

# 关于平面平行腔Nd:YAG激光器失调的初步实验

于 雷

平面平行腔因其模体积大、发散角小等优点在激光测距仪中得到了广泛的应用。但是，由于调试或使用条件的影 响，往往使两腔面平行度遭到破坏，即谐振腔失调。

失调会引起腔内的损耗增大，振荡阈值升高，输出能量下降，还会引起发散角变化，同时出现激光输出方向性的改变。对此，我们作了一些初步的实验和讨论。

## 一、失调引起腔内损耗

当平面平行腔不处于平行状态时，由于二反射镜的法线不再重合而互成一个  $\alpha$  角（见图 1），因此，腔内不再存在能在二反射镜间往返多次的稳定波型，亦即对初始时沿轴向一个方向行进的平面波而言，它在腔内往返一次，必引起光束的横向偏移和能量、光子的损耗。

一般说来，失调引起的腔内损耗为 [1]：

$$\xi_a = T + \sqrt{\frac{\alpha L}{a}} \quad (1)$$

式中， $\xi_a$  为光波在腔内往返一次的损耗率； $\alpha$  为反射镜法线间的夹角（失调量）； $T$  为输出耦合透过率； $L$  为腔长； $a$  为反射镜的半孔径。

表示为  $\xi_0 = T$  的相对值，则：

$$\Delta \xi_a = \frac{\xi_a - \xi_0}{\xi_0} = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{\alpha L}{a}} \quad (2)$$

由此可知，对于低增益器件，由于输出反射镜的透过率较小，因而失调量  $\alpha$  的允许量甚小。对于高增益腔，由于  $T$  值大， $\alpha$  的允许量也就大。为了研究失调引起腔内的损耗对器件的影响，我们做了如下试验，试验原理见图 2。

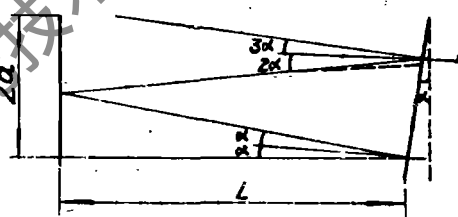


图 1 失调示意图。

$L$  为腔长； $2a$  为镜面直径



图 2 a. 失调实验装置；b. 失调引起发散角、方向性变化实验装置

收稿日期：1984年5月28日。

试验条件: YAG棒 $\phi 4 \times 51$ ; 半反 $R_1 = 51\%$  全反 $R_2 = 99.5\%$ ; 腔长71厘米; 激光储能电容 $C = 20.8$ 微法; 染料调Q。

试验数据如表1:

表1

$\alpha$ (毫弧)	V (伏)	$E_{out}$ (毫焦)	$E_{in}$ (焦)	$\alpha$ (毫弧)	V (伏)	$E_{out}$ (毫焦)	$E_{in}$ (焦)
左向 0.8	700	14.5	5.1	右向 0.12	580	17.1	3.5
0.6	680	15.3	4.8	0.24	590	16.5	3.6
0.48	650	16	4.4	0.36	600	15.9	3.7
0.24	610	17.2	3.87	0.48	620	15.3	3.9
0.12	580	17.5	3.5	0.6	640	14.7	4.3
0	540	18	2.97	0.72	660	14.1	4.4

注: V为激光器在10次泵浦中每次都有稳定激光输出的泵浦能量为激光器工作阈值电压;  $E_{out}$ 为激光阈值输出能量;  $E_{in}$ 为阈值能量。

画出试验曲线(图3), 由图可见, 阈值能量随谐振腔的失调增加而急剧升高, 表现为激光器工作阈值电压增加, 而输出能量的下降则要平缓些。

## 二、失调对激光发散角的影响

失调引起腔内模式损耗改变和光束的横向偏移, 实践也证明了这一点。我们取了如下几个失调的典型近场及远场光斑, 见图4。

由上面取样斑点可见, 随着失调量的增加, 光束的发散角增加了三倍多。发散角 $\phi$ 与失调量 $\alpha$ 关系, 可近似地写为<sup>[2]</sup>:

$$\phi \left( \frac{d}{\alpha} \right) \propto \left( \frac{\alpha}{\alpha_0} \right)^{1/3} \quad (3)$$

