

# 封闭式高重复脉冲铜蒸气激光

邱明新 梁德祺 邵子文 丁胜懋 章锦鸿  
张惠芬 王兴因 张克念 刘邦珍

(上海市激光技术研究所)

## A sealed copper vapor laser with high repetition rate

Qiu Mingxin Liang Degi Shao Ziwen  
Ding Shengmao Zhang Jinhong Zhang Hui fen  
Wang Xinnan Zhang Kenian Liu Bangzheng

(Shanghai Institute of Laser Technology)

### Abstract

Experimental results of a copper vapor laser are reported, in which copper halide is used as lasing material. Maximum output of 72 mW was obtained when the laser operated continually for over 3 hours each time with a total operating time of 30 hours by using a sealed tube of 28 cm active length at the discharging pulse frequency of 14 KC. In addition, laser output is obtained by discharge of double pulse with two ball gaps. Finally, applicability of copper vapor laser is discussed.

### 一、引言

铜蒸气激光具有高增益、高功率和高效率等特点,受到普遍的注意。最初的铜蒸气激光是用纯铜在氧化铝管中加热到 1500°C 而产生铜蒸气作为工作物质的<sup>[1]</sup>。人们为了降低工作温度,找到了卤化铜作为工作物质,使激光的运转温度在 400°C 至 600°C,而激光的功率仍保持不变<sup>[2]</sup>。卤化铜激光最初是采用双脉冲工作方式,第一个放电脉冲产生卤化铜的分解,第二个放电脉冲则使铜原子在电子碰撞下激发到激光上能级。1974 年,双

脉冲激励的想法被发展成为多脉冲激励<sup>[3]</sup>,每一放电脉冲既产生铜原子的激发,又产生卤化铜的分解,以提供给下一放电脉冲足够的铜原子,两个放电脉冲的时间间隔仍等于所需要的延迟时间。国外报导氯化铜封闭式铜蒸气激光一次只能工作几分钟<sup>[4]</sup>,溴化铜流动式的铜蒸气激光总寿命为 68 小时<sup>[5]</sup>。

本文分析了以卤化铜为工作物质的铜蒸气激光的运转条件,在 14 千周的放电脉冲频率下,激光输出每次持续 3 小时以上,共工作 30 小时。另外,也用两个球隙进行双脉冲放

收稿日期: 1979 年 2 月 7 日。

电。重复脉冲与双脉冲放电都得到了波长为 5106 埃和 5782 埃的铜蒸气激光。

## 二、高重复频率铜激光的实验结果

高重复频率放电时，每一个放电脉冲既是分解脉冲又是激发脉冲，脉冲间距为所需要的延迟时间。在我们所用的管径下，选取脉冲时间间隔小于 100 微秒。考虑到重复脉冲为偶函数，谐振充电的傅里叶频谱基频为

