

小型激光器用泵浦源——微型氙闪光灯

查贵根 王世明 姜世杰 沈国健

(中国科学院上海光机所)

提要: 介绍了一种外径只有3mm大小的激光器泵浦源——微型氙闪光灯。**Miniature xenon flashlamp pumping source for small lasers**

Cha Guigen, Wang Shiming, Jiang Shijie, Sheng Guojian

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

Abstract: Miniature xenon flashlamps with a size of $\phi 3 \times (12 \sim 50)$ mm used as pumping source of small lasers have been developed.

氙灯的微型化技术是固体激光器小型化的关键之一。经过多年的研究,已成功地研制成一种尺寸为 $\phi 3 \times (12 \sim 50)$ mm的微型氙闪光灯。由于采用了高温封接工艺和对灯外表面涂导电膜代替触发丝,使这种氙灯具有紫外辐射强度低,而总辐射强度高,机械强度高的特点。

一、微型氙闪光灯的研制

灯的内径为1.5mm,外径3.0mm,有效弧长分别为12mm、20mm等,其电阻率分别为:

$$\phi_{内} 1.5 \times 12 \text{ mm}$$

$$\rho \approx 1.3 \frac{l}{d} \approx 10 (\Omega \text{ A}^{1/2})$$

$$\phi_{内} 1.5 \times 20 \text{ mm}$$

$$\rho \approx 1.3 \frac{l}{d} \approx 15 (\Omega \text{ A}^{1/2})$$

取阻尼系数 $\alpha = \frac{\rho}{(V_0 Z_0)^{1/2}} \approx 0.75$, 则:

工作电压 $V_0 \approx 400 \text{ V}$, 工作电容 $C \approx 100 \mu\text{F}$,
工作电感 $L \approx 70 \mu\text{H}$ 。

以上是制灯的设计思想,如何实现灯的制作,主要从以下三个方面来解决:

首先要保证放电体积内的清洁度,因为杂质气体会影响氙灯的光强和光谱。杂气主要来自灯电极和管材的放气,所以必须采取相应的清洁处理及排气工艺,保证除气彻底。最后在 $(1 \sim 2) \times 10^{-5} \text{ mmHg}$ 真空度下,充以较高气压(400~600 Torr)的氙气。

其次,采用与前不同的高温扩散封接工艺。该工艺保证了氙灯的封接区短,灯的冷区也小。由这种工艺制出的灯重复率由几次/分提到0.5~10次/秒且不需水冷,光效高,机械强度也高。图1为各种封接工艺所制成的一组氙灯。

收稿日期: 1985年12月16日。

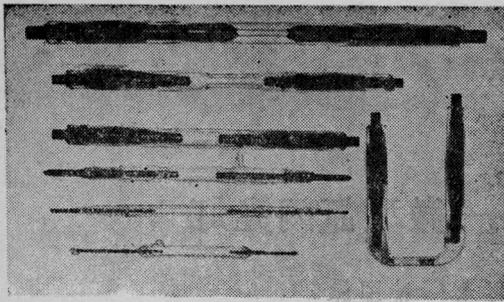


图1 各种封接工艺的氙灯

制作氙灯所用的管材为掺铈电熔石英管。使用这种管材可以滤除 330 nm 以下的大部分紫外光,同时将部分紫外光转化为可见光,既提高了可见光的光效^[1],还能减少灯内杂质气体,因为掺铈电熔管的羟基含量仅 10 ppm,比气炼管低二个数量级。

最后,对灯进行严格的筛选。每支灯要经 100 次早期点燃,观察灯内气体纯度及电极溅射情况,确定其筛选率和成品。

二、灯的性能

图 2 所示为灯的结构。

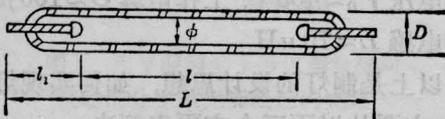


图 2 微型氙闪光灯结构

L —总长; l —放电区长; l_1 —电极长;
 ϕ —管内径; D —管外径

这里所研制成的微型氙闪光灯,是国内体积最小、发光效率最高的一种氙灯,有不少技术指标达到和超过国外同类型的氙灯。表 1 列出国产灯与国外产品的指标对照。

1. 灯的极限能量

由经验公式估算 $E = ALD\sqrt{T}$ ^[2]

