

# 泵浦染料激光器的壁消融闪光灯

消融灯与普通的脉冲氙灯相比,不但亮度大,稳定性好,而且还具有结构简单,制做容易,灯内气压可调等优点。这种灯可以产生微秒量级的光脉冲。用它作为染料激光器的泵源,可以避免染料分子三重态的猝灭效应,得到较高的转换效率。

国外不少作者对这种闪光灯进行了一系列详细的研究<sup>[1-3]</sup>。我们考虑了电极的结构,可以防止管壁消融物质堵塞抽气孔,有效地延长了使用寿命。估计每支灯在正常放电下可达二十万次以上。

从电极的形状来看,消融灯的结构可以分为凸型和凹型两种。本实验所采用的是凸型电极,其结构如图1所示。电极材料为不锈钢,灯管为厚壁石英管,灯内充以一定压力(5~15托)的空气即可投入工作。电极与石英管之间用橡胶管连接,这样既便于拆卸,也可减小由于放电产生的冲击力。为维持其恒压,一面用机械泵抽气,同时用一微调阀门不断充气,使之维持一个动态平衡。放电回路如图2所示。

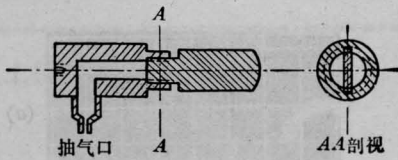


图1 电极结构

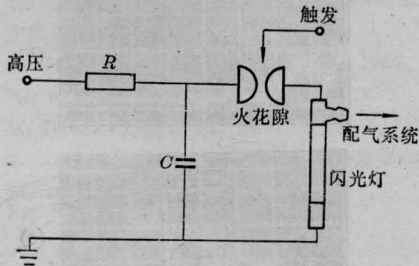


图2 闪光灯放电回路

闪光灯的发光强度与输入能量在一定范围内呈线性关系。但当输入能量超过某一定值时,效率明显下降,输出呈现饱和。对于较细的管子,我们观察到了这种饱和现象。图3、图4给出了闪光灯相对发光效率、输出能量与输入电能之间的关系。

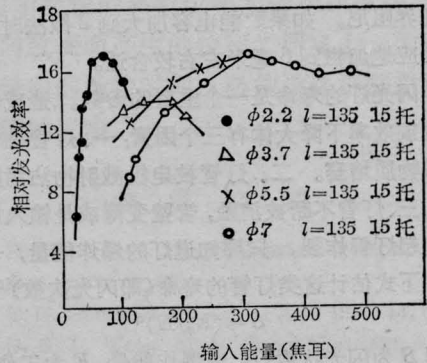


图3 闪光灯相对发光效率与输入电能的关系

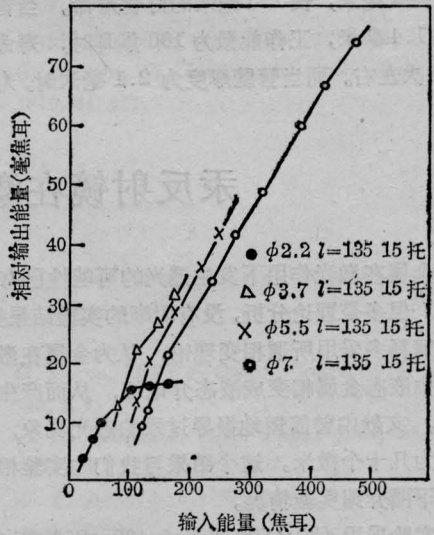


图4 闪光灯相对输出能量与输入电能的关系

闪光灯的放电回路可以看成是一个L-R-C串联电路。放电管的尺寸对放电回路的时间行为影响很大。考虑电路方程<sup>[4]</sup>

$$L \frac{di}{dt} \pm K_0 |i|^{1/2} \pm \frac{1}{C} \int_0^t i dt' = V_0 \quad (1)$$

$V_0$ 为充电电压, $i$ 为流过闪光灯的电流, $K_0 = K \frac{l}{D}$ ,其中 $l$ 为管子长度, $D$ 为管子内径, $K$ 表示管子特性的参数。电路方程的解可由数

$$\alpha = K_0 V_0^{-1/2} C^{1/4} L^{-1/4} = K V_0^{-1/2} l^{1/4} D^{-1} C^{1/4} L^{-1/4} \quad (2)$$

来确定。当 $\alpha = \alpha_0$ 时呈临界阻尼, $\alpha < \alpha_0$ 时方程呈欠阻尼, $\alpha > \alpha_0$ 时呈过阻尼现象。根据数值计算 $\alpha_0 \approx$