$$f = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}} \quad (1)$$

式中  $L$  为串联谐振充电回路的电感，取为 0.4 亨利， $C$  为储能电容，取为 1500 微微法，由式(1)得  $f = 13.1$  千周。

当触发放电脉冲频率与充电谐振回路频率不一样时，激光输出功率迅速降低。图 1 为测量结果，测得的谐振频率为 14 千周。

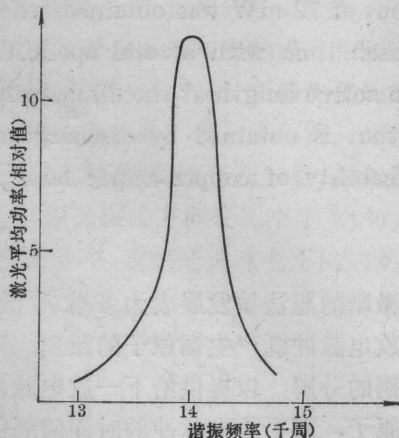


图 1 LC 充电网络的谐振特性

用光电管测量光脉冲波形，其波形比较规则，宽度为 50 毫微秒。激光平均输出功率与温度的关系如图 2 所示，激光平均功率的最大值在 480°C 左右。

激光平均功率与电容充电电压的关系曲线如图 3 所示，该曲线是在充氩气 20 托气压下测得的，当温度为 480°C 时，激光平均功率几乎随放电电压线性增加。

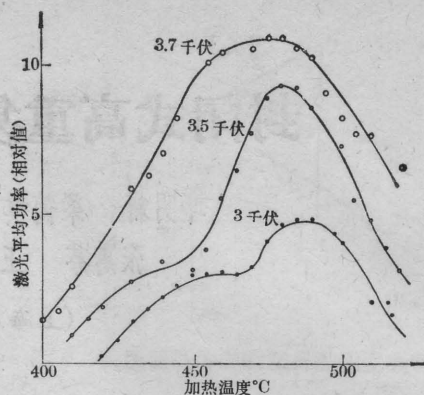


图 2 激光平均功率与加热温度的关系

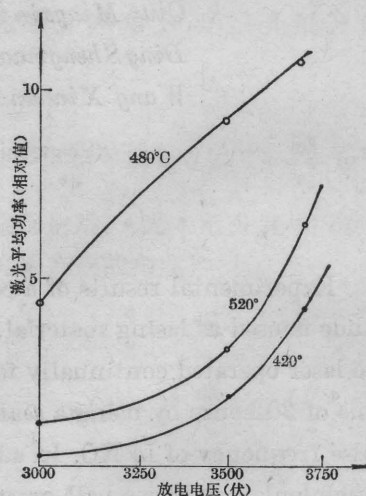


图 3 激光平均功率与放电电压的关系

激光器共工作了 30 小时，每次可持续输出 3 小时以上，激光器内的气体是不流动的。30 小时后氩气被溅射吸收 10%。因此激光器寿命主要决定于布氏窗口的污染。在 15% 耦合反射镜情况下，最大激光输出功率为 72 毫瓦，每脉冲输出能量 5 微焦耳，是用 LW-1 型激光功率计测得的。激光波长为 5106 埃和 5782 埃。

## 三、双脉冲激励的铜蒸气激光实验结果

双脉冲放电时，第一个脉冲使卤化铜分解，由于没有积累效应，故需较大的能量，因

此用较大的 0.2 微法储能电容。通常利用闸流管作第一个放电电容的触发器，因为对放电脉宽不要求很窄，一般的闸流管就可以了。而第二个放电触发器要求脉冲上升时间很陡，才能使激光激发，我们的实验中两个放电脉冲都采用了通流动氮气的火花隙来控制触发。放电回路如图 4。

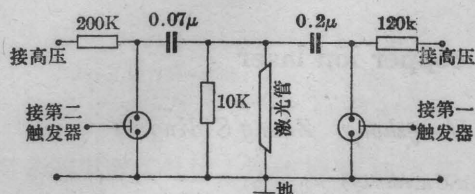


图 4 双脉冲激励的铜激光器回路

第一个触发器输出的触发脉冲与第二个触发器输出的触发脉冲之间的时间延迟为 25 至 110 微秒连续可调，在此范围内都产生了激光。激光管内充以氖气。温度在 320°C 至 500°C 之间都能得到激光输出，475°C 时激光功率最大，此最大值与高重复频率放电激励的情况一致，但在高重复频率运转时由于激发脉冲的电容量比双脉冲激励的电容量小很多，故在低温情况下不能形成振荡。而双脉冲放电时，由于有足够的放电能量，虽在较低的温度和较低的蒸汽压下仍能通过放电产生足够的铜原子，因而获得激光。实验发现，在较低温度时出黄激光，而较高温度时绿激光增强，超过了黄激光。

充以氖气时，只是在 400~500°C 之间，得到以氯化铜为激活介质的铜蒸气激光输出。温度范围比充氦气时为窄，低温时不能振荡。这反映出氖气和氦气对于产生铜蒸气激光的作用过程是不同的<sup>[6]</sup>。充氦气对铜激光的产生显然比较有利。

当电压为 8500 伏，充氦时双脉冲放电的铜蒸气激光每次脉冲输出的激光能量为 30 微焦耳，比高重复频率时为大，但高重复频率

运转时只加到 3700 伏的电压。

#### 四、实用化问题的讨论

铜蒸气激光实用化问题主要是指：有足够的输出功率、足够长的寿命和激光输出的稳定性等。

① 输出功率问题 由于我们实验中采用耦合仅为 15% 的反射镜，并且由于电源的原工作电压低于 4000 伏，使激光输出功率受到限制。如果采用透过率为 80% 的反射镜，则输出功率预计可增加数倍。另外将工作电压提高到二万伏，则激光能量预计也会增加数倍，平均功率可达到瓦级以上。

② 激光器的寿命 如上所述，激光器寿命取决于布氏窗被卤化铜、卤素和铜原子的污染。增加布氏窗至激光工作区之间的缓冲距离，例如工作区为 28 毫米，激光管长度可设计为 2 米。同时，将激光工作在数百托氖气压下，这将使扩散到布氏窗的氯化亚铜的速率大大下降，从而增长激光器寿命。

③ 激光输出的稳定性 激光输出功率的稳定性取决于电子线路的稳定性和激光器放电参量的变化。前者是可以解决的，而后者则是随机的。但在我们实验中，放电参量的起伏变化并不严重。

#### 参 考 文 献

- [1] B. G. Bricks *et al.*; *IEEE J. Quantum Electronics*, **QE-11**, 4357D (1974).
- [2] C. S. Liu *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, **23**, 92 (1973).
- [3] I. Liberman *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, **25**, 334 (1974).
- [4] C. J. Chen *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, **27**, 504 (1975).
- [5] C. J. Chen *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, **33**, 146 (1978).
- [6] I. Smilanski *et al.*; *JOSA*, **68**, 713 (1978).