

文章编号: 1001—4322(2000) s0—0059—04

在 CO L 中碘量变化与激光功率波形的关系*

刘万发, 徐文刚, 赵 彤, 桑凤亭

(中国科学院大连化学物理研究所, 大连 110 信箱, 大连 116023)

摘 要: 针对碘量在一定范围内变化对激光功率影响不敏感, 采用碘量变化的方法, 通过对大量的 250mmol/s 列管式射流氧发生器的出光实验的分析, 得到了激光功率波形随碘量变化的实验规律。这一实验结果可用于根据功率波形变化来调节最佳碘量, 并对其机理进行了理论分析。

关键词: CO L; 激光功率波形; 碘发生器

中图分类号: TN 248.5 **文献标识码:** A

碘作为 CO L 的激光介质是十分重要的, 氧碘的最佳配比一直倍受同行关注^[2-5], 因为实现氧碘的最佳配比, 就意味着可以提高 CO L 的化学效率, 人们希望碘发生器的碘量越稳定越好(当然长时间工作的 CO L 还应是稳态的碘发生器)。的确稳定的碘量可以得到较平稳的功率输出(排除其它因素), 但 CO L 要想实现最佳碘量配比, 即便是做一系列不同碘量的实验, 也不能明确是否找到最佳氧碘配比(因为这样的碘量激光的输出功率的波形总是平的), 且研制这样的碘发生器并不是很容易。如何才能实现氧碘的最佳配比, 怎样才能知道达到最佳配比, 是一个比较难解决的问题。本文根据激光功率对在一定范围内变化的碘量不敏感的规律, 采用了碘量变化的方法, 通过大量的实验分析, 得到了变化的碘量与激光功率波形的关系。我们可以通过激光功率的波形变化来调节碘量, 这一方法提高了实验效率(否则, 我们将一个实验点一个实验点去寻找最佳碘量), 同时也提高了 CO L 的化学效率。这一结果对碘发生器的进一步研究有着十分重要的意义, 这方面的工作在国际上尚未见报导。

1 碘发生器装置与模型

碘发生器的模型如图 1 所示。这种碘发生器的结构比较简单, 有一个加热罐、气动阀、文氏管及一根加热传输管组成。其工作原理为: 在实验前先将罐和管路加热, 通过控制加热罐的温度, 来控制碘量, 实际上是通过碘的饱和蒸汽压来控制碘量。例如, 将温度控制在大约 105℃, 对应的碘的饱和蒸汽压约为 8kPa。这一时间较长, 因加热罐的热容较大。在实验即将开始前, 根据碘量在主气流中穿透的情况, 在加热罐中冲入适量的氦(约 60kPa), 实验开始时, 打开气动阀, 如实验时间为 4 秒, 那么在开始时碘的流量会大一些, 结束时碘的流量会小一些。这样在实验过程中碘的流量是变化的, 但每次实验的总碘量是由温度来控制的。我们对这种碘发生器建立了模型, 其碘流量、氦流量变化如图 2、图 3 所示。

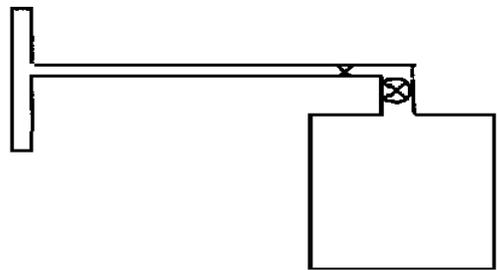


Fig 1 Scheme of the iodine generator
图 1 碘发生器示意图

以这种方式工作的碘发生器比较稳定, 每发实验碘罐总压差几乎不变, 也就是说, 每次实验之间的碘流量是一样的。关于这一点我们可以假设第一次实验与第二次实验碘的浓度不同, 因文氏管前的压力是相同的(如都是 60kPa), 根据文氏管的公式可以得到, 第一次实验与第二次实验碘罐和碘喷管内的压差是不同的。也就是说, 压差不变, 每次实验之间的碘流量是一样的(但每一次实验之中碘流量是变化

