

CO₂ 激光器用的气体发生器

吕惠宾 周岳亮 崔大复 陈正豪

(中国科学院物理研究所)

我们在研制气体转换炉工作^[1]的基础上,经过改进又制成气体发生器. 将它分别用于波导 CO₂ 激光器和 TEA CO₂ 激光器,所得的结果表明,对于采取气体流动方式工作或需要更换工作气体的 CO₂ 激光器,如果配备一台气体发生器,就可以由空气, CO₂, 空气 + CO₂, N₂ + CO₂ 等获得多种组分的工作气体. 还可以根据工作需要,不使用钢瓶气体或只配备一个钢瓶 CO₂ 气体,就能得到满意的结果.

一、实验装置

实验装置如图 1 所示,虚线中的部分构成气体发生器(以下简称发生器). 气体转换炉的结构在文献 [1] 中有详细介绍,根据 C, O₂, CO₂, H₂O 等在高温下化学反应的原理,把碳(高纯石墨)装在密封的石英反应管里,利用电炉丝加热,适当控制炉温、管里气体的组分和流量可获得合适的工作气体. 由于对炉温和气体流量的控制精度的要求很低,因而我们仅用一台 XCT-101 型温度控制器和两个继电器,控制气体转换炉的温度,就能满足实验要求. 两个流量计分别指示钢瓶 N₂, CO₂ 和空气流过气体转换炉的流量. 水冷器是将通过气体的铜管浸在流动的自来水容器中制成,用以冷却从气体转换炉出来的高温气体. 气体中携带的碳灰等杂质经 3 号滤过漏球过滤之后再充入激光器.

实验装置由上述发生器、CO₂ 激光器、2XZ-4 型真空泵、DQC-2 型电磁带放气真空阀、钢瓶 N₂ 气、钢瓶 CO₂ 气、压力真空表和七个用不锈钢波纹管制作的金属阀门组成. 在

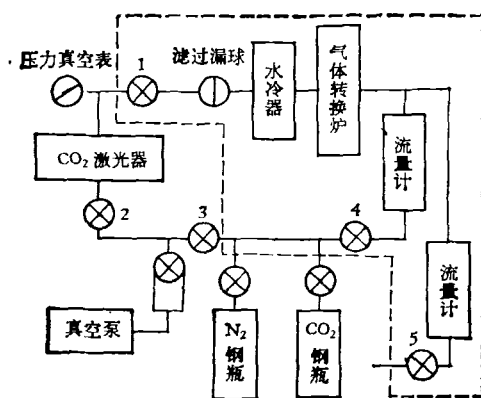


图 1 实验装置示意图

向激光器充气之前,先打开阀 1、阀 2、阀 3,用真空泵把激光器和系统全部抽空,然后再进行充气.

该实验装置具有以下五种工作状态: (1) 关闭阀 2、阀 4,在炉温 750℃ 至 950℃ 的范围内,打开阀 1、阀 5,使空气以 3—7 升/分的流量通过发生器,空气中的 O₂ 与反应管中的 C 起化学反应,生成 CO₂ 及少量的 CO,作为 CO₂ 激光器的工作气体,即以空气为气源. (2) 关闭阀 2、阀 3、阀 5,在炉温 750℃ 至 900℃ 的范围内,打开阀 1、阀 4 和 N₂ 阀、CO₂ 阀,把 N₂ 与 CO₂ 以不同的比例,用 6—10 升/分的流量,分别或混合通过发生器,对气体进行处理. (3) 关闭阀 2、阀 3、阀 5 和 N₂ 阀,在炉温 900℃ 至 1150℃ 的范围内,打开阀 1、阀 4 和 CO₂ 阀,把 CO₂ 气体以 2—5 升/分的流量通过发生器,生成 CO 和 CO₂ 混合的工作气体. (4) 关闭阀 2、阀 3 和 N₂ 阀,在炉温 750℃ 至 950℃ 的范围内,打开阀 1、阀 4、阀 5 和 CO₂ 阀,把空气和 CO₂ 气体,以不同的比例,用 3—8 升/分的流

量, 分别或混合通过发生器, 产生工作气体。(5) 关闭阀 1 和阀 4, 打开阀 2、阀 3 和 N_2 阀、 CO_2 阀, 对钢瓶气体不作任何处理, 直接作为激光器的工作气体。除上所述外, 如果关闭阀 1、阀 2, 激光器就处于封离式工作状态。如果关闭阀 3, 开动真空泵, 打开阀 1、阀 2 和所用气体的有关阀门, 激光器就处于气体流动的工作状态。

