

# Nd:YAG 晶体低能量脉冲激光性能的测试

谷雅珍 林 荷

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 对不同质量的 YAG 棒做了低能量、中能量及连续激光性能的测试, 并进行了比较, 表明用低能量测试比用中能量测试更能反映出晶体质量对激光性能的影响。

## Test of laser output performances of Nd:YAG crystals by low energy pumping

*Gu Yazhen, Lin He*

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

**Abstract:** Test on YAG: Nd rods of different qualities at low, moderate and CW energy pumping have been made. It is shown that compared to moderate energy pumping, the influence of crystal quality on laser output performances are more obvious.

### 一、引 言

Nd:YAG 晶体的激光性能测试, 一般采用中等能量输入 (50~100 焦耳), 这对较高功率下工作的器件是适用的。随着 Nd:YAG 晶体在中小型器件中 (如军用测距仪、目标指示器等) 的广泛应用, 往往要求这类器件在低输入能量下 (6~15 焦耳) 运转, 并达到较高的转换效率<sup>[1]</sup>。

其次, 在阈值附近测试晶体的斜率效率, 更能反映晶体质量对激光性能的影响。因为在输入能量很高时 (远大于阈值能量), 晶体内部的缺陷引起的损耗不容易在激光性能测试中反应出来。因此, 进行低能量泵浦

Nd:YAG 晶体脉冲激光性能的测试是有必要的。

目前国外无论是激光测距用的 YAG 棒或订购 YAG 棒时, 都将低能量脉冲激光效率作为一项主要参数指标。为了便于与国外测试数据进行比较, 我们建立了低能量测试装置, 并讨论了实验参数选择、测试稳定性和不同质量的 Nd:YAG 棒低能量与中能量脉冲激光性能和连续激光性能比较。

### 二、测试装置

低能量测试是在单次脉冲器件上进行的。

收稿日期: 1982年6月7日。

1. 聚光器: 单椭圆聚光器, 长半轴为 17 毫米, 短半轴为 14.5 毫米, 长为 100 毫米, 反射面镀银。

2. 谐振腔长: 谐振腔长为 400 毫米, 全反射端的  $R$  为 99.5%, 输出端  $R$  为 50%。

3. 脉冲氙灯: 脉冲氙灯的尺寸为  $\phi 6$ (外径)  $\times 100$  毫米。

4. 单脉冲形电路参数:

$$C=20 \text{ 微法}, \quad L=98 \text{ 微亨}。$$

5. 滤光: 采用掺铈的滤光玻璃可滤掉氙灯紫外光。

6. 接收器: 采用炭斗能量计, 定标为 0.564 毫焦耳/格。

### 三、脉冲氙灯参数的选择

#### 1. 脉冲氙灯气压的选择

根据脉冲氙灯的发光效率随充气气压的增加而增大的原则<sup>[2]</sup>, 我们采用了同一根 YAG 棒用激光输出比较法, 对不同气压的氙灯分别作了激光输出实验, 结果见图 1。