* 收稿日期: 2000-10-25; 修订日期: 2000-11-10
基金项目: 国家 863 激光技术领域资助课题(863-410-4-1)
作者简介: 刘万发(1962-), 男, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为化学激光。

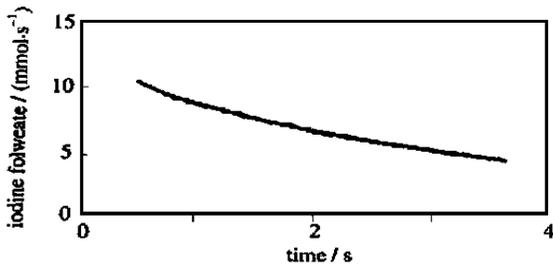


Fig 2 The variation of the I_2 vapor flow rate vs the time in the test

图2 在实验过程中碘流量随时间的变化

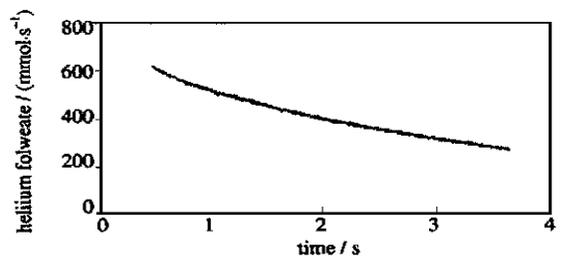


Fig 3 The variation of the Cl_2 flow rate vs the time in the test

图3 在实验过程中氯流量随时间的变化

的), 关于这一点是经过无数实验验证过的, 这种碘发生器的缺陷是难以长时间工作。

2 变化的碘流量与激光功率波形的关系

2.1 碘流量在一定范围内变化对激光功率影响不敏感

我们首先要分析, 这种变化的碘流量对激光功率波形能产生怎样的影响。激光功率波形实际上是激发态碘原子在向基态跃迁时产生的光子数随实验时间的变化, 并非碘流量随时间减少了, 激光功率波形就随时间下降。碘流量在一定范围内变化对激光功率影响不敏感(我们尚不能准确判断碘流量的范围, 对碘流量为 0.5 mol/s 的激光器, 碘流量的变化范围要小于 3 mmol/s)。由于碘原子在光腔内重复被激发, 因此碘多时, 碘原子重复使用次数少一些(因氧碘比例小), 碘少时, 碘原子重复使用次数多一些(因氧碘比例大), 但两种情况所产生的光子数相差无几。比如说: 1000 个 $O_2(^1\Delta)$ 分子(出光区长固定), 碘多时, 20 个碘原子, 重复被激发 10 次, 将产生 200 个光子; 碘少时, 10 个碘原子, 因氧碘比例小, 重复被激发 20 次, 也将产生 200 个光子。也就是说, 这种传能本身具有自洽性。我们的实验也已证实了这一点, 变化的碘流量, 同样得到较平的激光功率波形。即碘流量在一定范围内变化时, 所产生的光子数不变。

2.2 变化的碘流量与激光功率波形的关系

实验使用的参数: 氧发生器中氯的流量为 0.25 mmol/s , 氯氧比为 5 , 比表面积为 $3.5 \sim 5 \text{ cm}^{-1}$, 发生器的压力为 6.7 kPa , BHP 中的 HO_2^- 浓度为 6.7 M/L , BHP 温度为 -10 (有冷阱), 稳定腔, 出光区长度 $L = 6.5 \text{ cm}$, 输出镜耦合率为 $T = 21.6\%$ 。

我们通过大量的实验和实验分析, 证明这种变化的碘流量范围(或者说是平均碘流量), 或大或小激光的功率波形是不同的。我们可以通过波形来改变平均碘流量, 从而找到最佳碘流量。当初始碘压为 8.7 kPa , 平均碘量为 8.2 mmol/s 时, 碘量和激光功率波形如图 4 和图 5 所示。

