

## 封离式高重复率铜蒸气激光器\*

**Abstract:** This paper describes the results on a high repetition rate copper vapor laser using copper halide as active medium. An experimental investigation was made of the dependence of average output power on temperature, repetition rate and power supply. Optimum operation temperature and repetition rate were determined. The sealed-off laser tube operated for 65 hours at an average output power of 0.5 W. A maximum output of 2 W was obtained from a tube of 325 mm active length and 12 mm inner diameter.

在脉冲金属蒸气激光器中,铜蒸气激光器是最有希望的。它有最佳的特性。第一,它运转在光谱区的黄-绿部分,在此波段缺乏很有效的激光器;第二,它有高的峰值功率(几百千瓦)和高的平均功率(几十瓦),总体效率达到1%以上<sup>[1,2]</sup>。

当以纯铜为激光介质时,工作温度在1500°C以上,这需要耐高温的陶瓷管作为放电管;应用卤化铜时,工作温度为400~650°C<sup>[3]</sup>,放电管就可以采用石英管,而且在电源功率不太大的情况下也能实现放电自加热,这给实验和使用带来很多方便。本工作就是研究以卤化铜为介质的高重复率铜蒸气激光的某些特性。激光放电管内径8毫米,由石英管制成,管长53厘米。放电距离30厘米,两端带有布儒斯特角窗。在管子近阳极端有一侧管,称为贮池,内充以CuCl。激光管连同CuCl在真空处理后充以20托氩气作为缓冲气体,然后从排气台上封离下来,即为封离式激光管。下面的参数测量和寿命试验就是在这种封离式激光管上作出的。

谐振腔由一曲率半径3米的5106 Å全反射镜和一平板玻璃构成,腔长78厘米。电源采用Blumlein线路,谐振充电,充氩潮流管ZQM1-400/16作为开关元件。电容量1.5毫微法,电源电压3~5.5千伏,重复频率10~30千赫。CuCl贮池用一小电炉加热,以获得必要的蒸气压。放电区的温度由放电自身维持,不需另外加热。用铂-铑热电偶探测贮池外壁温度,用DWT702精密温度控制仪监控。

改变CuCl贮池温度 $T$ ,测量激光5106 Å和5782 Å的平均输出功率 $P$ ,获得 $P-T$ 曲线,见图1。从曲线确定了最佳温度为470°C。从图1可见,曲线

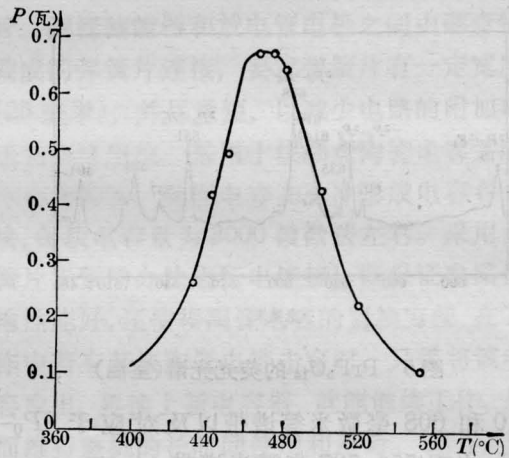


图1 激光平均输出功率 $P$ 与CuCl贮池温度 $T$ 的关系  
 $C=1.5$ 毫微法; $V=3.5$ 千伏; $f=16$ 千赫

较为尖锐。温度从最佳处偏离20°C,输出降低近1/4。这种特性是在较高CuCl浓度下由激发态动力学和气体放电稳定性所决定的。所以,为了获得稳定的激光输出,维持贮池温度在几度之内是必要的。

图2表示平均输出功率 $P$ 、激光脉冲能量密度 $\epsilon$ 与脉冲重复率 $f$ 的关系。平均功率 $P$ 随重复率 $f$ 的增加而增加。因为在 $f$ 增加时保持电压 $V$ 和电容量 $C$ 不变,所以 $f$ 的增加也反映出输入功率的增加。而激光脉冲能量密度 $\epsilon$ 开始随 $f$ 增加而增加,然后下降,在 $f=21$ 千赫处有最大值。 $\epsilon-f$ 曲线也反映了激光器效率与 $f$ 的相对关系。

我们知道,对于铜蒸气这类激光器来说,当以卤化铜为工作物质时,获得激光振荡至少要有两个放

\* 本文于1980年10月在南京召开的第五届全国激光学术报告会上宣读。

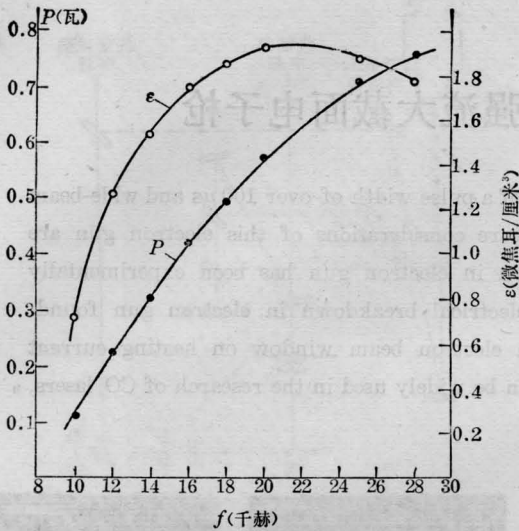


图2 平均输出功率  $P$  和激光脉冲能量密度  $\epsilon$  与脉冲重复频率  $f$  的关系  
 $C=1.5$  毫微法;  $V=4$  千伏