0.75<sup>[4]</sup>。

从文献给出的数据,对于我们的灯来说,推测出  $K \approx 2$ 。代入方程(2),取  $l=135$  毫米,  $D=4$  毫米,  $C=0.5$  微法,  $L=100$  毫微亨,电压  $V_0=20$  千伏,求得  $\alpha \approx 0.71$ 。所以,可认为我们的消融灯基本上接近于临界阻尼。如果贮能电容加大到 2 微法时,则管径相应地加粗到 6 毫米左右较合适。

闪光灯的寿命是一个重要的参数。造成消融灯失效或效率下降大体有三个因素:一、灯管抽气孔被消融物质堵塞。二、灯管被电极溅射物沾污降低效率。三、灯管不断被消融,管壁变薄或是输入电能太大引起灯管炸裂。只要知道灯的爆炸能量,一般可根据下式估计这类灯管的寿命(即闪光次数)<sup>[5]</sup>:

$$S = (E_a/E)^a \quad (3)$$

这里  $S$  为闪光次数,  $E_a$  为爆炸能量,  $E$  为工作能量,指数  $a$  一般为 9~10。我们利用这个经验公式估计了内径 4 毫米,长 135 毫米的灯管寿命。当管壁厚度为 1.4 毫米,工作能量为 100 焦耳时,寿命可达 3000 次左右。而当管壁厚度为 2.1 毫米时,寿命就

可增加到 20 万次以上。可见,使用厚壁石英管对于延长闪光灯的寿命是非常必要的。

用它来泵浦若丹明-6G 乙醇溶液的染料激光器,最大宽带能量达 300 毫焦耳/脉冲,效率为 0.23%,脉冲宽度 1.4 微秒。在谐振腔内插入选频元件,调频范围为 5700~6200 Å,线宽可压缩到 0.03 Å。

中国科技大学李江应同学参加了部分工作。

### 参考文献

- [1] 前田三男等;《应用物理》,1976, **45**, No.6, 534.
- [2] Y. Levy *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, No.8, 2293.
- [3] R. Goldst, F. N. Mastrup; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1967, **QE-3**, 521.
- [4] J. P. Markiewicz, J. L. Emmett; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1966, **QE-2**, 707.
- [5] 吉川省吾; *レーザーハンドブック*, 朝倉書店, 203 (1973).

(中国科学院物理研究所  
冯宝华 汤晓)

## 汞反射镜在激光作用下的透光问题

金属在激光作用下发生透光的可能性已有不少研究。但多是理论分析,没有明晰的实验结果报导。理论解释多采用所谓相变理论,认为金属在激光作用下由液态金属相变成液态介电相,从而产生透光效应。文献中曾简短地报导过汞的透光现象,汞层厚度为几十个微米。这个结果与我们的实验相差甚远。下面介绍实验情况。

实验采用  $\phi 30 \times 800$  毫米或  $\phi 20 \times 800$  毫米二种钨玻璃棒,  $\phi 30 \times 900$  毫米双灯泵浦。装汞的液槽二个侧壁为光学平板。用 0.2 厘米厚汞层做一个腔镜,构成半共焦稳定腔及不稳定腔,均观察到汞的透光现象。在低光泵水平下,输出脉冲前部为准连续状态,后部由于汞被加热而出现尖峰结构。再提高光泵水平,就能在汞镜后面接受到透光信号,如图 1 所示。为了详细测量汞镜的透光特性,我们采用图 2 装置进行实验。为了改变入射光能密度,使用了焦距等于 2 米的透镜。汞槽前加  $\phi 10$  光阑。汞槽厚度采用 0.1 厘米及 0.3 厘米二种。实验分别在汞镜后放光二极管、能量卡计及黑纸屏,以测量透光信号的时谱、能量和近场花样。

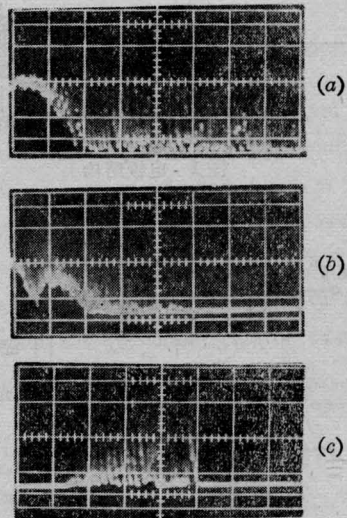


图 1 汞腔镜振荡与透光信号(半共焦腔)

- (a) 2500 伏振荡信号,扫描速度 0.2 毫秒/厘米,放大 0.1 伏/厘米;
- (b) 3500 伏振荡信号,扫描速度 0.5 毫秒/厘米,放大 0.2 伏/厘米;
- (c) 3500 伏透光信号,扫描速度 0.5 毫秒/厘米,放大 0.1 伏/厘米