

# 激光工作参数对铜蒸气激光器振荡—放大链最佳延时影响的实验研究

王小伟 梁爽 张降元 符春保 张立原

(核工业理化工程研究院, 天津 300180)

**提要** 本文研究了氖气压、输入电压、管壁温度和放电管气氛对铜蒸气激光器振荡—放大链最佳延时的影响。结果表明,激光工作参数对黄光影响较大。当激光工作参数改变时,最佳延时相对于最大放大区(10 ns)有较大的变化。

**关键词** 铜蒸气激光器, 振荡—放大链, 最佳延时

## Experimental investigation of influence of CVL operating parameters on optimal delay of CVL oscillator-amplifier chain

Wang Xiaowei, Liang Shuang, Zhang Jiangyuan, Fu Chubao, Zhang Liyuan

(Institute of Physical and Chemical Engineering CNNC, Tianjin 300180)

**Abstract** Influence of Ne pressure, input voltage, wall temperature and discharge tube atmosphere on optimal delay of the CVL oscillator-amplifier chain is studied. Experiments show that influence of laser operating parameters on the yellow light optimal delay is larger than that of green light. When laser operating parameters change, the optimal delay has larger variation relative to maximum amplification region (10 ns).

**Key words** CVL, oscillator-amplifier chain, optimal delay

## 1 引言

在铜蒸气激光振荡—放大链中,只有在放大器粒子数反转达到最佳状态时,振荡光注入才能获得最大的增益,即存在一个最佳延时。如果延时不当,功率不仅得不到放大,反而会被吸收<sup>[1,2]</sup>。影响最佳延时的因素不仅与激光器闸流管的抖动及放电管内杂质的含量有关,而且还与激光器输入电压、缓冲气体压力、管壁温度和放电管气氛有关。本文详细研究了输入电压、氖气压、管壁温度等激光工作参数对延时的影响。

## 2 实验装置

实验装置如图 1 所示。

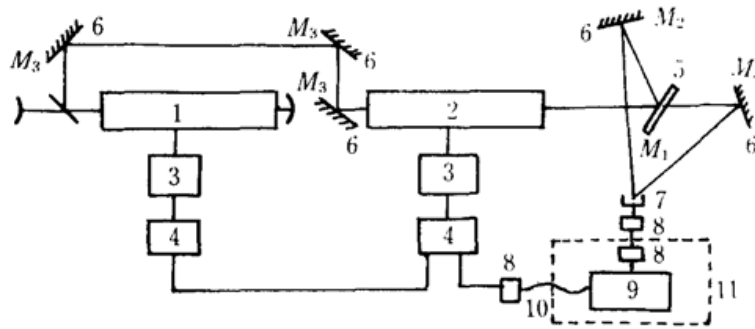


Fig. 1 Experimental setup

1—CVL oscillator; 2—CVL amplifier; 3—Laser power supply; 4—Pulse generator;  
5—Beam splitter; 6—Reflective mirror; 7—Photocell; 8—Electrical amplification;  
9—Computer; 10—Opto-electrical coupling fiber; 11—Shielding room

本实验采用两台放电自加热式铜蒸气激光器组成振荡—放大链。两台激光器放电管径  $\phi$  35 mm, 长 1100 mm。一台铜蒸气激光器采用非稳腔构成振荡器。振荡器产生的光经  $M_3$  进入放大器进行光放大。放大的光经  $M_1$  绿光透过、黄光反射后, 再经全反镜  $M_4$  进入光电池。黄光经  $M_1$  全反后, 经  $M_2$  与绿光交替送入同一光电池。当激光工作参数改变时, 由计算机系统处理光电池接收来的电信号, 经程序判断后, 输出一控制电压信号给放大器的脉冲发生器, 通过改变脉冲前沿, 自动调整激光器的最佳延时。通过计算机输出给放大器脉冲发生器的电压控制信号, 来得到最佳延时量的改变值<sup>[3]</sup>。由于计算机系统是多次采样平均, 而且经过反复调整, 这样读出的信号便可基本消除闸流管抖动的影响。延时测量精度为 1.2 ns (控制电压变化 20 mV 对应 1.2 ns)。本实验激光工作参数均指放大器的参数, 改变振荡器的参数, 其结果是一样的。