电脉冲。前一个脉冲把卤化铜分解,提供铜原子。第二个脉冲激发铜原子,产生激光辐射。两个脉冲间隔一定时,输出功率最大。当脉冲频率足够高时也可获得激光振荡。对于这种情况,每个放电脉冲即起到分解作用,也起到激发作用。但由于铜原子基态粒子数密度衰减速率比亚稳态粒子数密度衰减速率慢得多,累积效应使基态的铜原子密度增加,而对亚稳态的影响则要小得多<sup>[4]</sup>。这样,当频率从某一较低值增加时,输出会进一步增加;但是,当频率过高时,输出功率就反而减小了,亦即必然出现最佳脉冲频率。

图3表示平均功率  $P$  和激光器效率  $\eta$  与电源电压  $V$  的关系。 $P-V$  曲线指出,随着  $V$  增加(因而输入功率增加), $P$  增加。而  $\eta-V$  曲线有极值点出现,即在  $V=3.5$  千伏时激光器效率最高。在此点后,平均功率继续增加,但效率  $\eta$  逐渐降低。

我们以  $\text{CuCl}$  为介质的铜蒸气激光管 ( $\phi 8 \times 300$  毫米),在封离的情况下,以平均输出功率 0.5 瓦的水平,每次连续运转 3~4 小时,累积寿命 65 小时,而未发现管子损坏,但激光器效率从开始时的 0.085% 降至 0.065%。为了维持额定功率输出,充电电压作适当提高。每次启动几分钟即可出光,10 分钟达到热平衡,输出稳定。放电条件为:  $C=1.5$  毫微法,  $V=3.5 \sim 4$  千伏,  $f=16$  千赫。 $\text{CuCl}$  贮池维持最佳温度,  $\text{CuCl}$  的消耗速度为每小时 54 毫克。

对另一个以  $\text{CuCl}$  为介质的激光管 ( $\phi 8 \times 250$  毫

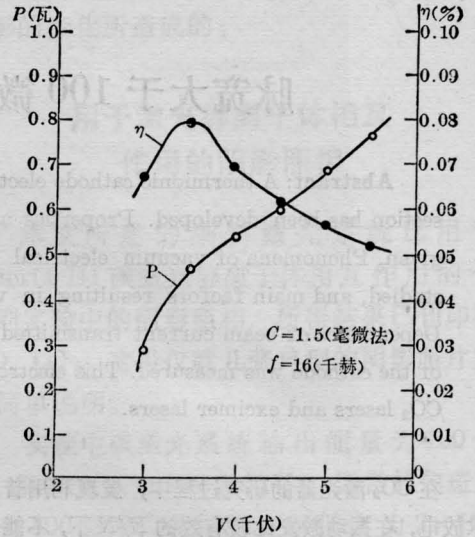


图3 平均输出功率  $P$  和激光器效率  $\eta$  与电源电压  $V$  的关系  
 $C=1.5$  (毫微法)  
 $f=16$  (千赫)

米),在  $C=1.5$  毫微法,  $V=4$  千伏和  $f=25$  千赫下,获得了超出 1 瓦的平均功率输出,激光脉冲能量密度 3 微焦耳/厘米<sup>3</sup>。

另外,对于  $\phi 12 \times 325$  毫米放电管,以  $\text{CuBr}$  为介质,在  $C=1.5$  毫微法,  $V=5$  千伏,  $f=20$  千赫,氖缓冲气压 94 托下获得最大平均振荡功率 2 瓦。

对于以铜的卤化物为介质的铜蒸气激光器,看来限制寿命的主要问题是污染问题。我们在实验中观察到在电极外侧管内沉积了大量工作物质产物,形成“咽喉”,减小了通光孔径,窗口也有某种程度的污染,这都导致激光器效率下降,输出功率降低。如果能切实解决这一问题,相信这类激光器寿命将大大延长。

## 参 考 文 献

- [1] Smilanski, G. Erez et al.; *Opt. Commun.*, 1979, **30**, No. 1.
- [2] A. A. Isaev et al.; *Sov. J. Quant. Electr.*, 1977, **7**, No. 7, 799.
- [3] D. W. Feldman et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**, No. 9, P64D.
- [4] C. S. Liu et al.; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, **QE-13**, No. 9, 744.

(中国科学院上海光机所 景春阳 梁宝根  
 张桂燕 尹宪华 仓永清 1981年6月  
 26日收稿)