

内腔 He-Ne 激光器光强脉动的实验研究

褚玉喜 陈 侦

(武汉大学物理系, 武汉 430072)

提要 将光强、模谱、偏振态相对照观测了三模激光器光强和偏振态的不稳定现象,并作了定性解释。

关键词 音频脉动,偏振态不稳定性

通用 He-Ne 管腔长及增益介质线形的热效应会引起光强的慢变起伏以及起伏上叠加强度较弱,周期约为 1 min 的调制^[1];在频域内,有自锁模状态下腔模作一次、二次拍频,频谱分析仪显示间隔 550 MHz 的模谱和 40~600 kHz 的频率移动^[2]。

本文观测了三模 He-Ne 管在纵模漂移过程中光强的起振—停振准周期的不稳定现象。脉动频率在 5~9 kHz 范围,幅度占平均光强的 10~20%,脉动幅度、频率及波形随工作时间都可有变化。

1 装置与结果

图 1 中,扫描 F-P 干涉仪与示波器 OSC- I 同步扫描,以便示波器 OSC- I, OSC- II 实时显示激光振荡模谱和光强波形。OSC- II 的另一通道监测激光器的电流波形。探测器 D_1, D_2 的响应时间在 ns 量级。

激光器在点燃 20 min 或 2 h 后观测光强的脉动。图 2 (a) ~ (k) 给出光强从不振到起振,以及逐渐过渡到停振的一次脉动过程。它们发生在模谱向低频端作一个纵模间隔漂移期间。即对应图 3(b) 至 (e) 之间 O_0, O_1, O_2 的模谱位置,停振于 S_0, S_1, S_2 的模谱位置。图 3(a) 是起振前夕,对应波形图 2(a) 的模谱分布,称为两模工作的一模减小态;图 3(b) 的模谱分布称为三模起振态,对应于图 2(b)、(c) 的振荡波形;图 3(c) 为三模对称态,此时光强振动相对稳定,波形如图 2(g)、(h) 所示;图 3(d) 为一模消失态,此后激光器又开始二模工

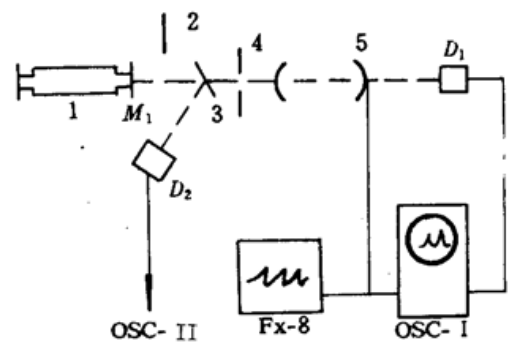


Fig. 1 The experimental set-up

2; tunable polarizer; 5; sweep Fabry-Perot interferometer; OSC- I, I; Oscilloscopes; Fx-8; sawtooth wave source

作。实验发现：一摸并非逐渐消失，而是小到一定程度有一突然消失过程。此时光强脉动振幅突然变小，脉动波形从近锯齿波明显变到近正弦波，如图 2(h) 到 (i) 的变化所表明的。图 3(e) 为二模停振态，随着两模在线形中接近对称、脉动振幅和频率逐渐下降，直到停振，如图 2(k)、(a) 所示。图 3(f) 为二模对称态，此时光强稳定。随后，模谱进入新一轮的一模减小态，开始新一轮脉动过程。

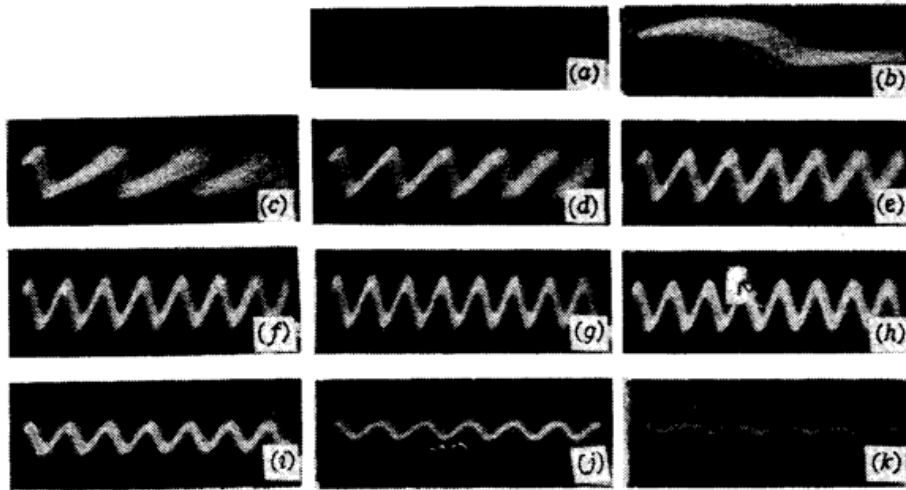


Fig. 2 Intensity ripple in the process of cavity modes shifting (time scale 0.1 ms/div)

