

UV-TEA CO₂ 激光气体的催化循环试验

龚德生 刘福昶 孙大方 陆维国

(上海化工研究院)

林英仪 庄斗南 蔡英时 丁爱臻 王怡曼

(中国科学院上海光机所)

提要: 对 UV-TEA CO₂ 激光气体采用催化循环的方法, 成功地使激光器运转次数从原来的 500 次提高到 10 万次以上。

Study on improvement of lifetime for UV-TEA CO₂ laser by catalytic reaction of decomposed products

Gong Desheng, Liu Fuchang, Sun Dafang, Lu Weiguo

(Shanghai Research Institute of Chemical Industry)

Ling Yingyi, Zhuang Dounan, Cai Yingshi, Ding Aizhen, Wang Yiman

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

Abstract: By employing gas catalysis and circulation for UV-TEA CO₂ laser we have increased the lifetime of TEA CO₂ laser from 500 to over 100,000 shots.

还原成 CO₂, 从而使激光器一次充气工作寿命大大提高。

一、前 言

紫外预电离 TEA CO₂ 激光器(UV-TEA CO₂ 激光器)具有工作气压高、效率高等优点, 但由于紫外光和放电使 CO₂ 气体分解, 产生的 O₂ 使均匀放电所需的初电子减少^[1,2], 结果一次充气寿命仅约 500 次。

如果采用国际市场上 UV-TEA CO₂ 激光商品中的一种方法——边流动边排气以延长寿命, 势必花费大量昂贵的氦气。我们采用工作气体催化循环的方法把 O₂ 和 CO 再

二、实验装置

图 1 是在原有 TEA CO₂ 激光器的进出气嘴上连接催化循环的装置。运转时先将炉子 3 接通电源使触媒 4 达到初始反应温度之上, 一般控制在 250~300°C 之间。开启循环泵 2 后, 来自器件 1 的激光气体(已部分分解)便连续地流过触媒, 还原后的气体经热交

收稿日期: 1982 年 6 月 14 日。

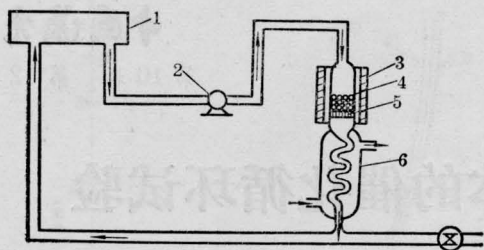


图1 配备催化循环装置的
UV-TEACO₂ 激光系统

换器6(水冷)仍返回激发区。如果实验系统密封良好,激光器便可持续运转下去,目前运转次数已超过10⁵次,还在继续运转中。

实验中循环泵采用流量为15升/升的无油隔膜循环泵,触媒采用Al₂O₃球作为载体,掺涂适量白金。工作气体比分为

$$N_2/CO_2/He=1/1.7/7,$$

总气压560托,整个系统充气约7升。激光器采用24对针状列阵紫外光预电离,激发区体积为4×4×50厘米³。

三、催化反应试验

不同催化剂在不同反应温度下,CO还原反应速率的实验结果列于图2和表1。实验采用2% CO、1% O₂和97% N₂气体混合物在空速(流量与催化剂体积比)为10,000/小时条件下测量从催化剂流出的气体成分。从图2可以得知,当炉子温度高于起始反应温度(220~280°C)时,CO转化率高于95%,但超过起始温度后,CO转化率随炉温的变

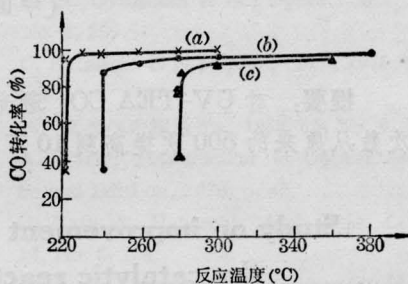


图2 三种不同含铂量催化剂的
反应温度与CO转化率的关系曲线
(a)—E₄-1; (b) E₂-2; (c); E₃-2

表1 三种催化剂的催化实验测量数据

温度 °C	E ₄ -1			E ₂ -2			E ₃ -2		
	反应器出口		CO转化率	反应器出口		CO转化率	反应器出口		CO转化率
	O ₂ %	CO%		O ₂ %	CO %		O ₂ %	CO %	
220	0.74 0.10	1.25 0.07	34.9 96.7						
240	0.1	<0.05	97.7	0.94 0.24	1.77 0.26	18.8 87.2			
260	0.1	<0.05	96.6	0.08	0.108	91.7			
280	0.099	<0.05	97.6	0.08	0.09	97.5	0.59 0.21	1.03 0.31	52.3 85.6
300	0.09	<0.05	97.6	0.07	0.05	97.6	0.09	0.07	96.7
360							0.075	0.05	97.6
380				0.08	<0.05	97.7			