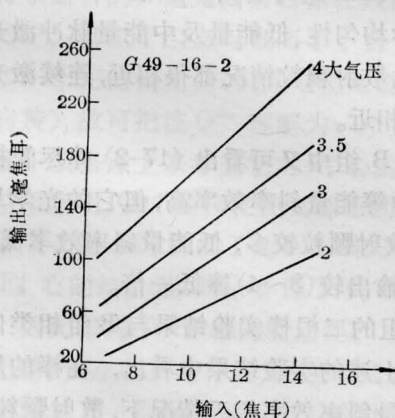


图 1 用不同气压的氙灯测得的斜率效率

从图 1 看出, 随脉冲氙灯气压升高, 发光效率也增大。在所选的氙灯气压范围内, 4 个气压时的斜率最高 ( $\eta_{斜}=1.95\%$ )。

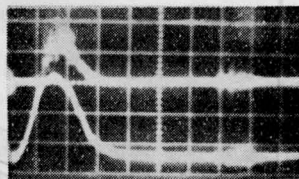
#### 2. 脉冲氙灯直径的选择

选择氙灯的内径必须考虑同工作物质照明成象相匹配, 因此根据  $r_{灯}/r_{棒} \leq 1$  公式, 可

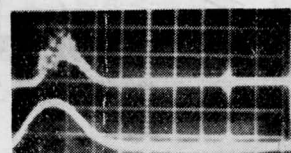
提高几何成象聚光效率<sup>[3]</sup>, 保证氙灯的光尽可能多地被 YAG 棒所吸收, 使泵浦效率得到提高。我们采用了  $\phi 4$ (内径)  $\times 100$  毫米的脉冲氙灯。

#### 3. 脉冲氙灯发光时间的选择

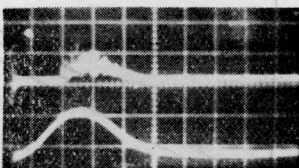
为了充分利用氙灯的有效发光, 选择合适的电感可以使放电回路和氙灯构成较好的匹配, 也能增加灯的发光时间, 提高氙灯的发光效率。我们采用 20 微法电容分别与 30 微亨、98 微亨、150 微亨的电感相匹配进行实验观测。用二个光电管接收, 其中一路用来接收激光信号, 另一路接收氙灯的发光信号。用 SS-212 型双线示波器观察并拍下了氙灯的发光波形和激光振荡波形, 测定了氙灯发光时间和 YAG 棒的激光振荡时间, 见图 2(每格为 100 微秒)。



