

小型TEA CO₂ 激光器非稳腔的研究

王 悟 敏

本文对测距用的小型TEACO₂激光器非稳腔进行了研究。该激光器可输出32.96mJ的能量,光束发散角为1.68mrad。实验结果表明:平凸非稳腔与同种激活介质、同样腔长、同样输出耦合因子的平凹稳定腔相比,前者的光束发散角压缩了约三倍。

一、引 言

人们常希望测距用的激光器运转在基模状态。稳定腔激光器虽然阈值低,但因模体积小,各阶横模的衍射损耗差别不大,常常是多模运转而达不到要求。1965年, Siegman^[1]首先在红宝石激光器上使用了非稳腔,继而Krupke和Sooy^[2]又在低功率CO₂激光器中使用了非稳腔。他们都发现:非稳腔既能从激活物质中高效率地提取能量,又能保持良好的光束质量。Reillg^[3]的实验已经证明:在脉冲CO₂激光器中,采用相同输出耦合因子(指输出镜的耦合率、横向尺寸相同)的非稳腔与稳定腔,在获得同样的能量输出和同样的输出功率时,非稳腔运转在近于衍射极限的单横模状态,而稳定腔却工作在大量高阶模振荡的多模状态。不言而喻,前者的光束质量高,后者低。

二、平凸非稳腔的选模性能

平凸非稳腔在二维情况下的几何积分方程为^[4]:

$$bU(x) = \frac{1}{\sqrt{M}} U\left(\frac{x}{M}\right) \quad (1)$$

b 为本征值, M 为与腔参数有关的放大率。(1)式的解为:

$$\begin{aligned} U_n(x) &= x^n \\ b_n &= M^{-(n+1)} \end{aligned} \quad (2)$$

$n=0, 1, 2, 3, \dots$, 分别代表各阶模式, 各阶模损耗为:

$$\delta = 1 - b_n^2 = 1 - \frac{1}{M^2(n+1)} \quad (3)$$

收稿日期:1984年12月1日。

由(2)、(3)式易知, 模的阶次 n 越大, 场的分布越集中于镜的边缘, 高阶模以极快的速率损失掉, 所以起振的往往是基模, 平凸腔的模式鉴别率是很高的。

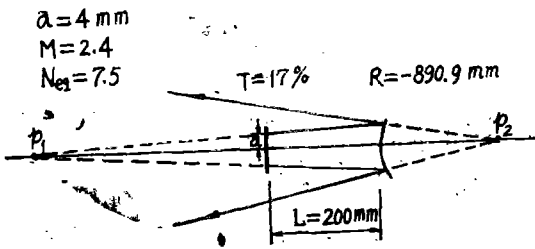


图1 平凸腔输出球面波

该腔采用透过输出, 近场模式为一均匀照明的圆形光斑, 远场强度分布满足圆孔夫朗和费衍射图样, 即分布函数为[5]:

$$I(\theta) = I_0 \left[\frac{2J_1(ka\theta)}{ka\theta} \right]^2 \quad (4)$$

式中, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ 为波数, I_0 是 $\theta = 0$ 处光强

值, a 是耦合镜半径, θ 为远场衍射角。

图2是(4)式的归一化分布图形, 中央亮斑所对应的衍射角为1.62 mrad。

三、实验及结果

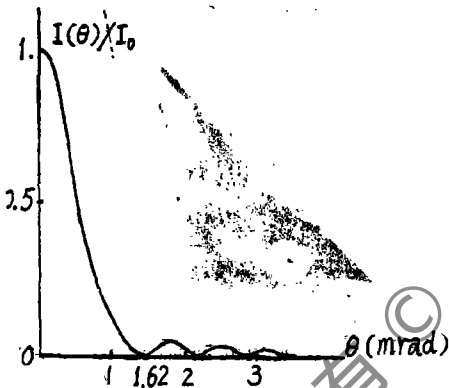


图2 夫朗和费衍射强度分布曲线

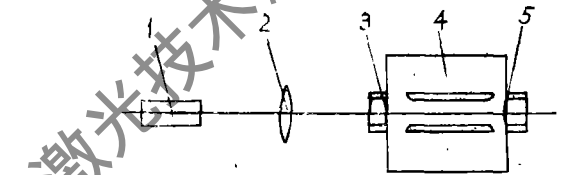


图3 实验装置示意图

1. 直流复射式检流计; 2. 会聚透镜 $f' = 241.941\text{mm}$; 3. 输出耦合镜 $T = 17\%$;
4. TEA CO_2 激光器; 5. 全反镜 $R = -890.9\text{mm}$

输出光能用炭斗接收, 能量计读数测量。由于 CO_2 激光器发出 $10.6\mu\text{m}$ 不可见光, 就无法记录近场光斑形状, 但用石墨接收可看见均匀的圆形亮斑。束散角用透镜聚焦烧蚀热敏纸, 再用读数显微镜测量。

$$\theta = \text{显微镜读出烧蚀斑直径}/2f' \quad (5)$$

为了说明非稳腔对光束质量的改善, 特进行了同样腔长、同样耦合因子的平凹 ($R = 2000\text{mm}$) 稳定腔对比实验。为便于比较, 两腔的测试结果列于表1中。

四、结果分析

理论与实验表明: 非稳腔的确能改善光束质量。对同种工作物质、同样腔长的激光器, 获得几乎相同的输出时, 非稳腔确实工作在基模状态, 而稳定腔工作在多模状态。热敏纸所显示的聚焦烧蚀程度也说明非稳腔的输出光能集中, 与平凹相比, 将光束发散角压缩了近三倍。以上结果也说明: 非稳腔并非只限于高功率激光器, 对高增益和非涅耳数远大于1的任

何激光器都是适用的[6]。

表11 非稳腔与稳定腔输出光束质量比较

腔 型	输入 电压	输出 能量	远 场 束 散 角	
			理 论 值	实 验 值
平 凸	19.3kV	32.96mJ	1.62mrad (衍射极限)	1.68±9" mrad
平 凹	19.6kV	32.51mJ	2.8mrad (基模强度 $\frac{1}{2}$ 处对 应发散角)	4.80±9" mrad

实验中腔的调试、输出光束质量的测量得到时顺森同志、侯天晋同志帮助，在此，深表谢意！

参 考 文 献

- [1] A. E. Siegman, Proc. IEEE, 1965, Vol. 53, P. 277.
- [2] W. F. Krupke & W. R. Sooy, IEEE J. Quantum Electron, 1969, Vol. QE-5, P. 575.
- [3] J. P. Reilly, IEEE J. Quantum Electron, Vol. QE-8, P. 136.
- [4] A. E. Siegman & Arrathoon R., IEEE J. Quantum Electronics, 1967, Vol. QE-3, P. 156.
- [5] Max Born & Emil Wolf, Principles of Optics, P. 518.
- [6] A. E. Siegman, Appl. Opt., 1974, Vol. 13, P. 15.