表2 四种空速下催化还原速率的测试数据

空速 (小时 ⁻¹)	进 口		出 口		CO 转化率 (%)
	O ₂ %	CO %	O ₂	CO	
5000	1.08	2.04	0.07	0.09	95.6
	1.08	2.04	0.07	0.09	92.7
10000	1.04	2.09	0.05	0.11	94.7
	0.99	1.97	0.18	0.10	94.5
13000	0.97	1.93	0.06	0.06	96.9
	1.01	1.98	0.05	0.09	95.5
16000	1.00	2.02	0.06	0.17	92.0
	0.98	1.97	0.07	0.16	92.6

化呈“饱和”状态。因此，实验时选择炉温稍稍高于起始反应温度即可，一般在 250~300°C 之间。

为了选择合适的流速，进行了空速试验。实验仍采用 O₂、CO 和 N₂ 混合气体（比参见表 2）以表中四种典型空速流过 300°C 的催化剂，同样在催化剂出口端测量气体成分。直观的实验结果绘于图 3。

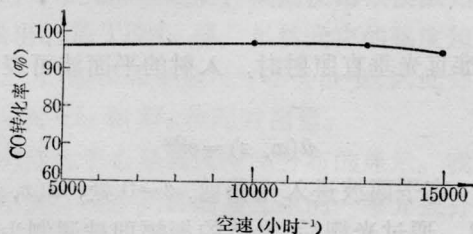


图3 CO 转化率与空速的关系曲线

四、激光器试验

我们的紫外光预电离 TEA CO₂ 激光器以 78 次/分的重复率工作，每次输入能量约 84 焦耳。未采用催化循环系统时，仅工作 10 分钟，800 次脉冲，就出现 50% 的弧光放电，激光输出能量明显下降。如果单纯循环气体而不催化，寿命也只能提高一倍。采用催化循环后，只要让 Al₂O₃·Pt 催化剂在 250~300°C 温度下加热 10 分钟，再循环气体，激光器就可以很快恢复正常工作。随后边催化

循环，激光器就能不断正常运转。在充工作气体的头两天里，每天工作 7 个小时，3 万多次，弧光放电几率均在 6% 以内，特别是第一天，很少弧光放电。随着工作天数的增加，弧光放电有所增加，但却是缓慢的。断续工作到第 15 天，累计 10⁵ 次脉冲以上，弧光几率只达到约 10%。甚至到了一个多月，激光器仍能正常工作。

采用外腔调谐时，激光能量在连续工作过程中约有 10% 的变化，但基本上不随工作脉冲次数而变化。当采用内腔时，由于工作过程中腔的热形变会引起能量有较大的变化，但只要调整腔的平行度，能量又可恢复。

五、讨 论

我们采用催化循环的方法后，TEA CO₂ 激光器气体工作的寿命已有明显提高，但我们认为从下面几方面着手，还可进一步提高。第一，进一步解决好系统的慢漏气和放气问题。从我们对气体取样分析中得知，工作气体中的 CO 是没有的，这说明催化还原比较充分。但 O₂ 气含量随着存放天数的增加而缓慢增加，这说明系统有慢漏气或放气，当氧的含量大于 0.7% 时，就要出现严重的弧光放电。第二，进一步改进激光器的电源。由于球隙寿命不够理想，难于满足气体在近一个月有效的工作时间里连续不断地工作，影响了取得更多的寿命数据。第三，增大循环泵的流量和催化剂的量，使得气体得到充分的催化和冷却，同时可以提高激光器工作脉冲重复率。

本工作在气体分析方面还得到了上海光机所吴芳芬同志的帮助，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] J. Freudenthal; *J. Appl. Phys.*, 1970, **4**, 2447.
- [2] J. M. Austin *et al.*; *Phys. Lett.*, 1974, **A46**, 427.