

CO₂激光器最佳工作气压的实验研究

潘 心 红

(广西科学院应用物理研究所)

提 要

本文介绍封离型CO₂激光器的工作气压和气体混合比例的选择,给出实验结果及最佳工作气体的比值。讨论CO₂激光器的输出功率与最佳工作气压及气体混合比例的关系。

一、引 言

封离型CO₂激光器输出功率与最佳工作总气压、气体的混合比例、放电电压和放电电流有着密切的相互关系。但是,工作气压、气体的混合比例对CO₂激光器的输出功率影响最大。因此,要使CO₂激光器获得理想的激光功率输出,合理选择最佳工作总气压及气体的混合比例是重要的。

二、实验材料和方法

制做这批CO₂激光器是在1984年初,CO₂激光管的腔长 $L=600\text{mm}$,放电管有效长度 $l=490\text{mm}$,放电管的内径 $D=7.6\text{mm}$ 。共振腔采用平—凹腔,输出镜用Ge片,不镀膜,曲率半径 $R=\infty$,直径 $\phi=30\text{mm}$,厚度 $d=3\text{mm}$ 。全反射镜镀Au,曲率半径 $R=2000\text{mm}$,直径 $\phi=30\text{mm}$,厚度 $d=4\text{mm}$ 。电极材料采用Ag,纯度99.99%,厚度 $d=0.1\text{mm}$ 。电极加工成空心圆筒,其直径相同,面积不同。然后在真空条件下,对Ag电极进行高温氧化处理数小时后,再取出接入CO₂激光管。镜片的粘胶采用密封—4*粘合剂。CO₂激光管的结构如图1所示,材料采用GG17硬质玻璃。

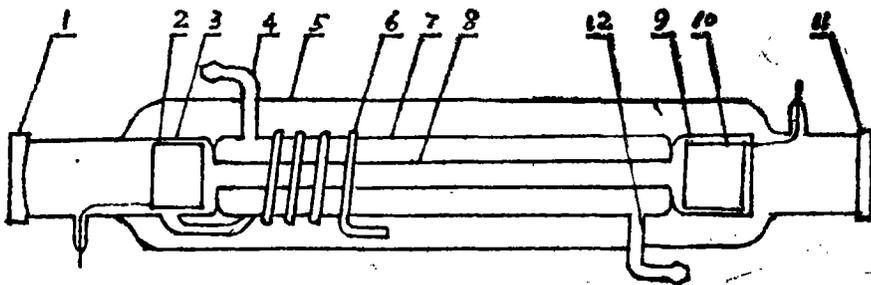


图1 CO₂激光器结构

1—全反射镜; 2—阳极; 3—阳极罩; 4—进水口; 5—储气管; 6—回气管; 7—水冷管; 8—放电管;
9—阴极罩; 10—阴极; 11—输出镜; 12—出水口。

CO₂激光管清洗干净后, 经严格的高温烘烤处理再接入真空排气台上。真空度抽至 2×10^{-4} 托进行配气, 配气前, 充入一定数量的混合气体放电清洗几小时后再进行正式配气, 每配一次气测量激光输出功率, 电放形式, 采用直流激发, 每次配气工作总气压不同, 气体的混合比例也不同。以此找出最佳工作总气压和气体的混合比例。

三、实验结果

为了获得理想的激光输出功率, 分别选择不同的气体混合比例和工作总气压。表1所示是用G2—100型激光功率计的测量实验结果。图2所示是CO₂激光管的输出功率与工作总气压的实验关系曲线。

四、讨论

从表1中的实验测量结果看出, 当激光输出功率最大时, P.D值为:

$$P.D = 22 \text{ (托} \cdot \text{厘米)}$$

P——最佳工作总气压, D——放电管内径。

我们得出的这一理想P.D值与有关文献*给出的P.D值是相符的。文献给出的P.D值是:

表1 CO₂激光器实验测量结果

放电管长度 (毫米)	放电管内径 (毫米)	气体混合比例 CO ₂ :N ₂ :He:Xe:H ₂	工作总气压 (托)	最大输出功率 (瓦)	P.D值 (托·厘米)
490	7.6	1:1.06:6.94:0.12:0.04	15.57	12	12
"	"	"	20.17	15	15
"	"	"	24.72	17	19
"	"	"	29.3	20	22
"	"	"	33.89	16	26
"	"	"	38.47	10	29

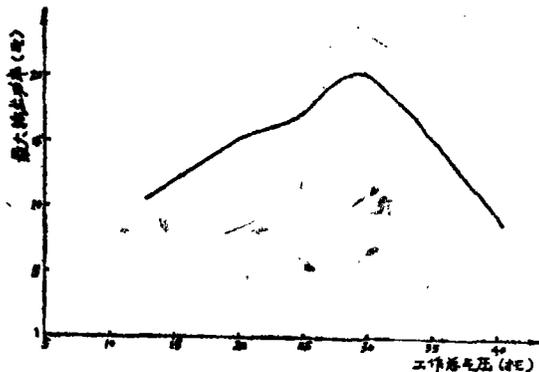


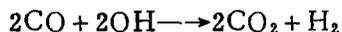
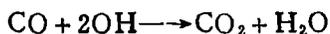
图2 放电长度490mm, 内径7.6mm CO₂激光管的最大输出功率与工作总气压的关系

