

影响室温封离式选支 CO 激光器 寿命的某些因素的实验研究

张顺怡 王裕民 胡文富 归振兴

(中国科学院上海光机所)

提要: 本文报导提高室温封离式选支 CO 激光器工作寿命的实验结果, 以及影响寿命的一些因素。连续运转寿命超过 1 万小时。在本实验条件下能够选谱线 104 条, 强线功率达 3.5 瓦。

Experimental study on the life-time of a sealed-off branch-selected CO laser at room temperature

Zhang Shunyi, Wang Yumin, Hu Wenfu, Gui Zhenxin

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

Abstract: Experimental results on the lifetime of a sealed-off branch-selected CO laser operating at room temperature are reported. Some factors affecting the life-time are studied. Under some conditions, 104 lines were obtained and the strongest among them has an output power of 3.5 W. The device has been operating continuously for more than 10000 hours.

一、引 言

1977 年室温 CO 激光器寿命达 4000 小时^[1], 措施是在阴极附近接一钼管, 运转时边加热钼管边抽气, 不断地抽掉放电中产生的氢, 文献[2, 3]也曾得到类似的结论。我们没有采用钼管除氢, 而是在研制工艺方面采取了必要的措施, 使连续运转寿命已超过 1 万小时。

二、实验装置

器件为放电管内径 10 毫米, 放电长度

1200 毫米的三层套石英管, 中间是无氧铜阴极, 两端用铜帽作阳极。用直流电源激发。采用闪耀波长为 5 微米的平面镀金复制光栅 (150 条/毫米), 与曲率半径为 5 米的全反射镜构成谐振腔, 光栅的一级衍射光形成腔内

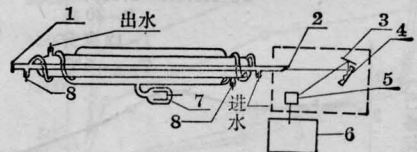


图 1 实验装置

1—R5 米全反射镜; 2—布氏窗口; 3—全反射镜; 4—光栅; 5—热电偶; 6—电子自动电位差计; 7—阴极; 8—阳极

收稿日期: 1981 年 11 月 2 日。

振荡, 零级衍射光作为耦合输出。选 P_{11-10} (16)、波长为 5.4896 微米谱线点寿命, 对其输出功率用热电偶接收, 电子自动电位差计记录, 实验装置见图 1。

三、实验结果及分析

器件充入 $\text{CO}:\text{Xe}:\text{He}=1:1.5:15$ 的混合气体 30 托, 在水温 5°C , 电流 12 毫安下, 波长在 $5.24[P_{7-6}(20)]\sim 6.32[P_{21-20}(14)]$ 微米的范围内共选出 104 条谱线, 其中单支功率大于 1 瓦的有 31 条, 最强支功率达 3.5 瓦。图 2 是波长 5.4896 微米的 $P_{11-10}(16)$ 支输出功率随时间的变化曲线。实验测量了器件在运转 7200 小时, 强支功率为 3.1 瓦, 功率下降了 11%, 选支数 94 条; 在运转 8000 小时, 强支功率为 2.6 瓦, 选支数 88 条; 在运转 10000 小时, 强支功率为 2 瓦, 功率下降了 40%, 选支数 84 条。这些未能选出的线一般都是弱线。在器件运转 6000 小时, 用 31WII 光栅光谱仪拍摄了器件放电的荧光光谱, 与 6562 \AA 氢谱线对照, 尚看不到明显的氢谱线。

为了研究影响寿命的因素, 在另一台器件上作加速寿命终止的实验, 取在不同输出功率下的工作气体进行质谱分析。测试结果绘于图 3。

从图中看出, 输出功率降低与 CO 比减少关系较大。同时还看出杂质(如 H、 CO_2

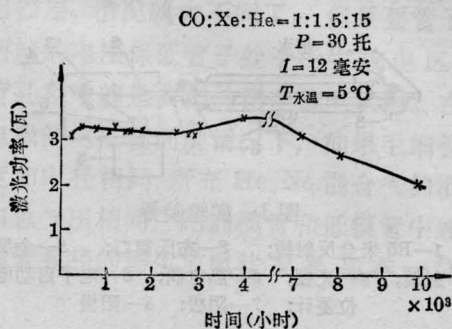


图 2 输出功率随时间的变化

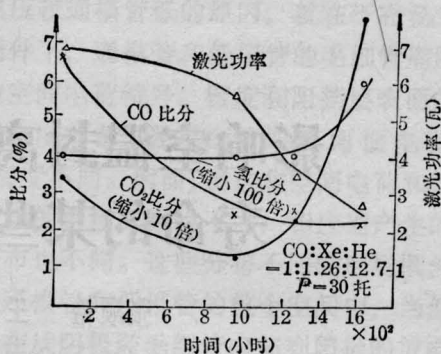


图 3 CO 、 CO_2 、氢的比份、激光功率随时间的变化关系

等)对寿命也有一定的影响。这里氢的含量代表氢和放电中 H_2O 、 OH 等^[2]。

CO 的比份在放电中减少, 一方面是由于管壁、电极、电极溅射物的吸附, 另一方面看来主要是 CO 参与电化学反应引起的。例如, CO 在放电中分解: $2\text{CO} \rightarrow 2\text{C} + \text{O}_2$ 。实验中我们见到器件充进混合气体后, 在放电不稳定的那段时间内阳极那一端异常明亮, 随后有黑色的须状物析出, 因量少未经固体质谱分析。