二、实验结果

1. 以空气为气源

我们采用放电体积为 $80 \times 4 \times 3.5$ 厘米³ 的 TEA CO_2 激光器, 在炉温 $880^\circ C$ 、空气流量 5 升/分、气压 240 托、工作电压 45 千伏的条件下, 获得单次脉冲能量 6.5 焦耳的激光输出。采用腔长 13 厘米、横截面 0.2×0.3 厘米² 的横向激励波导 CO_2 激光器, 在炉温 $850^\circ C$ 、空气流量 5 升/分、气压 80 托、工作电压 13 千伏的条件下, 重复频率 250 脉冲/秒时, 获得平均功率 130 毫瓦的激光输出。由于在空气中, N_2 和 O_2 的比是 4:1, 因此以空气为气源输出激光的特点是脉冲宽度较宽, 激光脉冲主峰的宽度在 1.5 微秒左右。

2. 净化工作气体

我们在研制横向激励波导 CO_2 激光器时, 使用一般的钢瓶气体。由于放电气体对波导腔和窗口的污染, 致使激光器工作不到半个小时, 已无激光输出。把钢瓶气体按比例混合通过发生器进行处理后, 由于 CO_2 气体中的乙醇等在高温碳层中的分解化合反应, 加上滤球的过滤作用, 滤掉工作气体中碳灰等悬浮杂质, 使工作气体净化, 波导 CO_2 激光器就能连续正常工作, 效果是十分明显的。这说明使用发生器, 是解决 CO_2 激光器气体污染问题的一个有效方法。

3. 提高激光输出效率, 增加工作气体寿命

图 2 是在给定工作气压下, 在 TEA CO_2 激光器上测得的输出脉冲激光能量和工作电压关系的比较曲线。图中的虚线是用纯度均为 99.9% 的钢瓶 N_2 和 CO_2 气体, 在 $N_2:CO_2 = 1:$

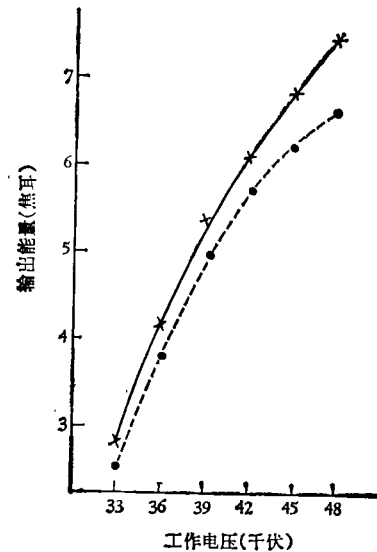


图 2 钢瓶气体未通过与通过发生器时的输出能量 (用纯 N_2 的情况)

× 表示通过发生器; ● 表示未通过发生器

1, 气压为 240 托的条件下测得的; 实线是把上述钢瓶气体以 $CO_2:N_2 = 1:1$ 的比例混合, 在炉温 $900^\circ C$ 时, 以 8 升/分的流量通过发生器处理后测得的。由图可见, 在使用发生器后, 输出激光脉冲能量平均提高 9%。用普 N_2 代替 99.9% 的纯 N_2 , 经过发生器处理后, 激光脉冲输出比不处理的可提高 20% 左右。

实验证明, 使用发生器处理 CO_2 激光器的工作气体, 由于气体通过发生器时, 纯度提高和产生了少量 CO 等气体, 不仅能提高激光输出的效率, 而且使工作气体的寿命大大增加。同时, 气体中含有少量的 O_2 等有害物质, 通过高温碳层的化学反应而大大减少, 使激光器的工作状态更加稳定。这与文献 [2] 的结果是完全一致的。

4. 容易得到寿命长、输出稳定的 CO_2 与 CO 混合工作气体

炉温 $900^\circ C$ 时, CO_2 气体以 3 升/分的流量通过发生器后, 生成 CO_2 与 CO 的混合气体作为工作气体。在气压 240 托的条件下, 用 TEA CO_2 激光器输出数千脉冲激光后, 所测得的激光能量和工作电压曲线, 说明用 CO 代替 N_2 , 虽然能量转换效率比后者大约降低一半, 但其

(下转第 662 页)