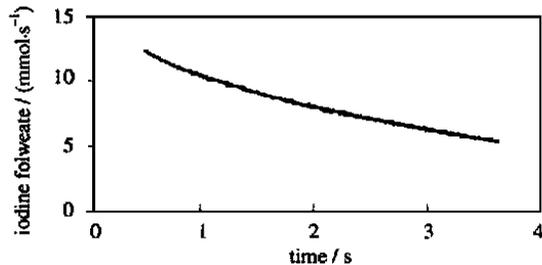


Fig 4 The variation of the I_2 flow vs the time when p is 8.7 kPa

图4 $p = 8.7 \text{ kPa}$ 时碘流量随时间的变化

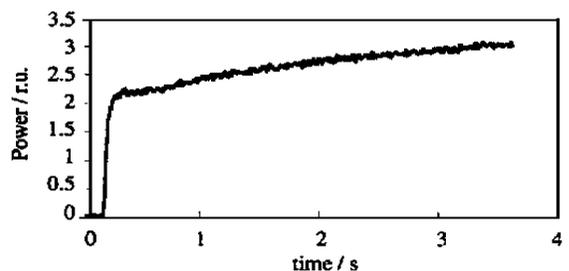


Fig 5 The laser power output on the pressure of 8.7 kPa

图5 $p = 8.7 \text{ kPa}$ 时激光功率波形

如图 4、图 5 所示, 当平均碘量 (8.2 mmol/s) 大于最佳碘量时, 在实验开始时, 激光的输出功率会低一些, 随着时间增加, 碘量逐渐减少, 达到最佳碘量, 激光的输出功率也逐渐增加, 因而激光功率的波形会随时间逐渐增加。

当初始碘压为 8 kPa , 平均碘量为 6.9 mmol/s 时, 碘流量和激光功率波形如图 6、图 7 所示。

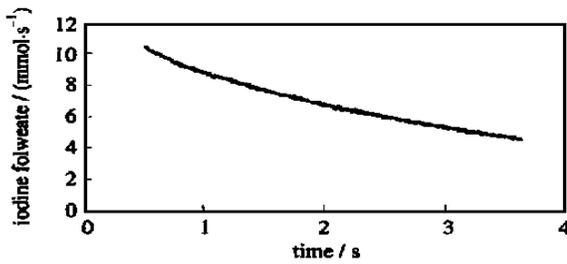


Fig 6 The variation of the I₂ flow rate vs the time when p is 8kPa
图 6 $p = 8\text{kPa}$ 时碘流量随时间的变化

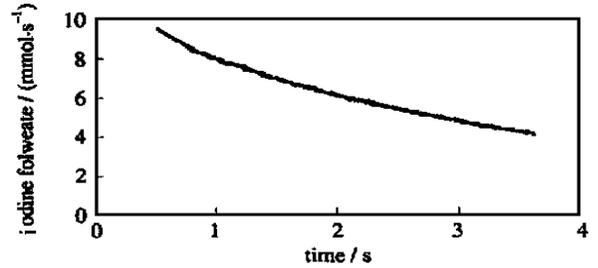


Fig 7 The laser output power on the pressure of 8kPa
图 7 $p = 8\text{kPa}$ 时激光功率波形

由图 6、图 7 可以看出当平均碘量 (6.9mmol/s) 达到最佳碘量时, 碘流量在一定范围内变化对激光功率影响不敏感, 在实验开始碘量多时, 碘原子重复使用次数少一些 (因氧碘比例小), 随实验时间增加碘量逐渐减少, 碘原子重复使用次数变得多一些 (因氧碘比例大), 两种情况所产生的光子数相差无几, 因而激光功率的波形几乎不变, 较平。

