

# 氦氖激光器的可靠性试验在生产实际上的应用

杨之昌 王潜智

(复旦大学物理系, 上海)

**摘要:** 对氦氖激光器进行可靠性试验取得成功以后, 结合生产实际提出的课题, 证明该方法具有效率高、速度快的特点。本文结合几个实例来证明加速寿命试验方法的优点。

## The application of the He-Ne laser reliability test in practical production

Yang Zhichang, Wang Qianzhi

(Department of Physics, Fudan University)

**Abstract:** After reliability test of He-Ne laser has succeeded, the subject combined with practical production has characteristics of high efficiency and high speed. This article has proved the advantages of this test method by using several examples.

### 一、加速寿命试验方法

寿命试验是可靠性最重要的指标。随着He-Ne激光管加工工艺不断完善, 激光管产品的寿命已经大大延长, 从70年代初的几百小时最多1千多小时, 到80年代末超过 $10^4$ h以上。在高校中如南工、南开的激光管就超过 $10^4$ h以上。还有不少工厂的激光管达到和超过 $10^4$ h, 例如江西740厂、上海亚明厂、上海玻璃仪器一厂等; 尤其是江西740厂的405-270型产品的特征寿命可达 $4 \times 10^4$ h。在这种情况下再用常规寿命试验方法是不可能的。1981年由电子工业部标准化所和南京工学院主持, 召集全国20多个单位一起进行加速寿命试验的研究工作, 到现在已取得初步的成效。对He-Ne激光器进行加速寿命试验的方法是从同批产品中随机抽取5支样管, 通过检查应力和测定光电参数等可靠性检验后(剔除早期失效的管子, 样管不足4支时应补上。), 加大应力3~4倍, 即放电管的工作电流大于常规的3~4倍进行连续点燃; 在点燃过程中, 每两周测试输出功率和着火电压一次, 因为着火电压起伏较大, 可以重复5次取平均。如何来判断管子是否失效呢? 判断失效的标准是:

1. 当管子的输出功率下降到初始功率（最大功率）的一半时，该管失效。
2. 当管子的着火电压上升到8.5kV以上时，即管子失效。
3. 以上二项有一项达到失效标准，即可判定失效，失效前连续点燃的时间也就是该管子的寿命 $t$ 。

当5支样管有4支或全部失效即可停止试验。

用图估计法<sup>[1]</sup>作 $\ln(\ln F(t)) \sim \ln t$ 曲线（可以在威布尔概率纸上作图）。

$$F(t) = \frac{j}{n+1}$$

若是直线关系，即可在图上求出形状号数 $m$ （注意试验偏离直线，或 $m$ 在 $2.0 \pm 0.4$ 之外要重新试验）。同样，在图上可得特征寿命 $\eta$ 。<sup>[2][3]</sup>

$$\because \tau_{i-i_0} = (I_i/I_0)^c \quad c = 1.14$$

$$\text{常规寿命就是 } \eta = \tau_{i-i_0} \cdot \eta_i = (I_i/I_0)^c \eta_i \quad (1)$$

处理数据的另一种方法是最好线性无偏估计法。

举例：上海玻璃仪器一厂的样管在第二期试验中测到的特征寿命为4.5kh，在第三期试验中分二批送来样管各5支。

第一批样管的试验结果如表1所示，应力为20mA。

表1

试验编号	$F(t) = \frac{j}{n+1}$	寿命 $t$ (h)	失效原因
上玻≡4	0.167	690	V ↑
上玻≡3	0.334	930	V ↑
上玻≡2	0.500	$1.35 \times 10^3$	W ↓
上玻≡1	0.667	$1.57 \times 10^3$	V ↑
上玻≡5	0.834	$2.50 \times 10^3$	V ↑

表2

试验编号	$F(t) = \frac{j}{n+1}$	寿命 $t$ (h)	失效原因
上玻≡8	0.167	960	V ↑
上玻≡9	0.334	$1.64 \times 10^3$	W ↓
上玻≡10	0.500	$3.00 \times 10^3$	V ↑
上玻≡7	0.667	$3.75 \times 10^3$	V ↑
上玻≡6	0.834	$4.30 \times 10^3$	V ↑

处理结果：图估计法： $m = 1.52$ ， $\eta = 1.72 \times 10^3$ h，最好线性无偏估计法： $m = 1.67$ ， $\eta = 1.68 \times 10^3$ h。

利用(1)式得到常规寿命为 $0.816 \times 10^3$ h。

经过工艺改革后，送来第二批样管的试验结果如表2所示，应力为15mA。

处理结果：图估计法： $m = 1.52$ ， $\eta = 3.14 \times 10^3$ h，最好线性无偏估计法： $m = 1.67$ ， $\eta = 3.23 \times 10^3$ h。

利用(1)式得到常规寿命为 $11.3 \times 10^3$ h。

这说明上海玻璃仪器一厂在半年时间中，生产的激光管寿命从 $4.5 \times 10^3$ h提高到 $10^4$ h以上，充分体现出试验周期短，达到在短时间内就能提高产品质量的效果。

