

图6 放大器输出光在 $\lambda=580\text{nm}$ 处效率和输出能量随泵浦能量的变化  
●—输出激光能量曲线 ×—效率曲线

能量为10~15mJ时,效率 $\geq 13\%$ 。

我们将放大器输出激光输至 WPG-100型平面光栅摄谱仪,拍摄了ASE噪声的强度。我们用钠灯

通过三阶减光板在同一底片上感光,作强度与黑度的定标之用。

用上述方法我们测得在波长 $\lambda=591\text{nm}$ 处放大器的信噪比(即 ASE 峰值强度与激光强度之比)为0.25%,较传统的染料激光器的信噪比(百分之几的量级)低一个数量级。这主要是采用了光栅滤色片5的缘故(见图4)。因为振荡光从光栅滤色片上输出,这意味着只有沿输出光方向的很小立体角内的某一波长范围的 ASE 才对输出有贡献。

唐景庭同志参加了部分实验工作, 窦爱荣同志对实验工作给了许多帮助, 梁培辉同志提供了 F-P 标准具, 袁才来同志提供了高质量反射, 镜特此致谢

### 参 考 文 献

- 1 Hohna K L. *Laser Focus*, 1982; 18(6): 67  
(收稿日期: 1986年8月13日)

## 高压连续 CO<sub>2</sub> 激光器的输出功率

楚泽湘 徐纪华 陈丽吟 吴中祥

(中国科学院力学研究所)

### Output of high pressure CW CO<sub>2</sub> laser

Chu Zexiang, Xu Jihua, Chen Liyin, Wu Zhongxiang

(Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing)

**Abstract:** In the pressure range of 0~1300 Torr and at temperature of 293 K, the output power of a transversely and electrically excited CO<sub>2</sub> laser with certain composition of CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-He is investigated. The influence of output coupling on output has been calculated. The output power varies greatly with coupling, which is different from those at low pressure. The calculated results agree with the experiments.

### 一、前 言

随气体压力增加, 单位时间流过激光器的激活介质增加, 可望获得较大的输出功率, 并能改善器件的封闭寿命和输出稳定性。

待研究的装置见图1。在此装置中, 以金属板 ABCD 为阳极, EFGK 为阴极(可以是管、板或针状), 极间距离  $AE=H$ 。假定电子密度  $n$ , 在正柱区

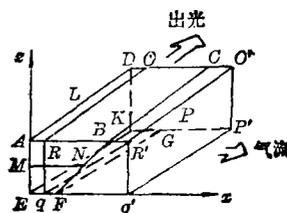


图1. 激光器装置图  
 $EF=b, AB=a$

内沿  $x$  方向是均匀的, 沿  $z$  方向不均匀,  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{He}$  混合气体从  $AEKD$  平面流入, 在与气流和电场都垂直的方向上放上谐振腔镜子  $OO'P'P$  和  $qq'R'R$ , 镜面上的反射系数分别为  $R_1$  和  $R_2$ 。

在文献[1]中, 我们采用了上述简单的放电模型, 计算沿不同高度  $z$  上各层的光强, 再沿高度  $z$  积分, 求得总输出功率。它与取半高处  $z = \frac{H}{2}$  的光强作为平均值再乘以镜面积求出的输出功率相差不大, 为简便计, 本文采用后一种处理方法计算输出功率。

将一维流理想气体的守恒方程和三振型系统弛豫方程联立求解, 在满足稳定振荡条件下计算出饱和增益和输出功率。

## 二、计算结果

考虑放电区宽度  $MN=5.5\text{ cm}$ , 镜长为  $5\text{ cm}$ , 镜高为  $3\text{ cm}$  的光腔, 镜子中心放在  $X_0=3.5\text{ cm}$  与  $X_0=5.5\text{ cm}$  处, 对此器件的输出功率, 耦合度的计算结果见表 1、表 2。

表 1  $x_0=3.5\text{ cm}$  输出功率与耦合度的关系

压力 (Torr)	最佳耦合度 (%)	大于 90% 最大输出功率耦合度范围 (%)	最大输出功率 (W)	截止耦合度 (%)
550	7.3	4~11	16500	26
760	5.5	3~8	15500	17
400	9.5	5~15	15400	36
200	14	7~22	10500	58
90	17	8~32	5500	70
40	19	10~31	2600	80
20	20	10~31	1100	84