## 3 实验结果与分析

### 3.1 氖气压对最佳延时的影响

固定输入功率, 改变放大器的氖气压, 所得到的氖气压对最佳延时的影响如图 2。

由图中可以看出, 随着氖气压的上升, 最佳延时均呈上升的趋势, 绿光随氖气压上升近似线性增长, 而黄光则具有较大的变化, 即氖气压对黄光的影响较绿光大。工作气压从 1 kPa 增加到 6.5 kPa, 绿光和黄光延时变化了 20 ns 和 35 ns。气压较小时, 对延时影响较大。我们知

道, 氖气在激光产生过程中, 不仅保证气体放电, 同时参与激光下能级粒子的弛豫。整个激光过程中, 影响着放电阻抗的水平。氖气压上升, 电子与氖原子碰撞频率增加, 使放电阻抗增加<sup>[4]</sup>。其结果导致放电脉冲上升沿变缓, 最佳反转粒子数形成时间变长, 最佳延时增加。黄光最佳延时变化较大, 是因为其粒子数反转需要较大的电子能量<sup>[2]</sup>, 而高氖气压则使达到最佳满足黄光粒子数反转的电子温度所需要的时间变得更长了的缘故。

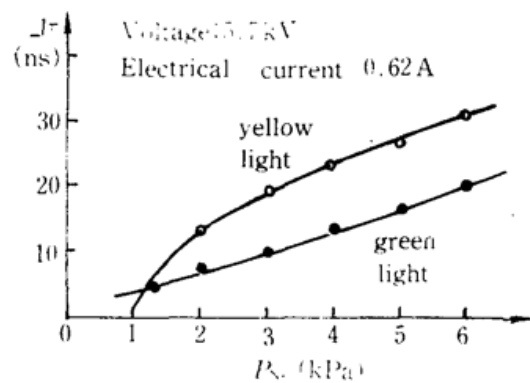


Fig. 2 Optimal delay variation as a function of Ne pressure

### 3.2 输入电压对最佳延时的影响

固定氖气压,保持管壁温度基本不变,改变输入电压,可以得到输入电压对延时的影响的关系曲线,如图 3 所示。

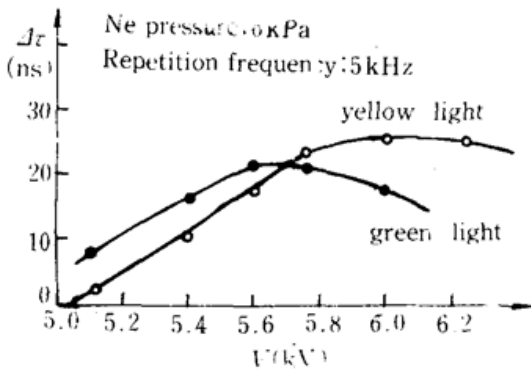


Fig. 3 Optimal delay variation as a function of input voltage

图中  $\Delta\tau$  表示最佳延时变化量。图 3 表明,电压从 5 kV 上升到 6.5 kV,延时变化了约 26 ns。输入电压变化时,随输入电压的上升,最佳延时量变化呈上升趋势。而输入电压大到一定程度时,最佳延时量又有减少的趋势。黄光对输入电压的变化较敏感,变化也较大。输入电压较低时,电子温度较低,激光上能级泵浦速度较小,即反转开始不久,下能级粒子由于自发辐射布居的增加,使得反转困难,形成的脉宽较窄,峰值前移;而随着输入电压的上升,泵浦加强,脉宽变宽,使得激光脉冲峰值后退,导致最佳延