## 二、加速科学研究成果鉴定的周期

中国计量科学院附属工厂，为了制作稳频He-Ne激光管的需要，研制了镀铝阴极，寿命指标是 $1.5 \times 10^4$ h，计划任务要在1~2年时间内完成，而经过同志们的努力，在一年多时间内研制成功。如何才能证明这任务已完成呢？要求在半年时间内证明这类激光管的寿命已有 $1.5 \times 10^4$ h以上，他们专从北京到上海，要求我们帮助。他们选送样管6支，经过半年多加速寿命试验（有二支管子当时还未失效），证明已远远超过 $1.5 \times 10^4$ h，使这一科研任务如

期顺利地通过鉴定。现将结果整理在表3中。

表3

序	编号	应力水平(mA)	寿命(h)	失效原因	另一参数变化情况
1	计=1	18	$3.60 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.2V_0$
2	计=2	18	$11.0 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.4V_0$
3	计=3	18	$4.50 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.0V_0$
4	计=4	18	$1.80 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.1V_0$
5	计=5	18	$7.20 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.2V_0$
6	计=6	18	$9.20 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.1V_0$

用图估计法和最好线性无偏估计法计算的结果见表4。

表4

	形状参数m	特征寿命(h)	相当于常规寿命(h)
图估计法	1.39	$7.36 \times 10^3$	$3.17 \times 10^4$
最好线性无偏估计法	1.52	$7.40 \times 10^3$	$3.19 \times 10^4$

从形状参数较小说明失效标准只用了一条，若进一步改进工艺，减少溅射，可以使激光管寿命更长。

### 三、有利于改革工艺和提高产品质量

太原激光仪器厂(实验工厂)接受该省煤炭部门的任务，要求研制腔长180mm的金属密封的He-Ne激光管，投资8万元，寿命只有200h左右，最后希望我组提供支援，要求在一年时间内激光管寿命提高到5000h。我们采用加速寿命试验方法，用应力为15mA进行试验，缩短了试验周期，一年中改进三次工艺，包括专程去太原清洗真空系统，在一年内使激光管寿命达到5000h以上。现将最后一次试验结果示于表5中。应力水平为15mA。

表5

试验编号	$F(t) = \frac{j}{n+1}$	寿命(h)	失效原因	另一参数变化情况
太=3	0.125	720	V ↑	$W \rightarrow 0$
太=6	0.250	900	W ↓	
太=2	0.375	$1.13 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.35V_0$
太=1	0.500	$1.13 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.20V_0$
太=5	0.625	$1.40 \times 10^3$	W ↓	$V = 1.15V_0$
太=7	0.750	未失效		
太=8	0.875	未失效		

用图估计法计算得： $m = 3.02$ ， $\eta = 1.36 \times 10^3$ h，相当于常规寿命为 $5.4 \times 10^3$ h。

#### 四、结 论

从以上几个例子可以看出, He-Ne激光器进行加速寿命试验, 对改进生产工艺和加快科研的进程都是十分有利的, 只要能正确地使用这一方法, 可以进一步提高我国 He-Ne 激光管产品的质量和可靠性。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] GB2689. 1~4~81, 寿命试验和加速寿命试验方法。
- [ 2 ] SJ2664-84, He-Ne激光管加速寿命试验方法。
- [ 3 ] 《中国激光》, 1989年, 第16卷, 第7期, 第411页。

\* \* \*

作者简介: 杨之昌, 男, 1936年8月出生。副教授。长期从事光学和激光参数测量的研究工作。

王潜智, 女, 1936年9月出生。副教授。参加多项激光参数测量研究工作。

收稿日期: 1989年10月16日。

· 简 讯 ·

### 西南技术物理研究所板条YAG激光器研究取得新进展

西南技术物理研究所采用本所生长的优质Nd:YAG晶体(124×12×6mm<sup>3</sup>), 研制板条激光器取得新进展: 单级自由振荡输出达24J, 器件总体效率达2.5%。采用退压式电光Q开关, 获得了860mJ的激光巨脉冲, 脉宽12~15ns, 电光Q开关效率高达72%, 工作稳定。进行了重复频率工作试验, 自由振荡重复频率70Hz, 平均功率50W; 电光调Q重复频率50Hz, 平均功率20W。板条激光器理论分析及加工也取得新进展。

研究人员计划进一步改进电源及器件结构, 预计今年内该板条YAG激光系统平均输出功率将达300W, 高重复频率(2kHz~5kHz)激光调Q输出将达150W。在此基础上, 还将计划进行多级放大研究。

(本刊通讯员 供稿)

### 高精度双目标重复频率激光测距机研制成功

北京理工大学工程光学系和西南技术物理所经过一年的合作努力, 于1989年三季度研制成功一台高精度双目标重复频率激光测距机, 既可用于某系统的双目标测距, 也可以单独使用, 数据既可用十进制也可用二进制提取或显示, 主要指标为:

测 程 >2km, 视需要设定

精 度 ±0.1m (十进制) 或 ±0.08m (二进制)

重复频率 10pps

重 量 9.6kg (电池除外)

(喻其寿 邓仁亮 供稿)