表 2  $x_0=5.5\text{ cm}$  输出功率与耦合度的关系

压力 (Torr)	最佳耦合度 (%)	大于 90% 最大输出功率耦合度范围	最大输出功率 (W)	截止耦合度 (%)
760	3	2.5~3	3560	8
400	7	5~12	8420	25
200	12	6~20	7760	45
90	16	8~28	5000	65
40	17	10~30	2500	75
20	18	10~30	1300	80

图 2、图 3 分别表示镜中心放在  $X_0=3.5\text{ cm}$  和

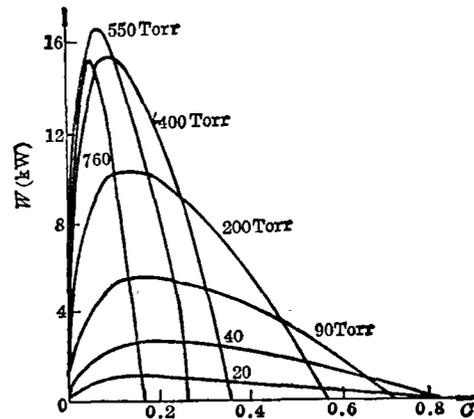


图 2  $X_0=3.5\text{ cm}$  时输出功率与耦合度的关系

$\Delta J=10\text{ A}$ ,  $u_0=70\text{ m/s}$ ,  $\psi_{\text{CO}_2}:\psi_{\text{N}_2}:\psi_{\text{He}}=0.05:0.27:0.68$ ;  $E/N=2.2 \times 10^{-18}\text{ V}\cdot\text{cm}^2$

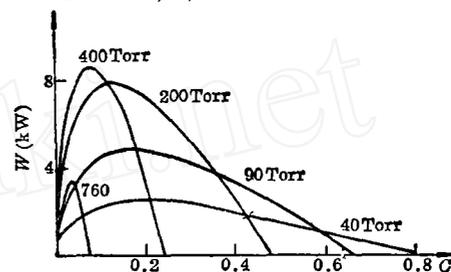


图 3  $X_0=5.5\text{ cm}$  时输出功率与耦合度的关系 (条件同图 2)

$X_0=5.5\text{ cm}$  时, 输出功率与耦合度的关系。

从图 2 ( $X_0=3.5\text{ cm}$ ) 看出在低压下 ( $P_0=20\text{ Torr}$ ) 时, 截止耦合度为  $C_{\text{cut}}=0.84$ 。随耦合度  $C$  的改变, 输出功率  $W$  的曲线变化很平缓 ( $C=0.05\sim 0.36$ ,  $W\sim 1000\text{ W}$ ), 但在高压下, 截止耦合度随压力的增加迅速减小, 输出功率随耦合度的变化很剧烈。例如  $P_0=760\text{ Torr}$  时, 输出功率的曲线起初急剧上升, 其最佳耦合度为  $C_{\text{opt}}\sim 0.055$ , 最大输出功率值为  $W\sim 15500\text{ W}$ , 而后输出功率的曲线急剧下降, 截止耦合度为  $C_{\text{cut}}\sim 0.17$ , 这与低压时相差甚大。

图 3 是镜子中心位置  $X_0=5.5\text{ cm}$  时的计算结果, 与  $X_0=3.5\text{ cm}$  时类似。但其输出功率、效率和有效的耦合度范围都比  $X_0=3.5\text{ cm}$  时小, 说明高压时, 镜中心的位置放在气流的上游一些效果较好。

比较图 2、图 3, 还可看出高压下镜面位置的放置是很重要的。不同的镜面位置将使器件的输出功率、最佳耦合度和截止耦合度发生显著的改变。对照小信号增益随气压变化的曲线 (图 4), 小信号增益在流动的下流逐渐下降, 到一定距离后成为负值, 而随着气压的增加, 这种下降过程愈加迅速。在低气