当初始碘压为 7.3kPa , 平均碘量为 6.3mmol/s 时, 碘流量和激光功率波形如图 8、图 9 所示。

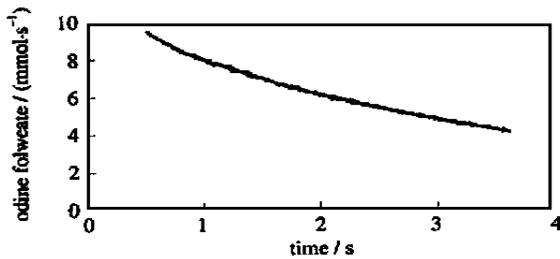


Fig 8 The variation of I₂ flow rate vs the time when p is 7.3kPa
图 8 $p = 7.3\text{kPa}$ 时碘流量随时间的变化

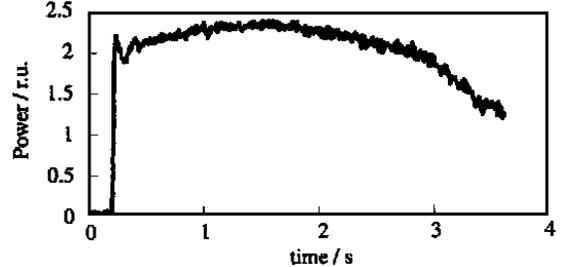


Fig 9 The laser output power on the pressure of 7.3kPa
图 9 $p = 7.3\text{kPa}$ 时激光功率波形

由图 8、图 9 可以看出, 当平均碘量 (6.3mmol/s) 小于最佳碘量时, 在实验开始时, 由于接近最佳碘量, 激光的输出功率会高一些, 随着时间增加, 碘量逐渐减少, 激光的输出功率也逐渐减少, 因而激光功率的波形会随时间逐渐减少。

3 结论

通过实验, 对 CO₂L 的稳定腔, 我们得出了变化的碘量与激光功率波形的关系, 并通过分析激光功率波形来确定最佳碘量, 这种方法可以明确碘量是否达到最佳。

致谢 作者特别感谢王科、徐增和、丛志强、周大正、韩新民、王成栋先生, 他们为本实验做了大量的工作, 和 704 组的全体人员 and 仪器厂的工人们。庄琦老师对本文进行了多次修改, 深表谢意。

参考文献:

- [1] McDermott W E, Stephens J C, Vetrove J, Dickerson R A. Operating Experience with a High Throughput Jet Generator[A]. Conference on Gas and Chemical Lasers[C]. San Jose, CA, 1997.
- [2] Murchough M P, Helms C A. Stabilized iodine flow for long run time chemical oxygen-iodine lasers[R]. PL-TN-92-1005.
- [3] Trusdell K A, et al. Phillips laboratory CO₂L technology overview [A]. 23rd Plasma dynamics and lasers conference[C]. AIAA 92-3003, 1992.
- [4] Bamashenko B D, Rosenwaks S. Power dependence of chemical oxygen-iodine lasers on iodine dissociation[J]. 1996, AIAA, 34(12).
- [5] Helms C A, Shaw J L R, Plummer D, et al. Iodine dissociation in CO₂L [A]. 24th Plasma dynamics and lasers conference[C]. AIAA 94-2437, 1994.

The relation between the flow-rate of iodine and the curve of laser power versus time in CO L

LU Wan-fa, XU Wen-gang, ZHAO Tong, SANG Feng-ting

(Dalian Institute of Chemical Physics, Academia Sinica, P. O. Box 110, Dalian 116023, China)

ABSTRACT: The experimental rule for the variation of laser power versus the flow-rate of iodine was obtained on a CO L device using a jet-type singlet oxygen generator with pipe-array, in which the flow-rate of Cl_2 was 250 mmol/s. Theoretical analysis was given for the phenomenon. The results can help us to optimize the flow-rate of iodine.

KEY WORDS: CO L; iodine flow-rate; laser power