明加He后增大了工作气体的导热能力,曲线(2)未加CO,CO₂分解速率较大,尽管初始平均功率较高,达74W,但是下降很快,前半小时即下降到63W。曲线(3)既添加了CO又添加了He,

具备了两者的优越性,保持了较高的平均输出功率,在经过连续7小时工作一百万次放电后从70W下降到53W,仍有76%。考虑到平均输出功率越向后越稳定,推算到半功率点的寿命大于三百万次。即一次充气可以以40脉冲/s重复率连续工作20小时以上。

最后感谢刘玉华、楚增贵、苏德兴等同志对我们工作的帮助。

参 考 文 献

- [1] 周岳亮等;《激光》,1980,7, No. 1, 29~32.
- [2] Koji Matsumoto *et al.*; *Japan J. Appl. Phys.*, 1980, 19, No. 10, 1959~1968
- [3] 赫光生,雷仕湛;《激光器设计基础》,上海科技出版社,1979年, p. 58.

材料激光损伤测试面向全国

在激光技术和激光材料的研究发展中,各种材料的激光损伤阈值测量和系统研究是一个很重要的方面。材料的激光损伤阈值是材料所能承受激光功率的最大限度,在国外已被列入各种激光材料的一个重要质量参数。各种产品的激光损伤性能不仅是用户们需要了解的一个必须由生产者提供的参数,而且对于产品研制者如何改进和提高产品性能也是不可缺少的资料。国内各种光学晶体、玻璃和光学薄膜的生产研制单位,不是尚未进行这一参数的测量,就是测量条件不稳定,数据精度差。如果各个单位都建立一套完善的测试设备和培养有经验的工作人员不仅没有必要,而且需要相当多的投资,费时费力。

现在,中国科学院上海光机所材料非线性效应研究组,为了面向经济建设,决定在进行系统研究工作的同时,开展面向全国的材料激光损伤测试服务

工作,承接各种材料,包括晶体、玻璃、各种薄膜及其他材料样品的激光损伤阈值测量,负责提供测试报告,提供测试数据和实验条件参数。如果有需要,也可以与研制单位进行短期或长期合作研究,以便对材料的性能有较系统的了解。该研究组从事材料非线性效应的研究已经有十多年的历史,对多种玻璃和晶体材料的非线性效应和激光损伤进行过研究,积累了丰富的经验,发展了多种测试方法,建立了完善的实验装置。目前该组有1.06 μm 、0.53 μm 和0.35 μm 波长的毫微秒及微微秒级高功率激光脉冲及其他测试仪器可供实验时选用。欢迎全国各有关单位去函去人联系。该组组长邓和同志的通信处为:上海市8216信箱。

(大卫)