压时,小信号增益变化平缓,镜面位置的改变对输出功率的影响不显著;高压时,小信号增益随流动方向变化较大,镜面位置对输出功率的影响较显著,当镜中心放在近小信号增益峰值处,输出功率较大。图5为最佳输出功率与最佳耦合度随气压变化的曲线,此曲线与以往许多文献<sup>[2,3]</sup>所报道的不同。从图5中看出在我们所取较大的压力范围内,随气压的变化,输出功率先是上升而后下降,中间都有一个最佳值,这最佳值的位置还随镜中心位置 $x_0$ 的不同而变化。当 $x_0=5.5\text{cm}$ 时,最佳输出功率的压力值约在 $P_0=400\text{Torr}$ ;当 $x_0=3.5\text{cm}$ 时,最佳输出功率的压力值约在 $P_0=550\text{Torr}$ 。

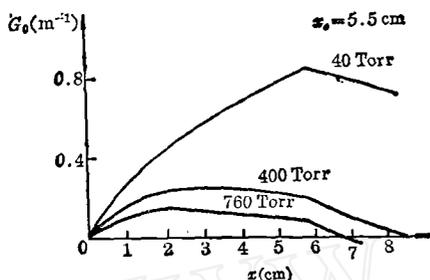


图4 不同压力下的的小信号增益

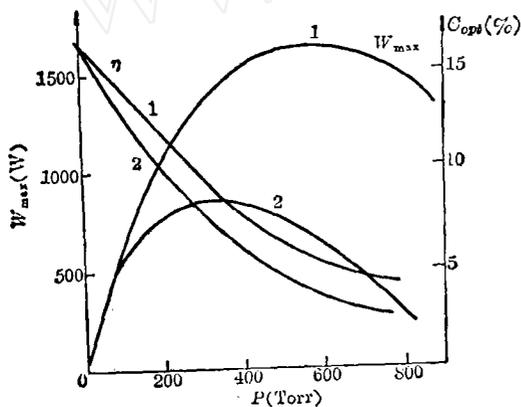


图5 压力与最大输出功率和最佳耦合度的关系  
曲线1—3.5cm, 2—5.5cm

随着流速、介质组分、放电条件等因素的改变,这个最佳值的位置也会改变。输出功率随气压变化出现最佳值,而后急骤下降直至不能连续输出。这一结果表明器件在固定的运转条件下允许的气压极限值,对研制高气压 $\text{CO}_2$ 激光器有重要的意义。

### 三、与实际器件的比较

为了检验本文计算的正确性,我们引用文献<sup>[2,4]</sup>实际条件,用我们的模型进行了计算,结果见图6、

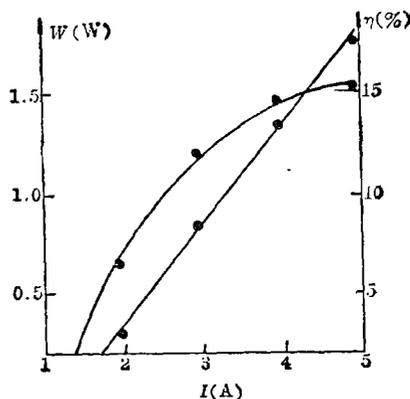
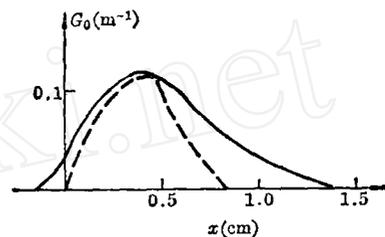
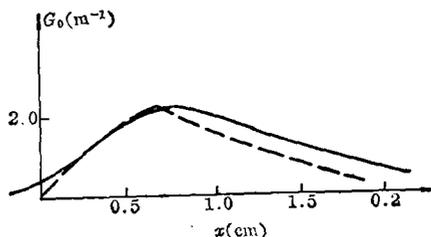


图6 不同放电电流下输出功率实验值与计算值的比较

●—计算值。 $P_0=180\text{Torr}$ ,  $E/N=2.15 \times 10^{-16}\text{V}\cdot\text{cm}^2$ ,  $u=35\text{m/s}$ ,  $C=25\%$



(a)  $P_0=780\text{Torr}$ , 实线为实验值,  $E/N=1.7 \times 10^{-16}\text{V}\cdot\text{cm}^2$ ; 虚线为计算值,  $E/N=2.0 \times 10^{-16}\text{V}\cdot\text{cm}^2$ ,  $MN=0.5\text{cm}$