式中 L 的单位为英寸; D 的单位用毫米; T 为脉冲宽度,单位为毫秒; A 为系数,我们工艺可定为 90。由此算得:

$$\phi 1.5 \times 12 \text{ mm 灯 } E_{\max} \approx 25 \text{ J}$$

$$\phi 1.5 \times 20 \text{ mm 灯 } E_{\max} \approx 40 \text{ J}$$

表 1

性能	上海光机所 SFX 系列	国外同类型产品
内径(mm)	1.5	2.0
外径(mm)	3.2(3.0)	4.0
弧长(mm)	30~35	25~30
频率	0.5~10 c/s(1 c/s)	1 c/6s(10 次/分)
工作能量(J)	5	5
管材	掺 Ce	掺 Ce
脉宽(μ s)	~100	~100
极限能量(J)	>100	25~50
寿命(次)	$10^6 \sim 10^7$	$10^6 \sim 10^7$
单 价	120 元	\$ 210 美元

$$\phi 1.5 \times 33 \text{ mm 灯 } E_{\max} \approx 60 \text{ J}$$

大量实验测得,采用本工艺制造的微型氙灯的极限能量是:

$$\text{对 } \phi 1.5 \times 12 \text{ mm 灯 } E_{\max} \approx 30 \text{ J}$$

$$\phi 1.5 \times 20 \text{ mm 灯 } E_{\max} \approx 60 \sim 70 \text{ J}$$

$$\phi 1.5 \times 33 \text{ mm 灯 } E_{\max} \geq 100 \text{ J}$$

对于 $\phi 1.5 \times 33 \text{ mm}$ 的氙灯,经输入 100 J 能量,以 1 次/秒重复频率、点燃 120 次后的灯见图 2。显见,灯虽已有电极溅射,但仍完好无损。有的灯管已经熔融弯曲,但仍然能够点燃。

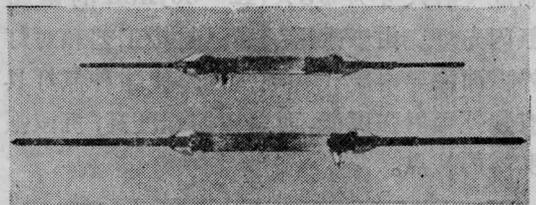


图 2 经极限能量点燃后的微型氙灯

2. 灯寿命

对于 $\phi 1.5 \times 20 \text{ mm}$ 灯,当 $C = 100 \mu\text{F}$ 、 $V = 300 \text{ V}$ 、 $E_{in} = 4.5 \text{ J}$ 时,寿命 10^6 次(下降 10%); $\phi 1.5 \times 33 \text{ mm}$ 灯,输入 5~8 J 时,寿命 10^6 次(下降 10%)。

3. 灯的电流、电压及光波形

对 $\phi 1.5 \times 20 \text{ mm}$ 灯,当 $C = 100 \mu\text{F}$ 、 $V = 400 \text{ V}$,测得电流电压及光波形见图 3。由曲线测得放电脉宽 80 μs 。

