

非稳腔在小型TEA CO₂激光器中的应用

杨遂东

(西南技术物理所)

在研制的火花阵列式紫外光预电离小型TEA CO₂激光器中,应用平凸非稳腔,在放电体积为 $180 \times 60 \times 11.5 \text{mm}^3$,主放电电容为 $0.028 \mu\text{F}$,充电电压为 20kV 的条件下,获得了 210mJ 的基模激光输出。

The utilization of unetable cavity in a mini TEA CO₂ laser

Yang Suidong

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract

A plane-convex unetable cavity is used in the mini TEA CO₂ laser preionized by UV radiation from matrix sparks. The output energy of 210mJ for TEM₀₀ is obtained when the discharge volume is $180 \times 60 \times 11.5 \text{mm}^3$, the capacitance is $0.028 \mu\text{F}$, and the voltage is 20kV .

一、引言

70年代初,TEA CO₂激光器的出现,特别是在各种预电离技术的发展使TEA CO₂器件性能显著提高后,人们对CO₂激光器有了新的认识。这种以较小激活体积获得高功率、大能量、窄脉冲输出的激光器给激光应用技术带来了希望,并已成为一大类实用激光器。目前,小型TEA CO₂激光器在总长度不到 20cm 的条件下能产生大于 20mJ 的输出激光,脉冲宽度可达 40ns ,比输入能量可高达 $1.1 \text{kJe}^{-1} \text{atm}^{-1}$,比输出能量可达 $60 \text{Je}^{-1} \text{atm}^{-1}$,峰值功率密度已达 $500 \text{MWe}^{-1} \text{atm}^{-1}$,最大能量转换效率约为 $8 \sim 12\%$ [1~4]。本文将非稳腔应用于火花阵列式紫外光预电离的小型TEA CO₂激光器,与采用稳定腔的同一器件相比,能量转换效率提高约一倍,输出能量由 100mJ 提高到 210mJ 。

二、谐振腔的设计考虑

小型激光器的激光介质体积较小，总增益因而较小，这就要求激光器谐振腔的损耗要小，否则，激光起振条件得不到满足，输出为零。目前，小型 TEA CO₂ 激光器普遍采用稳定腔^[5~8]。这种腔具有调腔容易，损耗小的优点，但是，由于其振荡模——高斯光束被限制在光轴附近，因而激光能量转换效率不高；另外，激光发散角一般为腔衍射极限角的几倍^[9]。考虑到 CO₂ 气体的小信号增益系数较大的特点（一般为 0.01~0.05 cm⁻¹）^[10]，采用损耗不是很大的非稳腔是可能满足激光阈值条件的。本文将简单的平凸非稳腔应用在小型 TEA CO₂ 激光器中，获得了大能量的激光输出。所用谐振腔如图 1 所示。

这种腔的基模是准均匀球面波，经外加透镜矫正后可以得到准均匀平面波^[11]。

该腔的有关参数为：镀金凸全反射镜曲率半径 $R_2 = -781.6\text{mm}$ ；抛光平面 Ge 输出镜在 1.06 μm 处的反射率为 0.4；腔长 $L = 270\text{mm}$ ；几何放大率 $M = 3.1$ ；有效菲涅耳数 $F_{\text{eff}1} = 11.2$ ， $F_{\text{eff}2} = 15.1$ ；腔的调整精度按文献^[12]的方法估算为 15"，这表明用一般内调焦望远镜调腔（精度为 8"）就能进行实验。



图 1 平凸非稳腔示意图。

R_1 为输出镜； R_2 为全反射镜

三、实验结果

1. 火花阵列式紫外光预电离 TEA CO₂ 激光器外观图

器件的外壳由有机玻璃制成，电极为铜材料的准张压电极，气密封由法兰盘保证，火花隙由固定在玻璃杆上的钨针组成。

2. 快速放电回路

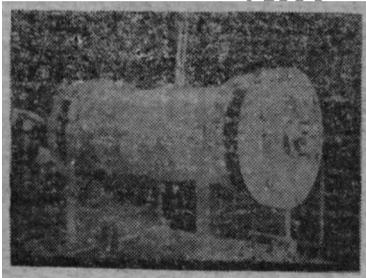


图 2 实验所用的 TEA CO₂ 激光器照片

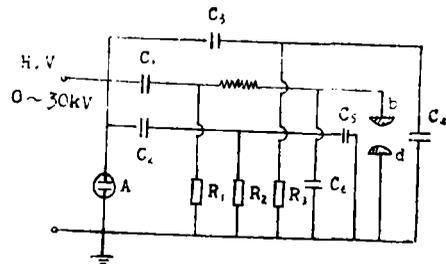


图 3 TEA 激光器所用的电路图。

b、d 为主电极；A 为触发管

3. 输出能量的测量

用 Mode 1-1B 型激光能量计直接测量。在放电电流、电压、充气压及配气比、腔长及预电离结构不变的条件下，作了稳定腔与平凸非稳腔的实验，结果如下，

腔类型 \ 输出	能量 (mJ)	转换效率
稳定腔 $R_1 = \infty, R_2 = 5m$	100	0.9%
非稳腔 $R_1 = \infty$ $R_2 = -781.6mm$	210	1.8%