式中,  $\alpha_0 = 2\lambda^2 L/d^3$ 。

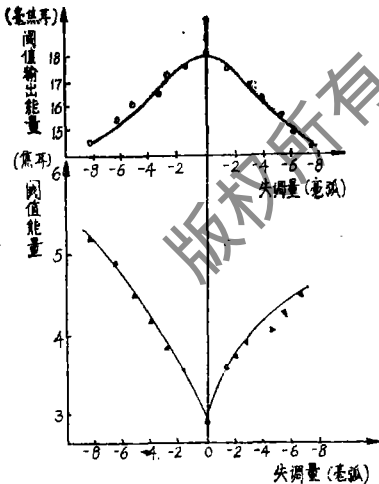


图3 失调引起工作阈值和输出能量变化

失调量 $\alpha$ (毫弧)	近场图	远场图
0	●	●
0.34	●	●
6	●	●

图 失调情况的近场远场斑点

对激光测距仪来说, 发散角大非常有害, 它降低了目 单位面积上的照度, 甚至误测其它目标。在生产中, 对于发散角超差的器件, 也往往是重新校正两腔面的平行性, 从而使器件的发散角合格。

### 三、失调引起激光方向性的偏移

失调除了以上所说两种影响外，还会引起激光方向性的偏移。这个偏移就会影响测距仪的发射光轴与瞄准、接收轴的精度。试验结果如图 5 所示。

失调量 $\alpha$ (毫弧)	方向	偏移量	误差范围
0.6	左下	中心偏 2.5 毫米	± 不失调的误差
0.6	右下	中心偏 2 毫米	± 不失调的误差

图 5 失调引起激光方向性偏移

发现失调的方向与激光方向性偏移是一致的。尽管腔面失调不大，但激光器方向性偏移达 4~5 毫弧，虽经 4× 发射天线压缩，但仍达到偏移 1~1.25 毫弧。我们知道激光测距仪的发射角为  $\phi$ ，接收器的孔径光阑对目标的张角为  $\beta$ ，目标对探测器的张角为  $\gamma$ ，如图 6 所示。由于激光的发射光束偏移目标未被激光光束全部照射，就会影响测程，甚至误测附近其它目标。

通过多年来的生产，我们发现失调在高低温下变化较大，引起了环境温度下激光稳定工作阈值升高，输出能量下降，激光测距仪的发射光束偏移等问题。所以，在激光器装配、校中一定要注意消除引起失调的因素。激光器部件可先做一次高低温检查，具体装置如图 7，检验失调量的大小。

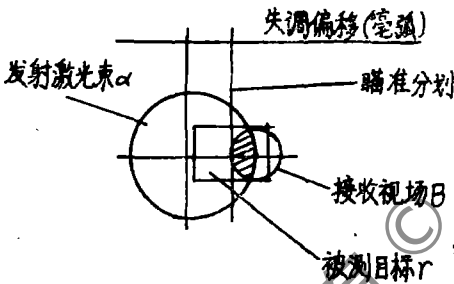


图 6 激光方向性偏移示意图

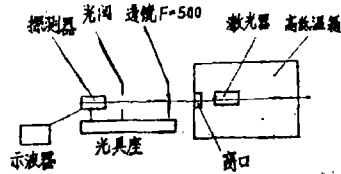


图 7 高低温下激光器的检查

总之，失调是我们所不希望的，但也是难免的，在研制和生产中必须采取一定的措施，使失调在最小限度，以提高激光测距仪的性能。

### 参 考 文 献

- [1] 激光器件，成都电讯工程学院、北京工业学院编，一九八一年四月第一版，第 253 页。
- [2] 固体激光导论，固体激光导论编写组，一九七五年九月第一版，第 475 页。