

# 铜 蒸 气 激 光 器

梁宝根 景春阳 张桂燕 尹宪华 仓永清 韩绍琴

(中国科学院上海光机所)

**提要:** 以纯铜或铜的卤化物蒸气作激光工作物质, 利用高重复频率谐振布鲁林放电线路激励, 得到  $5106 \text{ \AA}$  和  $5782 \text{ \AA}$  激光输出。当充电电容量为 1.5 毫微法, 充电电压 6000 伏, 脉冲重复频率 16 千赫时, 激光平均输出功率为 1.2 瓦。

## A copper vapor laser

Liang Baogen Jing Chunyang Zhang Guiyan Yin Xianhua Cang Yunching Han Shaochen

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

**Abstract:** With copper vapor or copper halide vapor as laser medium, excited by high repetition frequency resonance Blumlein discharge circuit, laser outputs are obtained at  $5106 \text{ \AA}$  and  $5782 \text{ \AA}$ . For charge capacitance of 1.5 nf, charge voltage of 6000 V and a repetition rate of 16 kHz, the average output laser power is 1.2 W.

## 一、引 言

在脉冲金属蒸气激光器中铜原子蒸气激光器是较典型的一种。

铜蒸气激光器需要较高的工作温度和短脉冲激励, 所以带来了一系列技术上的困难。过去人们对它的发展缺乏兴趣。直到 1972 年苏联人试制成功平均功率 15 瓦的器件以后<sup>[1]</sup>, 才扭转了人们的看法, 掀起了改进和试制铜和其他金属蒸气激光器件的热潮。1973 年美国用铜的卤化物代替铜作为工作物质大大降低了所需要的工作温度<sup>[2]</sup>, 开辟了用金属化合物蒸气作为激光工作物质的途径。由于铜卤化物的动力学过程比纯铜复杂, 制成稳定适用器件还存在着许多问题。本文报导的是我们在这方面研究的一些结果。

## 二、实验装置和结果

采用铜或铜卤化物蒸气作为激光工作物质。我们知道金属蒸气一般在室温下有极低的蒸气压, 铜也不例外。但是, 要达到共振辐射俘获, 对于 1 厘米直径的管子最小的蒸气密度则要求为  $10^{13}$  厘米<sup>-3</sup>, 这样的蒸气密度只有在高温下才能达到。对于铜卤化物, 达到这个蒸气密度所需要的温度为  $300 \sim 600^\circ\text{C}$ , 我们是用放电自加热方法实现的。对于纯铜则需要加热到  $1500^\circ\text{C}$  以上, 我们是通过在放电管外的电炉先将其加热到  $1000^\circ\text{C}$ , 然后经过放电自加热达到  $1500^\circ\text{C}$  以上的高温。

放电管选用了内径  $\phi 8 \sim 12$  的石英管和陶瓷氧化铝管制成, 电极距离  $250 \sim 300$  毫米, 用铈钨电极经钎封与石英管连接。放电

收稿日期: 1979 年 11 月 30 日。

管两端磨成石英布氏角。在铜卤化物蒸气激光器中铜的卤化物置于放电管中部侧管内；而对于纯铜蒸气激光器，则将纯铜粉末沿陶瓷氧化铝管轴向均匀放置。管内充 20 托氩气作为缓冲气体。放电区用真空石英套或石棉布保温。

谐振腔由一块曲率半径 3 米对  $5106 \text{ \AA}$  全反射的多层介质膜镜和一块曲率半径 2 米或一平面对  $5106 \text{ \AA}$  透过 60% 的多层介质膜镜组成。相距 650~700 毫米。

因为铜的上激光能级寿命很短，约 10 毫微秒，在有共振辐射俘获的情况下能延长到 400~600 毫微秒，所以需要较快的电泵浦速率。我们是用多次重复频率谐振布鲁林充放电线路来实现这一要求的。图 1 是该线路示意图。其中电感  $L$  和电容  $C$  形成谐振充电线路。靠控制脉冲闸流管的触发频率来实现多次重复频率的充放电。选用 ZQM<sub>1</sub>-400/16 脉冲氢闸流管作为开关元件，其栅极触发脉冲由串接于闸流管 ZQM<sub>1</sub>-3.5/3 上的脉冲变压器输出级供应，而后者则由一频率可调的脉冲信号发生器控制。当电容  $C$  通过电感  $L$  谐振充电到电压  $U_0$  后，放电自靠近闸流管一边的电容器开始，以其本身的特征频率振荡，电容器  $C$  上的电压自初始值  $U_0$  通过零下降到负  $U_0$ ，若此时激光管未接入线路，则两电容器上的电位差可达到两倍  $U_0$  值。接入激光管后，电容  $C$  以电流  $I$  穿过激光管本身的

