

可选纵模的 TEA-CO₂激光器*

罗锡璋 郑兴世 林贻

(中山大学无线电电子学系, 广州 510275)

摘 要 描述了标准具的选模特性, 研制成功了用标准具作内选模元件的可选纵模 TEA-CO₂ 激光器, 该激光器已应用在多纵模光泵远红外激光的实验研究中。

关键词 TEA-CO₂ 激光器, 纵模选择

分类号 O 433. 54

自从 1970 年横向激励大气压脉冲二氧化碳激光器 (TEA-CO₂ 激光器) 问世以来, 使得比较容易地在较小而又经济的器件中获得 $1 \sim 10 \text{ MW/cm}^2$ 量级的高强度中红外激光。一个光栅调谐的 TEA-CO₂ 激光器, 可产生 100 条以上的激光谱线, 其光谱范围从 $\sim 915 \text{ cm}^{-1}$ ($10.85 \mu\text{m}$) 到 $\sim 1095 \text{ cm}^{-1}$ ($9.05 \mu\text{m}$), 普遍适用于科研和实际应用的领域。单纵模运转的 TEA-CO₂ 激光器尤其重要, 然而由于这类器件的工作气压很高 ($0.3 \sim 10$) $\times 10^5 \text{ Pa}$, 其增益带宽必然很宽 (典型值是 $3000 \text{ MHz}/10^5 \text{ Pa}$), 不加限模措施时, 通常以多纵模状态工作。现已报导的纵模限制方法有 4 种^[1]: ① 在 TEA-CO₂ 激光器腔体内置标准具或迈克尔逊干涉系统。② 将 SE₆ 饱和吸收池插入谐振腔内, 使激光器在饱和吸收线上振荡。③ 将低气压管和高气管置于同一谐振腔体内。④ 用单纵模的 CO₂ 激光信号注入锁定 TEA-CO₂ 激光器。上述第一种方法相对简单, 还容易实现单纵模或多模 (一般是双纵模) 的选择。本文采用了 Ge 标准具的内选纵模的方案, 研制成功了可选纵模的 TEA-CO₂ 激光器, 得到了满意的纵模选择效果, 并成功地应用于多纵模光泵远红外激光的实验研究中。

1 理论依据

1.1 标准具的光谱特性 一块标准具是两光学表面严格平行的晶体, 实质是一具 F-P 干涉仪, 其透射峰的频率间隔 (自由光谱范围) 为:

$$\Delta\nu' = C / (2nd^{\circ} \cos\theta) \quad (1)$$

式中 d 为标准具的厚度, n 为材料的折射率, θ 为光束的入射角。

其透射峰的宽度 (通带宽度) 为:

$$\Delta\nu = (C / 2nd \cos\theta)^{\circ} (1 - R) \pi \quad \overline{R} = \Delta\nu' / F \quad (2)$$

其中 $F = \pi \overline{R} / (1 - R)$ 称为标准具的反射精细度, 是一个与标准具表面反射系数 R 有关的重要参数。

* 广东省自然科学基金 (950106) 资助项目

收稿日期: 1997-02-21 罗锡璋, 男, 52 岁, 教授

标准具的最大透射率和最小透射率分别为:

$$T_{\max} = (1 - R)^2 \exp(-Td) / [1 - R \exp(-Td)]^2 \quad (3)$$

$$T_{\min} = (1 - R)^2 \exp(-Td) / [1 + R \exp(-Td)]^2 \quad (4)$$

式中 $T(\text{cm}^{-1})$ 为材料的吸收系数.

1.2 标准具内选纵模原理 在多纵模 TEA-CO₂ 激光器腔体内置入标准具 (见图 2), 若标准具的透射峰频率间隔大于激光器的振荡带宽, TEA-CO₂ 激光器的纵模将受到限制和选择, 原理示于图 1.