放电电压为 20kV; 放电电流为 40 μ A; 主放电电容等于 0.028 μ F; 充气压为 1 atm, 配气比为 $P_{CO_2} : P_{N_2} : P_{He} = 1 : 1 : 3$ 。

4. 模式测量

用 Mark VII 型激光轮廓仪测量输出镜附近的光束横向分布, 如图 4 所示。这说明该器件运转在基模 (准均匀球面波)。

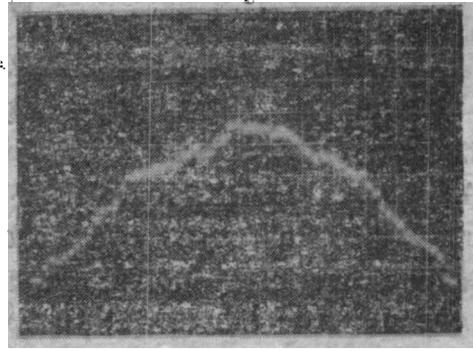


图 4 离输出镜 0.5m 处的光斑分布 (1.87mm/div)

四、讨 论

非稳腔实质上是一种高损耗谐振腔, 其理论研究已是较多、较深入的课题, 目前广泛用于大功率激光器中。本文结论表明, 在小型 TEA CO_2 激光器中采用非稳腔, 只要选取适当的腔参数, 在现有实验室条件下, 腔的调整精度完全能保证, 具有较相同条件的稳定腔高得多的输出能量。这正是非稳腔具有大振动模体积的特点的体现^[13]。众所周知, 非稳腔的本征模近似为发散球面波, 经腔外透射可以转换为准平面波, 光束发散角可接近腔的衍射极限角^[14], 而稳定腔的高斯振荡光束发散角一般约为腔衍射极限的几倍^[15]。所以, 采用非稳腔, 将使小型 TEA CO_2 激光器远场单位立体角 ($\pi\theta^2$) 内的激光功率可以提高约 1 个量级, 这将有利于激光器的实际应用。

有幸得到本所韩凯、屈乾华、封鸿渊老师的指导, 实验室各位同事的帮助, 在此深表谢意。另外, 作者还同贺大经老师进行了有益的讨论。

参 考 文 献

- [1] SPIE., Vol.247, P.69.
- [2] 《国外激光》, 1983年, 第9期, 第7页。
- [3] IEEE.J-QE., 1982, P.170~173.
- [4] A.P.L., 1982, Vol.41, P.1037~1039.
- [5] 南京工学院编, 《电子器件》, 1983年, 第4期。
- [6] 《国内激光简讯》, 1983, No.4, P.3.
- [7] 《国内激光简讯》, 1983, No.1, P.4.
- [8] R.J.Matthys et al., SPIE., 1980, Vol.227.
- [9] [11] 赫光生、雷仕湛编著, 《激光器设计基础》, 上海科技出版社, 1979年版, 第47页。

- [10] 成都电讯工程学院, 北京工业学院合编, 《激光器件》, 1981年版, 第123页。
[12] Appl. Opt., 1974, Vol.13, P.353.
[13] H. Weber 著, 《激光谐振腔》, 华中工学院出版社, 1983年版, 第173页。
[14] 方洪烈著, 《光学谐振腔理论》, 科学出版社, 1981年版, 第180页。
[15] 同9, 第34页。

*

*

*

作者简介: 杨遂东, 男, 1964年2月出生。理学硕士, 助工。现从事CO₂激光器的研究。

收稿日期: 1988年3月22日。

· 简 讯 ·

飞秒染料激光器输出可调蓝绿脉冲

英国伦敦帝国大学科学家French和Taylor在研制波长近496nm 蓝绿激光超短脉冲工作中已获得了成功。根据自动相关扫描波形测量结果, 他们还实现了把短的可见脉冲倍频为248nm65fs的脉冲。在今后的实验中, 打算把紫外脉冲送入KrF准分子放大器, 以产生TW(10¹²) 峰值功率。

French说, 这是首次报告在500nm以下波长产生出了如此短的脉冲。他期望高功率紫外输出能帮助多光子电离研究和x射线激光器的发展。

为了获得这一结果, 在碰撞脉冲锁模激光器中, 用氩离子激光(360nm)泵浦香豆素102染料。使用其它染料能延伸波长, 因而倍频后可获得200~300nm的调谐脉冲。据French说, 紫外波长短脉冲可以破坏分子键, 并将因此有助于光化学及生物学研究。

摘译自L.F., 1988, No.2, P.10.

于祖兰 译 封鸿渊 校