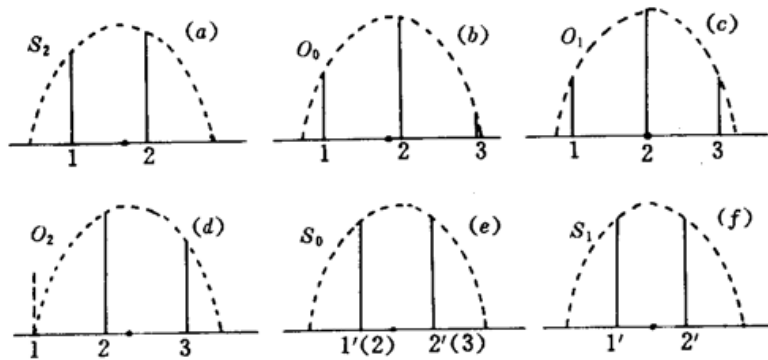


Fig. 3 Characteristic positions in the mode shifting corresponding to Fig. 2

2 偏振特性的观测

在光路中时而插入 y 取向偏振片 2，测量结果如图 4。图中最上一行是扫描 F-P 给出的激光振荡模谱，每张照片中间二或三个尖峰分别属于激光器二或三模工作时的同级模谱。图右边为低频方向，因此图 4(a), (b), (c) 分别处在一模减小态 S_2 ，三模起振态 O_0 和一模消失态 O_2 的模谱位置；下面三行分属于上述态下，加偏振片后，三个不同时刻拍得的偏振态分布。可见， S_2 态有最稳定的偏振分布，即一、二模处在稳定的正交偏振状态。

在图 4(b)、(c) 状态下，可以看出偏振态是很不稳定的。例如图 4(b)，靠线形中心的纵模，其偏振态有时水平、有时垂直；甚至在一次扫描过程中，扫前一级它是垂直的，扫其次一级时就变成水平偏振的了。另外，实验发现：在两模对称时，每个纵模的偏振取向是不稳定的，模谱上下跳动，但合成光强无脉动。原因是：垂直和平行偏振的光强波形在振幅和相位上正好互补，脉动被抵消掉了。

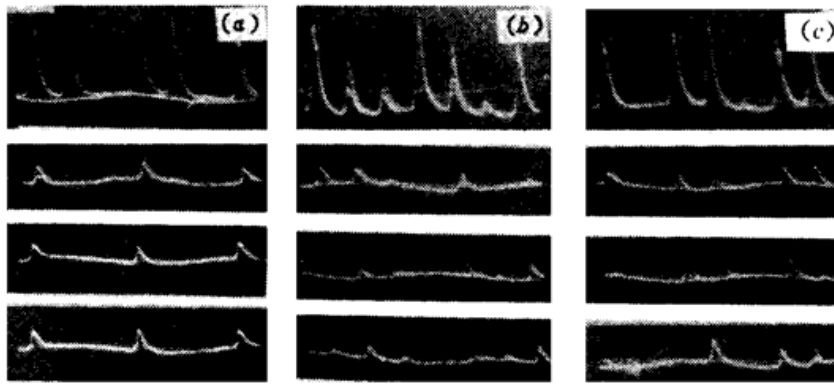


Fig. 4 Mode spectra and their polarization configuration in the two or three modes oscillating.

Sweep voltage: 120 V; sweep time: 20 ms; exposure time: 1/30 s

3 分析与讨论

设某瞬时三模分别处在 1, 2, 3 偏振态, 其光强和相对相角 ψ 由三阶理论可写成^[3]

$$I_i = 2I_i(\alpha_i - \gamma_i - q_i - \sum_{j=1}^3 \theta_{ij} I_j) \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$\psi \equiv \psi_{2123} = (2\nu_2 - \nu_1 - \nu_3)t + 2\Phi_2 - \Phi_1 - \Phi_3 \quad (2)$$

方程(1)是个线性化系统。这表明三模光强可以处在非稳定态; 并且只要腔模频率 ν_i 存在微小分裂, 介质中非线性拍频产生的低频脉动就不为零。与通常偏振分裂相比, 我们认为, 这里的分裂是腔模波面法线与轴存在微小夹角 θ , 由 $2d\cos\theta = q\lambda$ 造成 q 模分裂成音频间隔的模群^[4]。三个模群按其频率和相位合成, 构成了光强的音频脉动和偏振态不稳定。对于我们的平凹腔, 取 $d = 24 \text{ cm}$, $\lambda = 0.633 \mu\text{m}$, $\cos\theta = 1 \sim 1.4 \times 10^{-10}$, 其分裂量为 6.6 kHz。然而, 也不能排除是三模在线形内漂移时, 由于两侧模有不同的频率牵引量, 造成了实验中的音频脉动。

参 考 文 献

- 1 梁培辉, 张伟清. 内腔 He-Ne 激光器输出强度的时谱研究. 中国激光, 1985, 12(8): 482
- 2 吕可诚, 巴恩旭, 张春平. 内腔双纵模 He-Ne 激光器偏振方向的竞争效应. 光学学报, 1984, 4(1): 44
- 3 M. Sargent, M. D. Scally, W. E. Lamb. Laser Physics, Addison-Wesley 1974, 115~143
- 4 F. G. Smith, J. H. Thomson. Optics, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd. 1988. 255

Experimental Study on Intensity Ripple of an Intracavity

Mirror He-Ne Laser

Chu Yuxi Chen Zhen

(Physics Department, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract Comparing laser intensity to the mode spectrum and its polarization states the intensity ripple is observed experimentally and explained qualitatively.

Key words audio frequency ripple, polarization instability