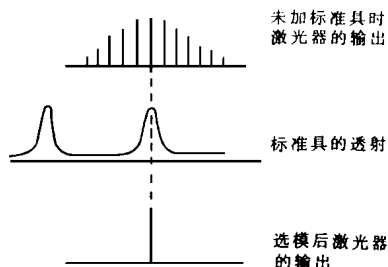


图 1 标准具内选模原理图

Fig. 1 Mode selecting of an etalon

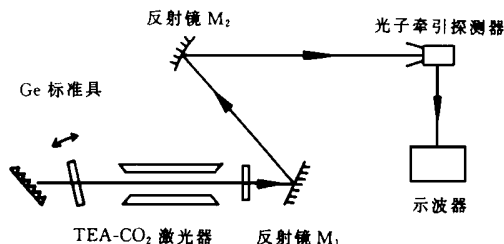


图 2 可选纵模 TEA-CO₂ 激光器实验系统

Fig. 2 The experiment setup of longitudinal mode selected TEA-CO₂ Laser

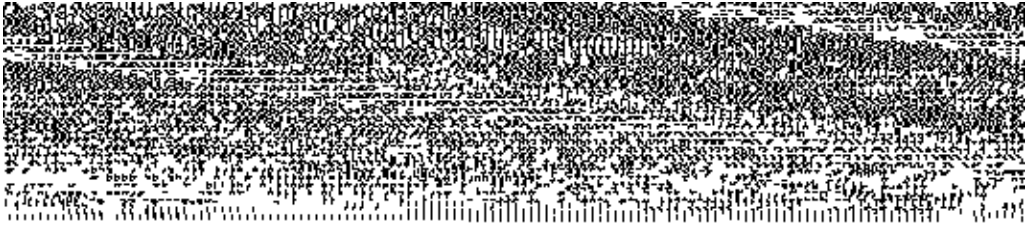
加入标准具后, TEA-CO₂ 激光器的纵模间隔不变, 仍然是 $\Delta\nu_g = c/2L$ (L 为腔体长度). 当标准具调谐到仅透过激光器多纵模输出中的一个时, 其他纵模将被反射而受到抑制, TEA-CO₂ 激光器便调整在单纵模状态工作.

然而, 标准具的透射峰是有一定宽度的 (见 (2) 式), 当适当控制其精细度 F (即控制反射系数 R), 可以得到合适的通带宽度. 选择 $\Delta\nu$ 约等于, 但小于 $2\Delta\nu_g$ 时, 调节标准具的倾角 θ , 改变其透射峰的位置, 可以得到单纵模或双纵模的 TEA-CO₂ 激光输出, 满足应用的需要.

2 实验装置与结果

实验装置见图 2, 脉冲式反射光栅调谐的 TEA-CO₂ 激光器长约 1 m (纵模间隔约 150 MHz), 工作气压为 0.3×10^5 Pa, 对应的增益带宽约 1 GHz. 在腔内设置的 Ge ($n = 4.02$) 单晶标准具, 其厚度为 1.5 cm, 直径 50 cm, 两表面抛光为光学平面, 平行度在 $10''$ 以内. 标准具的光学表面经镀增反膜处理, 使其对中红外的反射率约为 70%, 自由光谱范围和精细度的计算值分别为 2.5 GHz 和 8.8, 透射率计算值分别为 $T_{\max} = 0.70$ 和 $T_{\min} = 0.03$. 标准具的倾角 θ 可以从 0° 调至 15° . 选模效果由光子牵引探测器检测, 波形由 7623 A 型储存示波器显示.

我们对 TEA-CO₂ 的 9 R (16) 激光谱线作了选择纵模的实验, 检测到的未经选模 (多纵模) 和经选模后的单纵模和双纵模激光输出波形分别见图 3. 由图可见, 我们研制的标准具, 达到了预期的效果.



(a) 未经选模时的多纵模波形 (b) 选择双纵模时的波形 (c) 选择单纵模时的波形

图 3 标准具选择纵模实验效果图 (照片)

Fig. 3 The experimental results of longitudinal mode-selecting using an etalon

本文研制的可选纵模 TEA-CO₂ 激光器, 作为泵浦源, 已成功地应用在多纵模光泵远红外激光的实验研究中^[2].

参 考 文 献

- 1 Lee N, Aggarwal R L. Single Longitudinal mode TEA- CO₂ laser with tilted intracavity etalon. App Opt, 1977, 16: 2620
- 2 罗锡璋, 郑兴世, 丘秉生, 等. 多纵模光泵远红外激光的实验研究. 红外研究, 1990, 9 (6): 431

A Longitudinal Mode Selected TEA-CO₂ Laser

Luo Xizhang^{} Zheng Xingshi Lin Yikun*

Abstract The detailed etalon characteristics was described and a longitudinal mode selected TEA-CO₂ laser with an intracavity etalon as the tuning element was developed. Experimental study of multi-longitudinal mode optically pumped far-infrared laser was studied.

Keywords TEA-CO₂ laser, longitudinal mode selecting

^{*} Department of Radio and Electronics, Zhongshan University, Guangzhou 510275