(b)  $P_0=200\text{Torr}$ , 实线为实验值,  $E/N=1.7 \times 10^{-16}\text{V}\cdot\text{cm}^2$ ; 虚线为计算值,  $E/N=2.0 \times 10^{-16}\text{V}\cdot\text{cm}^2$ ,  $MN=0.75\text{cm}$

图7 小信号增益实验值和计算值的比较

图7。

图6为我们理论计算的高压下 $\text{CO}_2$ 激光器的输出功率,与文献<sup>[4]</sup>比较,符合较好,证明我们的计算与实际符合很好。

图7为我们的理论计算与文献<sup>[2]</sup>实测的小信号增益曲线的比较。从图中看出,两条小信号增益曲线基本相似。必须指出,为了得到与实验基本相同的小信号增益曲线的峰值,计算时采用了稍高的 $E/N$ 值;而且在曲线的下降部分,理论计算的曲线

下降得稍陡些,这是由于我们所取的电子密度曲线在电激励区出口处突降为零引起的,这些应在今后的工作中继续探索。

### 参 考 文 献

1 陈丽吟 *et al.*. 光学学报, 1985; 5(2): 135

2 Akida Toshimitsu. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1979; QE-15(3): 162

3 Foster H. *Opt. and Laser Technology*, 1972; (6): 121

4 Nagai Haruhiko. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1982; QE-18(3): 416

(收稿日期: 1986年10月6日)

## 一种检测蛙卵卵裂卵表面运动的荧光图像漂白法

张孔华 徐成汤 吴直江 吴立丹

(中国科学院上海细胞生物学研究所)

### A fluorescence pattern photobleaching method for measuring movement of frog egg surface during egg cleavage

Zhang Konghua, Xu Chengtang, Wu Zhijiang, Wu Lidan  
(Shanghai Institute of Cell Biology, Academia Sinica, Shanghai)

**Abstract:** This paper describes the principle of fluorescence pattern photobleaching technique and the experimental method, which has been applied to measure the movement of frog egg surface during the first cleavage.

### 一、引 言

荧光漂白恢复 (Fluorescence Photobleaching Recovery, FPR) 技术是采用强激光瞬时漂白荧光标记的细胞膜微区, 然后用弱激光记录被漂白区域中荧光恢复的过程, 获得荧光漂白恢复动力学曲线, 由此计算扩散系数或流动速度<sup>[1]</sup>。我们曾于 1981 年研制了 FPR 装置, 并用于测定了林蛙卵表面受体的运动, 以了解膜运动与细胞分裂的关系<sup>[2,3]</sup>。由于 FPR 测量范围小于  $10 \mu\text{m}^2$  的微区而难于了解卵表面大区域的流动变化。鉴于上述原因, 我们在原有的 FPR 技术基础上, 扩大测量区域, 采用了图像漂白技术。Smith 等人曾用荧光图像漂白恢复法测定了膜表面分子的扩散运动<sup>[4,5]</sup>。根据我们的实际情况, 结合微光电视 (Low Light Level TV), 初步研制成激光漂白荧光图像检测的实验装置, 为观察和记录林蛙卵裂时卵表面的运动提供了一种新的方法。

### 二、原 理

荧光图像漂白方法的原理如图 1 所示。平行激光束照射掩膜, 使掩膜的像经过显微镜的光学系统

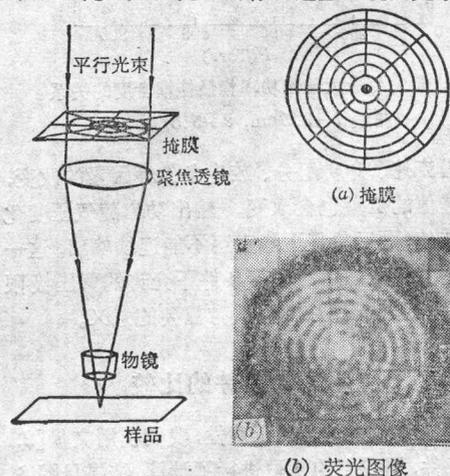


图 1 荧光图像漂白的原理图