有氢存在的情况下, CO 的消失和 CO_2 的形成受下述反应的控制: $\text{CO} + \text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}$, 这个反应的速率相当快, 从图 3 我们可以看出随着氢的比份增加, CO_2 的比份也随着增加。这对 CO_2 激光器是有利的, 但对 CO 激光器却很不利^[2]。[3]指出氢的存在除了使 CO 减少外, 还可能改变了激光能级的泵浦或 CO 的振动温度, 从而使振荡淬灭。所以在研制工艺上必须注意以下几个方面: ① 工作气体的纯度, 特别是 CO 气体的纯度。我们实验所用的 CO 气体经质谱分析纯度达 99.92% (内含 0.08% 的 O_2); ② 电极材料溅射要小, 而且不易与气体混合物的任何组分发生化学反应。我们认为无氧铜材料基本上不与 CO 反应, 只要在真空除气及放电中电流控制适当, 电极溅射量是非常小的, 实验中阳极也采用铜材料。另外, 合理地设计电极

(下转第 638 页)

中实线表示在腔损耗不变条件下,只在一定范围内改变腔长的计算结果。虚线表示腔长不变,只改变腔损耗的计算结果。可以看出,如果腔长改变并不引起腔损耗变化(这意味着谐振腔的非涅尔数足够大),那么,光子密度将基本上不受腔长影响。在此前提下,增加腔长会使输出能量增加(见式(1))。另一方面腔损耗的微小改变也会引起光子密度显著变化。由此可知,如果设法减小腔损耗(从而使光子寿命增长),光子密度将比正常运转大得多,从而使输出功率大大提高。这与图4结果是一致的。

四、讨 论

(1) 在受激发射过程中,如果荧光寿命较长(如 Nd:YAG),受激发射转移的能量占绝对优势,非受激发射转移能量可以忽略。但在染料激光器中,荧光寿命仅毫微秒级,非受激辐射能量是不能忽略的。计算表明,染料吸收的光泵能量主要消耗在自发辐射、腔损耗(包括输出耦合)和三重态吸收损耗方面,经系际交叉转移到三重态的能量和单态无辐射弛豫所转移的能量都不是主要因素。

(2) PTM 运转和正常运转的主要区别之一是 PTM 运转时腔内光子寿命较长。由此而导致受激辐射速率的差别,这种差别对

能量转移特性有重要影响。正常运转时自发辐射转移的能量相当可观,PTM 运转时,这部分能量明显减少。随着光子寿命增长,效果更加明显。

(3) 闪光灯泵浦染料激光器泵浦脉冲宽度一般在微秒量级,而腔内光子寿命远远低于此值,PTM 运转中受激辐射能量大部分消耗在腔损耗和三重态吸收损耗方面,因而能量转换效率一般不高。但是可以预计,如果泵浦脉冲宽度较窄,腔内光子寿命又比较长,再适当增加腔长,PTM 运转有可能达到较高的转换效率。文献[1]报导的实验结果就是在以上条件下进行的,其效率达正常运转的85%以上。但该文作者认为导致光子密度较高的能量来自减少了腔损耗以及储存在阈值反转和三重态粒子中的能量。这一解释看来是欠妥的。

(4) 在通常实验条件下,染料三重态的吸收损耗并不显著,因而它还不是影响 PTM 运转的主要因素。但如果设法进一步减小腔损耗,三重态吸收就成为不可忽视的因素。这时如果采取必要措施淬灭三重态,将会有一定效果。

参 考 文 献

- [1] R. R. Morton *et al.*; *Appl. Opt.*, 1978, **17**, No. 20, 3268.
- [2] 邓道群等;《激光》,1981, **8**, No. 1, 14.

(上接第 644 页)

结构可以减少电极溅射物的吸附;③对电极及管壁进行彻底除气及老化处理;④为防止油蒸气逸入器件,在放电管前置液氮冷阱。为排除水蒸气,在系统的低真空部分加 P_2O_5 吸水剂;⑤密封胶要选择真空密封性能好,可塑性大,易挥发的材料。在密封技术上如果采用钢封或其它更为有效的封结技术,对提

高器件寿命将更为有利。

参 考 文 献

- [1] A. L. S. Smith; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**, 59.
- [2] P. G. Browne *et al.*; *Scient. Inst.*, 1975, **8**, 870.
- [3] А. И. Максимов и др.; *Физика Плазмы*, 1978, **4**, 352.