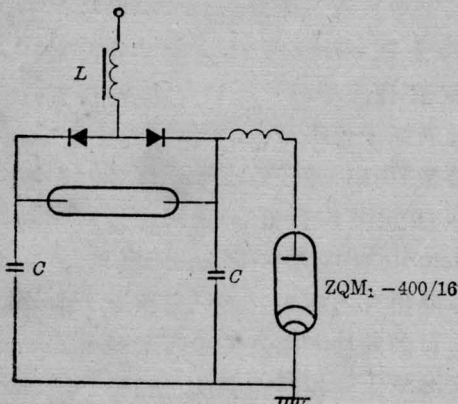


图 1 充放电线路示意图

感抗、纯电阻和线路杂散电感放电。因这时闸流管已经导通，所以闸流管开关时间对激光管放电路径没有影响。线路与激光管匹配恰当，就能得到较高的效率。

图 2 给出了充放电电压波形。由图可见，充电电压近于线性上升，这是由于我们使用的充电电感较大，而它与工作电容形成的线路谐振频率低于控制脉冲闸流管工作频率的结果。由于放电速度很快，图中放电波形只隐约可见。用儒柯夫斯基线圈置于线路中测量了激光管放电电流波形(图 3)。其峰值电流为 ~200 安培。电压和电流波形的测量都是在充电电容量 1 毫微法，充电电压 3500 伏，脉冲重复频率 10 千赫，使用  $\phi 8 \times 250$  激光管情况下进行的。

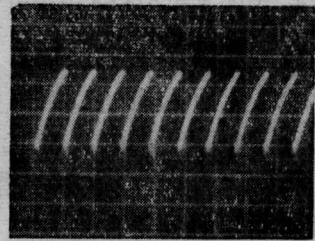


图 2 充放电电压波形  
时标 0.1 毫秒/厘米

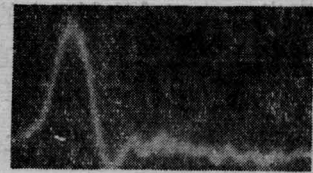


图 3 放电电流波形  
幅度 10 伏/厘米；时标 50 毫微秒/厘米

在我们实验条件下，激光管经自加热到出光一般在五分钟之内。 $5106 \text{ \AA}$  激光输出随温度由小逐渐增大到一相对稳定值，同时在对  $5106 \text{ \AA}$  全反射的那面镜端可观察到  $5782 \text{ \AA}$  激光输出。

对于铜卤化物蒸气激光器，在激光管内径  $\phi 12$ 、极间距 300 毫米、充电电容量 1.5 毫微法、充电电压 6000 伏、脉冲重复频率 16 千赫时，激光输出平均功率为 1.2 瓦。

对于纯铜蒸气激光器 ( $\phi 8 \times 250$ ), 在充电电容量 2 毫微法、充电电压 6000 伏、脉冲重复频率 10 千赫时, 激光器输出平均功率为 150 毫瓦。

用去掉出射狭缝的圆盘单色仪拍摄了 5106 Å 和 5782 Å 光谱线 (图 4)。图中汞光谱线是比较线。

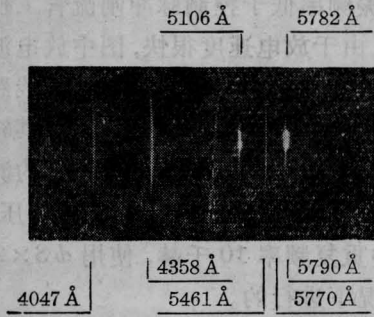
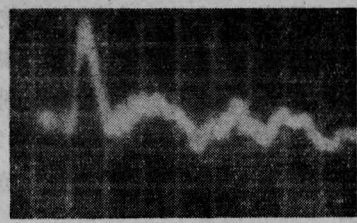


图 4 5106 Å 和 5782 Å 光谱线  
(汞线作为比较线)

用 IP-21 光电倍增管接收并通过 SS-6300 示波器拍摄了 5106 Å 激光输出波形 (图 5), 半极大值全宽度为 30 毫微秒。放电条件等同于电参量测量。

在实验中发现, 铜卤化物在工作过程中的不断消耗是这类激光器件出光寿命不长的一个重要因素。在正确控制温度的前提下, 增加充料量是延长出光寿命的最直观的方法。我们的激光器 ( $\phi 8 \times 250$ ) 充料量大约为 2 克, 稳定出光时间在 15 小时以上。这类激



a) 时标 50 毫微秒/厘米



b) 时标 0.1 毫秒/厘米

图 5 5106 Å 激光波形

光器在寿命后期往往会出现较强烈的放电通道抖动、弯曲和收细现象, 这与放电过程中出现的电泳效应有较密切的关系。电泳效应促使在放电通道中铜粒子密度逐渐减小, 在得不到及时补充的情况下  $E/N$  值逐渐增大, 导致放电极不稳定, 甚至会突然熄灭。

### 参 考 文 献

[1] A. A. Исаев и ДР.; *Письма в ЖЭТФ*, 1972, **16**, №1, 40.  
 [2] L. A. Weaver *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, **QE-9**, 645.  
 C. S. Liu *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **23**, 92.  
 L. A. Weaver *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1974, **QE-10**, 140.