(a) 电感 37 微亨, Xe 灯输入电压为 1350 伏



(b) 电感 98 微亨, Xe 灯输入电压为 1200 伏



(c) 电感 150 微亨, Xe 灯输入电压为 1200 伏

图 2 氙灯发光波形和激光振荡波形

从中看出 20 微法电容与 98 微亨电感匹配效果最好。YAG 晶体激光振荡刚好在氙灯辐射波形 50 微秒处发生, 较为充分地利用氙灯的有效发光。

## 四、测试结果与讨论

### 1. 实验装置稳定性

选用三根 Nd:YAG 棒在相同实验条件下测试多次,结果见图 3。

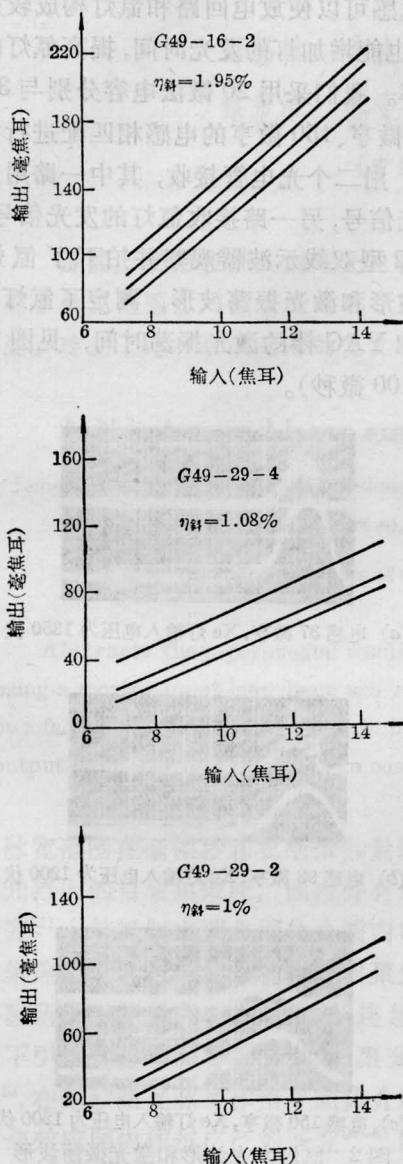


图3 YAG 棒的稳定性曲线

从曲线中看出测试 YAG 棒斜率效率的重复性比较好。图中几条线不能重复在一条线上是因棒本身光学均匀性所决定的<sup>[4]</sup>。

### 2. 与美国测量结果的比较

编号为 G49-16-2 晶体曾拿到美国休斯公司测试过,结果如图 4。美国测得的斜率效率为 1.98%, 我们测得的是 1.95%, 测试结果基本一致。

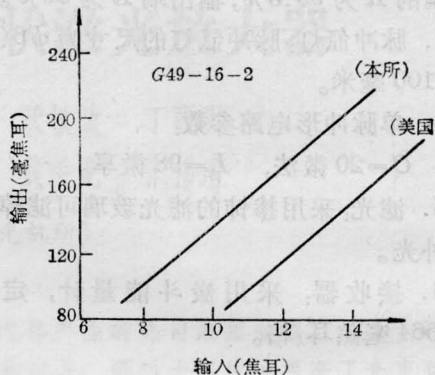


图4 YAG 棒的斜率曲线

3. 表 1 为对不同质量的 YAG 棒所做的低能量、中能量脉冲激光及连续激光性能测试结果的比较。

表 1 中的连续激光输出功率值测量精度为  $\pm 3$  瓦, 散射颗粒是用 20 毫瓦的 He-Ne 激光观察的。

从表 1A 组可看出, 三根 YAG 棒的尺寸、光学均匀性、低能量及中能量脉冲激光斜率效率、散射颗粒情况都很相近, 连续激光输出也很相近。

从 B 组中又可看出 (17-2) 棒尽管棒尺寸长, 中等能量斜率效率高, 但它的光学均匀性差, 散射颗粒较多, 低能量斜率效率低, 连续激光输出较 (3~4) 棒低一倍。

O 组的二根棒实验结果与 B 组相类似。

从上述的实验结果中看出, 在棒的尺寸和中能量斜率效率相近情况下, 散射颗粒多、低能量斜率效率低者, 连续激光输出也低。低能量脉冲激光测试是在阈值附近进行的, 晶体的损耗对激光输出影响很大。内耗包括散射、衍射、吸收等。在相同实验条件下, 衍射损耗基本相同, YAG 棒的单程损耗主要不是纯吸收造成的, 而是散射引起的<sup>[5]</sup>。这种损耗在中能量测试中不容易反应出来, 而在低能

表1 YAG棒低、中、连续输出性能的测试结果

晶体编号	尺寸 (毫米)	低能量斜率效率 (%)	中能量斜率效率 (%)	连续输出(瓦) (输入: 3.85 千瓦)	散射 颗粒	干涉图	
A组	G481-14-1	$\phi 6 \times 76$	1.80	2.0	42.0	较少	
	G481-14-3	$\phi 6 \times 82$	1.89	2.0	45.0	较少	
	F381-3-4	$\phi 6 \times 76$	1.80	1.83	40.0	较少	
B组	F381-3-4	$\phi 6 \times 76$	1.80	1.83	40.0	较少	
	G480-17-2	$\phi 6 \times 93$	1.46	2.14	22.0	较多	
C组	F381-10-2	$\phi 6 \times 76$	1.63	1.48	28.2	较多	
	G480-18-2	$\phi 5.5 \times 93$	1.20	1.46	17.9	多	

量测试中就很明显。因此低能量与中能量脉冲激光性能测试相比更能反应出晶体质量对激光性能的影响。

### 参 考 文 献

[1] G. Schlecht; *SPIE*, 1980, **247**, 116~123

[2] 廉汝林等;《激光》, 1977, **4**, No. 6, 14.

[3] 赫光生, 雷仕湛编著;《激光器设计基础》, 上海科学技术出版社, p. 227.

[4] 谷雅珍, 林荷;《激光》, 1982, **9**, No. 4, 235.

[5] 吴光照;《中国科学院上海光机所研究报告集, 第八集》(1980), p. 28.