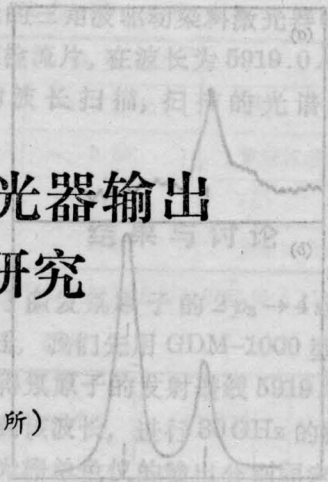


内腔式 He-Ne 激光器输出强度的时谱研究

梁培辉 张伟清

(中国科学院上海光机所)



提要: 本文测量了毫瓦级内腔式 He-Ne 激光器 6328 Å 输出光束强度和两个偏振分量强度的时谱, 在实验的基础上对其形成原因作了定量分析。

Study of the intensity temporal spectrum of intracavity He-Ne lasers

Liang Peihui, Zhang Weiqing

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: In the paper we describe the measured laser intensity temporal spectrum of the beam and its *s*-polarization and *p*-polarization compounds at 6328 Å from mW level intracavity He-Ne lasers. For explanation a simple quantitative analysis is presented based on the experimental results.

一、引言

毫瓦级内腔式 He-Ne 激光器是使用最广泛的一种气体激光器。虽然已经商品化大量生产, 但近年来, 对这种内腔式器件的输出特性的研究还是很活跃。

在激光应用中, 输出功率稳定性对测量工作来说是十分重要的, 2 mW 左右的单横模内腔 He-Ne 激光器一般工作的纵模数为 2~3, 两种线偏振同时存在。根据实验结果, 输出功率的稳定性与激光纵模的特性有密切关系。这里报道激光器由点燃到相对稳定这一较长时间内的强度变化即强度时谱的研究结果。

二、实验和结果

激光器为国产的内腔式单横模 He-Ne 激光器, 长度 250 mm, 输出波长 6328 Å, 功率 1 mW 左右。激光束经洛匈棱镜分成正交的两种偏振光(*s* 和 *p* 偏振)。分别用激光数字功率计接收, 变为电信号后用双线函数记录仪同时记录, 得出 *s*、*p* 偏振光分量的时谱。作为比较, 去掉起偏器, 单独测量混合偏振光束的强度时谱。用扫描 F-P 标准具和示波器观察纵模变化的时间过程。

图 1 绘出激光器点燃后不久(约 2、3 分钟)时的典型的时谱。顶部曲线是 *s*、*p* 分量

收稿日期: 1984 年 8 月 7 日。

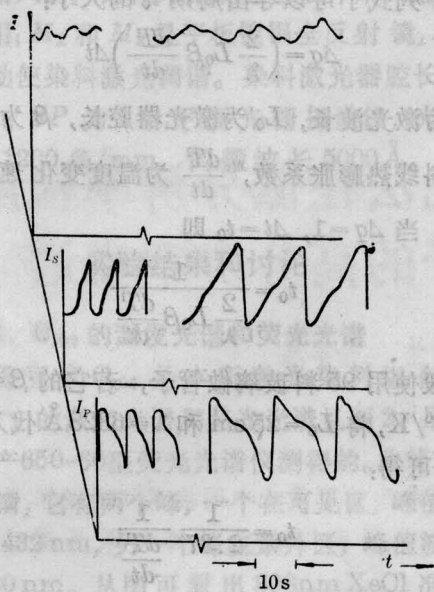


图1 毫瓦级内腔 He-Ne 激光器输出时谱图

I_s 、 I_p 为两正交偏振分量， $I = I_s + I_p$

曲线的迭加结果。由图1可得出：

(1) 光束强度起伏是准周期性的，相对起伏约7%，但是s、p分量各自的强度起伏大得多，约60%；

(2) 从偏振光强的变化曲线可以看到每个周期中有一个跳跃和一个拐点；

(3) 两种偏振状态的变化与耦合振动很类似，但增与减的绝对值不相同，因此两者和强度并不是常数，于是出现(1)的结果。

还看到，虽然光束总强度的起伏周期与偏振分量的起伏周期相同，但位相不同，即波峰与波谷的位置不在同一时刻。

光强度的起伏周期是时间的函数，激光器刚开始工作时，周期较短，随着时间的延长，周期逐渐变长。图2中用×符号给出起伏周期与工作时间的实验测定结果。

下面的分析提到，强度的变化时谱与激光器的工作温度有密切关系。我们用半导体点接触温度计测量了激光器工作过程的管壁温度变化状况，结果同时画于图2中。

由扫描干涉仪显示的结果，我们也观察到激光纵模的变化过程^[2]。工作纵模数为

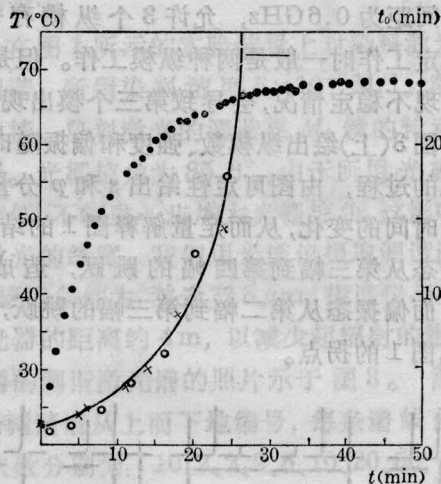


图2 激光器点燃后输出幅度跳跃周期和激光器的升温曲线

“×”为跳跃周期的实验值；“○”是从升温曲线计算出的跳跃周期 t_0 值

2~3个，大多数时间纵模工作在偏振方向正交的模式上，但周期性地出现第三个模式。当这个模式的强度达到一定数值时，出现模式跳跃，变成两个模式。这种过程周而复始。

三、分析和讨论

由 He-Ne 激光器 6328 Å 的谱线来自 $J=2$ 到 $J=1$ 的跃迁， J 为角量子数。根据激光器的偏振理论^[2]，由于模的相互作用，在两纵模式运转时必然是正交偏振的。而对于每一种模式，只要腔内存在位相各向异性或者振幅各向异性的特性，模的偏振取向就由模式的失谐量：