时变长,电压达到一定程度时,泵浦过强,下能级热分布增加,又将导致出光脉冲变窄,峰值前移使最佳延时变短。

### 3.3 管壁温度对最佳延时的影响

固定氖气压,改变输入电压和电流,即输入功率,利用精密光学高温计(VGJ-01)便可得到管壁温度与最佳延时的变化曲线。如图 4 所示。

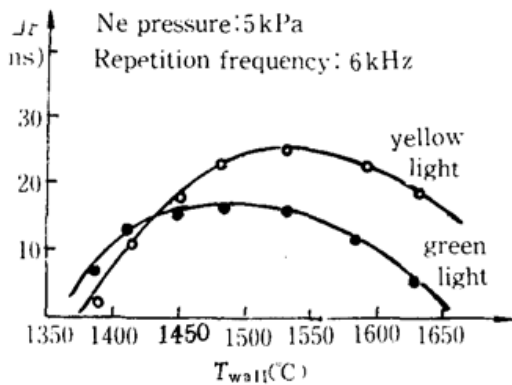


Fig. 4 Optimal delay variation as a function of wall temperature

由图 4 可以看出,温度对最佳延时影响较大。温度升高时,最佳延时呈增加趋势,到达最佳工作温度(1450~1550 °C)区,最佳延时又有减少的趋势。温度从 1350~1650 °C,最佳延时变化量为绿光 18 ns,黄光 27 ns。随管壁温度的升高,铜原子蒸发量指数上升,参与粒子数反转量增加,反转持续时间变长导致产生激光的脉冲峰值后移的趋势,宏观上则表现为最佳延时量增加。当温度超过最佳温度以后,铜原子的增多和过高的电子密度会使电子减速太大,亚稳态布居数增多,同样使参与反转的粒子数减小,

短的反转时间使激光脉冲宽度变小,峰值前移,宏观上表现为最佳延时的减小。

### 3.4 放电管气氛对最佳延时的影响

所谓放电管气氛是指放电陶瓷管内含有杂质气体的程度。放电气氛好,即放电管内含杂质气体量少。已经发现的杂质气体有  $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  及  $Na$ ,  $Ca$  等。 $H_2$  和  $O_2$  由于电子亲和性,易使水蒸气和氧气吸收电子形成复合体,增加放电气体阻抗<sup>[4]</sup>。 $N_2$  在碰撞能量转移中,使铜原子保持在亚稳态上。杂质气体不仅使气体放电阻抗发生变化,而且参与激光发光过程,使最佳延时的变化呈现一定的随机性。图 5 中曲线(1)是处理次数较少情况下,长时间测得的延时随工作时间变化的曲线。

实际实验中总是经过反复放电加热处理来减少杂质气体的含量,经过几十小时的连续工

作,减少腔内杂质含量,发现最佳延时的漂移量大大减小了。图5曲线(2)为多次处理后测得的一组曲线。

前面研究激光工作参数对最佳延时影响时,都是在激光器多次处理后进行的,可以认为基本消除了由于气氛的变化对测量参数的误差。

本文是在徐品方研究员、俞沛增研究员指导下完成的,实验过程中得到诸旭辉研究员的关心和支持,同时也与中国科学院上海光机所梁培辉研究员进行了有益的讨论,在此表示诚挚的感谢。

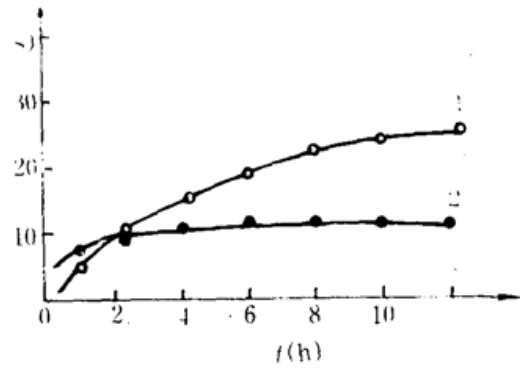


Fig. 5 Influence of impurity in laser tube on optimal delay

### 参 考 文 献

- 1 R. S. Hargrove *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-15**, 1228(1979)
- 2 梁培辉 *et al.*, *中国激光*, **14**(1), 46(1987)
- 3 梁培辉 *et al.*, *中国激光*, **17**, 增刊(激光器件专集), 50(1990)
- 4 J. K. Mittal *et al.*, *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, **21**, 388(1988)