4. 灯的辐射光谱图

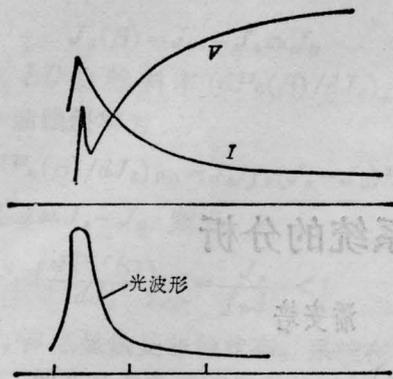


图3 灯的光电特征

上图为电流-电压波形, 下图为发光波形

灯的辐射光谱见图4。其中1#灯为普通石英管脉冲氙灯; 2#灯为除气不佳, 灯内已产生绿气的脉冲氙灯; 3#灯为无绿气现象的掺铈管脉冲氙灯。

显然, 掺铈管脉冲氙灯的紫外辐射最小, 可见辐射峰值最强; 灯内含有杂质气体时, 光效明显下降; 普通石英管脉冲氙灯的紫外辐射相当严重。

图4的光谱图是由本所设计制造的全自动光谱测试仪测试的, 在300~1000 nm范围内, 间隔2 nm测一点, 每个点测10次, 取其平均值扫描得到的。

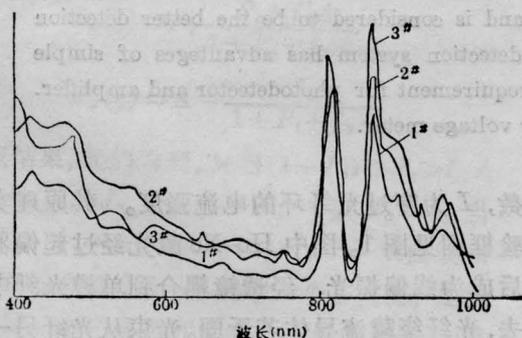


图4 微型氙灯的辐射光谱图

5. 工作频率

自然冷却时, 灯可在0.5~10次/秒工作; 2次/秒可长时间工作; 5次/秒可连续工作10分钟。

6. 灯的着火电压 $V_f < 200 \text{ V/cm}$ 。

7. 灯的自闪电压 $V_s > 10000 \text{ V/cm}$ 。

8. 改进后的SFX-II型灯的排气口已明显缩小(见图5上面的一支灯), 而且灯外侧面已涂导电膜, 并由耐高温、耐光辐射的导电胶将触发丝引出, 使灯的结构更为紧凑、合理; 图5示出的另一支小氙灯是由兄弟单位制作的, 它用过渡玻璃封接, 外侧面虽有导电膜, 但封接区在放电区内, 因此封接区内应力较大。上面一支微型氙灯的外径为3 mm, 极间距33 mm, 灯外侧面涂有导电膜, 其电阻值 $R < 50 \Omega/\text{cm}$ 。上述兄弟单位的灯一般使用频率为6~10次/分, 我们由于采用高温封接, 耐温达630°C, 因此可使用在0.5~10次/秒。

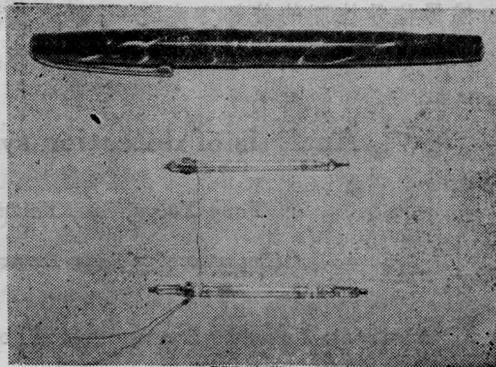


图5

9. 由于导电膜在可见区透过率一般为80~85%, 这就要影响灯的部份光输出, 为此我们又试制成功了灯侧面由触发丝一条、两端用导电胶固定的微型氙灯。实验证明, 侧面加一条线状触发丝比用导电膜代替触发丝, 其光效可提高10%左右。

该灯的试制成功为激光器的小型化提供了一种理想的泵浦源。

韩绍琴同志曾参加了早期试制工作, 卓美珍同志协助测试了灯的光谱, 一并表示感谢。

参 考 文 献

[1] 查贵根等;《激光》, 1981, 8, No. 8, 39~44.
[2] J. R. Oliver et al.; Proc. IEEE, 1977, 59, No 4, 638.