$$S = (\omega_n - \Omega) / \Delta\omega_D \quad (1)$$

决定，式中 ω_n 为模式频率； Ω 为激活介质的中心原子跃迁频率； $\Delta\omega_D$ 为多普勒宽度。

在不同的 S 区域内有不同的偏振方向，因此，当 S 连续变化时，在某一 S_0 处会发生偏振态的跳跃。

室温之下，对应于 $3S_2 \rightarrow 2P_4$ 态之间的跃迁 $\Delta\omega_D = 1.5 \text{ GHz}$ ，而 25 cm 腔长的纵模

频率间距为 0.6 GHz, 允许 3 个纵模存在, 在稳定工作时一般是两种纵模工作。但是一旦出现不稳定情况, 会导致第三个模出现。

图 3(上)绘出纵模数、强度和偏振随时间变化的过程, 由图可定性给出 s 和 p 分量振幅随时间的变化, 从而定量解释图 1 的结果。偏振态从第三幅到第四幅的跳跃, 造成突变。而偏振态从第二幅到第三幅的跳跃, 则形成图 1 的拐点。

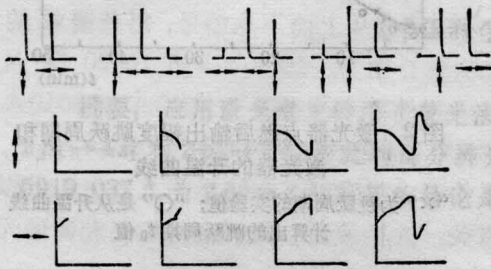


图 3 偏振光输出时谱的定性解释

(上)绘出多纵模各时刻的工作状态
(中)、(下)绘出相应的强度变化

通常, 造成失谐量 δ 变化的因素主要是激光器的工作温度。它既影响谐振腔的腔长, 又改变多普勒宽度 $\Delta\omega_D$, 如果温度由 T 增加到 $T + \Delta T$, 那么, $\delta(\Delta\omega_D)/\Delta\omega_D \approx \delta_T/T$ 。当 $T = 237\text{K}$, $\delta_T = 60\text{K}$, $\delta(\Delta\omega_D)/\Delta\omega_D \approx 60/237 \approx 1/4$, 在短期内假定 $\Delta\omega_D$ 为常数, 如果由于温度的影响使腔长发生变化, 并造成纵模指数 q 变化 1, 它相应于幅度起伏的一个周期,

从下列式子可以导出周期 t_0 的大小:

$$\Delta q = \left(\frac{2}{\lambda} L_0 \beta \frac{dT}{dt} \right) \Delta t \quad (2)$$

λ 为激光波长, L_0 为激光器腔长, β 为管壁材料线热膨胀系数, $\frac{dT}{dt}$ 为温度变化速率。

当 $\Delta q = 1$, $\Delta t = t_0$ 即

$$t_0 = \frac{1}{\frac{2}{\lambda} L_0 \beta \frac{dT}{dt}} \quad (3)$$

一般使用 95 料玻璃做管子, 若它的 $\beta = 3 \times 10^{-6}/\text{K}$, 将 $L_0 = 25\text{cm}$ 和 $\lambda = 6328\text{\AA}$ 代入(3)式, 可得:

$$t_0 = \frac{1}{2.37} \frac{1}{\frac{dT}{dt}} \quad (4)$$

利用图 2 中测出的 $T \sim t$ 曲线, 即管子的升温曲线, 由(4)式可以算出振幅起伏的周期 $t_0(T)$ 。结果同时示于图 2, 与实验相当符合。

如果要使输出很快达到稳定, 其中一个要求是管子材料的热膨胀系数要小, 或受热均匀。在目前的条件下, 要使输出变化小, 要求有恒温措施, 例如温度变化在 0.1°C 。

参 考 文 献

- [1] E. K. Hasle; *Opt. Commun.*, 1979, **31**, 206.
- [2] D. Lenstra; *Physics Reports*, 1980, **59**, 301.
- [3] P. N. Puntambekar et al.; *Opt. Commun.*, 1982, **41**, 191.

激光热处理攻关汇报会在上海召开

国家科委新技术局于 1985 年 4 月 1 日至 4 日在上海嘉定召开“激光热处理用的激光器及加工机床和激光热处理试验研究”攻关汇报会。攻关协作组成员及有关部门 56 名代表参加了会议。

会议分两个阶段进行。第一阶段是攻关项目承担单位汇报工作进展情况。列入“六五”规划的项目中, 有 24 项已较好地完成了任务, 截至 1985 年 3 月底, 有 8 项通过了技术鉴定, 并且已取得了较显著的经济效益。有关部门对工作的进展情况表示满意。

第二阶段是就“七五”规划中的激光加工提出设

想和建议。代表们对我国在今后应如何发展激光加工技术进行了热烈的讨论。建议国家科委着重在机电、交通运输、轻工、纺织等行业中, 有重点地选择一些有关焊接、打孔、切割、热处理和特种加工等组织攻关; 进一步抓好激光器的商品化和实用化工作; 完善 CO_2 激光加工机床和 YAG 激光加工机床的生产工艺, 使它们能在工业生产线上发挥作用。

与会代表提出了近 100 项激光加工研究项目, 供国家科委在制定“七·五”规划时参考。

(赵润乔)