直流激发: $P \cdot D \approx 19 \sim 22$ (托·厘米)

同时,从实验工作中总结,对于Ag电极, $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} : \text{Xe} : \text{H}_2$ 或 H_2O 组分的封离型 CO_2 激光器的最佳工作总气压和气体的混合比例选择有如下四点体会:

1.适当增加 N_2 的比例,对增加激光输出功率有益。有关文献给出, $\text{CO}_2 : \text{N}_2 = 1 : 2$ 为宜。但是,我们实验得出, $\text{CO}_2 : \text{N}_2 = 1 : 1.5$ 以上的管子,激光输出功率虽然得到了增加,但输出功率下降快,对延长激光管寿命不利。为延长激光管的寿命又保证输出功率稳定。通过实验得出:将 N_2 的比例控制在 $\text{CO}_2 : \text{N}_2 = 1 : 0.9 \sim 1.1$ 托之间为宜。

2. H_2 或 H_2O 在放电过程中会形成OH基,能与 CO_2 分解成的CO起反应再生成 CO_2 ,这一反应过程为:



反应后生成的 CO_2 保持了管内的 CO_2 分子浓度在一定量的水平上,使激光器的寿命得到了延长。但是, H_2 或 H_2O 不能多加,含量太高,会降低能级间的粒子数反转值,使激光输出功率值下降。我们实验得出: H_2 或 H_2O 的含量控制在 $0.05 \sim 0.15$ 托范围内效果最佳。而有关文献给出的是 $0.1 \sim 0.3$ 托范围之内。

3. Xe的电离电位比 CO_2 、 N_2 要低得多(约 12.1eV),适当加入Xe能增加管内工作气体的电离度,降低管内的电场强度,使 CO_2 分子的分解速率减慢,保持管内 CO_2 分子的浓度,使激光管寿命得到延长。但是,Xe有降低管内电子温度的缺点,它的含量不宜太高。有关文献给出,Xe的气压应控制在 $0.8 \sim 1.2$ 托范围内。而我们的实验得出,Xe的气压控制在 $0.3 \sim 0.5$ 托之间为宜。

4. He的热导率比 CO_2 、 N_2 要高约一个数量级(He、 CO_2 、 N_2 的热导率分别为 3.44×10^{-4} , 3.4×10^{-5} 、 5.7×10^{-5} 卡·秒 $^{-1}$ ·度 $^{-1}$),适当加大He的比例,可以加速放电管内的热量向管壁传递的速度,使管内的气体温度下降,提高激光输出功率,我们从实验总结得出,He的气压比例选择在 $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1 : 0.9 \sim 1.1 : 6 \sim 7$ 托范围之间为宜。我们得出这一值与有关文献给出的值基本相符。

总之,工作总气压对激光输出功率有直接影响,从图2中的关系曲线看出,激光输出与工作总气压是直接关系,它们之间存在一个最佳值,而这个值必须是通过多次实验才能找出。因为,影响气体工作总气压的因素很多,它不但随放电管直径减小而增大,还与放电管长度,腔结构,输出反射镜透过率,放电方式及制造工艺等因素有关。目前,还没有一个定量分析形式,但它有一般规律,只要根据这些规律,结合设计的器件参数,以 E/P 值为6伏·托 $^{-1}$ ·厘米 $^{-1}$ 附近为参数(E ——单位长度的电压梯度, $E = V/l$ 。其中 V ——最佳工作总气压, l ——放电管有效长度, R ——最佳工作总气压),先估算一个粗略大致的比例,然后在实验中进行比较,最佳工作总气压和气体混合比例是容易找到的。

综合此规格激光管的使用情况看,激光管的各项技术指标是稳定可靠的,其中在这批管子中选送二支到南京,参加全国 CO_2 激光管集中测试参数测量,测试结果表明,激光管各项技术指标均达到了国家规定的测试指标。其中一支在同类型参加测试管中为最佳参数管。激光管的工作寿命长。例如,安装在桂林地区人民医院的 CO_2 激光综合治疗机上的管子,一年二个月后随访,用G2-100型激光功率计测量其功率值,激光输出功率仅比原来下降 0.5W 。各项技术指标稳定。从而说明我们对腔长 600mm 的 CO_2 激光管的各项技术参数选择是合理

可行的。

参加此实验工作的有贝耀武、方明、郭兵、廖军、朱淑敏、袁海明等同志。

参 考 文 献

*赫光生、雷仕湛编著: 激光器设计基础, 上海科学技术出版社 1979年

一九八五年我院外事活动事纪

3月10日柳浦生院长到日本进行科技考察。

4月27日我院接待以阿·里奇为团长的意大利科技代表团, 30日在桂林签订双方科技合作意向书。

8月5日美国国防科学技术公司首席研究顾问温娣·弗莲蔓到我院参观。

8月30日我院接待新西兰水果生产者联营组织P·泰勒先生和该组织出口总经理M·尼柯尔先生。

9月20日以陈震宁副院长为团长的考察团赴美国进行海洋方面的科技考察。

10月李树刚教授赴日本讲学。

11月9日我院接待丹麦哥本哈根大学研究员汤姆·米喀尔森先生。20日米喀尔森代表丹麦教育部与我院签订了双方科技合作协议书。

(王西宁)