

## 铜激光光脉冲的时间特性

吴泽华 汪永江 夏铁君 孙威 应锡雄  
(浙江大学物理系)

**提要:** 测量了铜激光两种波长 510.6 nm 和 578.2 nm 光脉冲的抽运时间与氖压和充电电压间的关系。波长 578.2 nm 的光脉冲的抽运时间在不同氖压下随电压的增加而缩短。波长 510.6 nm 光脉冲的抽运时间与电压的关系对氖压较为敏感。

### Time characteristics of light pulses from copper vapor lasers

Wu Zehua, Wang Yongjiang, Xia Tiejun, Sun Wie, Ying Xixiong  
(Zhejiang University, Hangzhou)

**Abstract:** The dependence of pumping time of light pulses of 510.6 nm and 578.2 nm copper vapor laser lines on neon pressure and discharge voltage has been measured. The pumping time of 578.2 nm laser pulses with different neon pressures decreases as the discharge voltage increases, and that of 510.6 nm laser line is more sensitive with respect to neon pressure.

### 一、引言

铜激光是以脉冲方式工作的。光脉冲时间特性与激光的脉冲宽度, 脉冲能量和峰值功率有关, 并与抽运机理和粒子数反转随时间的演变存在密切关系。所以, 对光脉冲时间特性的研究是有意义的。在光脉冲方面已做过一些工作<sup>[1,2]</sup>。本文首次报道铜激光光脉冲的时间特性与充电电压和缓冲气体压强的关系, 并就这些规律作了初步的说明。

### 二、实验方法

将铜激光分成波长 510.6 nm 和 578.2

nm 两束, 同时被两个平面光电二极管接收。放电电流波形由放电回路中的电流变压器的输出端得到。这些脉冲信号一律由示波器进行显示。

### 三、结果与讨论

(1) 当 CVL 运转温度不是过高时, 绿光脉冲总是先于黄光脉冲<sup>[3]</sup>。本文报道的实验中 CVL 正是工作于这一温度区域。从图 1 可见, 在电压变化的整个区域内, 黄光脉冲都出现得比绿光晚。这反映了这样一个事实, 由于铜原子黄绿光的上能级  $^2P_{1/2}$  与  $^2P_{3/2}$  能量之差仅 0.02 eV, 远小于此二能级与基

收稿日期: 1987 年 1 月 2 日。

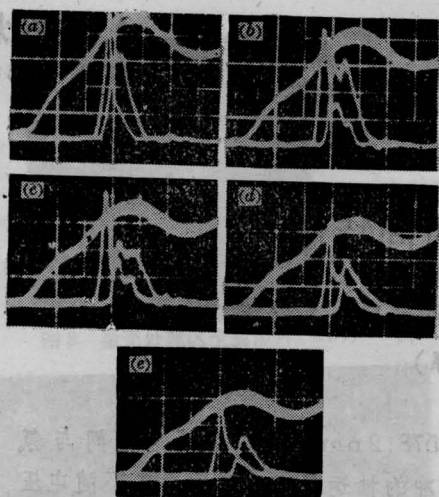


图1 在不同充电电压下, 电流脉冲以及波长 510.6 nm 和 578.2 nm 的光脉冲  
(a) 4.3kV; (b) 4.2kV; (c) 4.1kV;  
(d) 4.0kV; (e) 3.8kV

态间的能量差 3.8 eV, 因此, 在激励脉冲过程中两能级布居数主要决定于它们的统计权重之比  $g(^2P_{3/2})/g(^2P_{1/2})=2$ 。在达到阈值以前, 在一定程度上, 布居数反转可以近似地考虑为上能级的布居数。因此, 在黄光达到阈值之前, 绿光已经达到, 所以, 绿光脉冲较黄光出现得早。

(2) 氖压 140 Torr 时, 示波器显示的放电电流脉冲和黄绿光脉冲如图 1 所示。以电流脉冲开始上升的时刻作为计时起点, 到光脉冲开始出现, 这一段时间称为抽运时间。抽运时间明显地与脉冲重复率、氖压、管温、电流上升率、抽运速率和亚稳态铜原子的弛豫等有联系。

抽运时间  $t$ 、电流上升率与充电电压  $U$  的关系如图 2 所示。图 2(a) 表示当氖压保持 70 Torr 不变, 充电电压升高, 电流上升率增大, 黄绿光抽运时间的缩短是近乎线性的。图 2(b) 表示氖压为 140 Torr 时相应的规律。可以看出, 黄光的抽运时间仍随充电电压的增加而缩短。但是, 绿光的抽运时间几乎不随充电电压变化。可见, 绿光的抽运时间与电压的关系对氖压较为敏感。这是由于绿光的

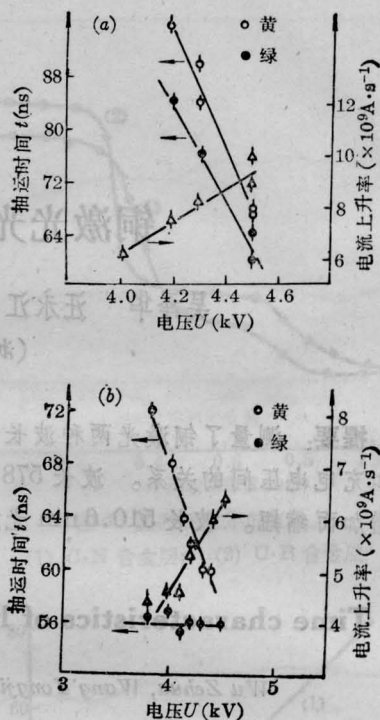


图2 抽运时间和电流上升与放电电压的关系  
(a) 70 Torr; (b) 140 Torr

下能级比黄光的下能级低得多, 绿光的亚稳态的初始布居数多于黄光。而氖原子是影响余辉期间亚稳态消激励的因素之一, 故改变氖气压强时, 绿光的亚稳态布居数会受到更大的影响, 进而使绿光比黄光对氖压的变化更为敏感。同时, 我们从图 2 也可以看到, 这种敏感程度随着电压的升高而降低, 这可能是因为随着电压的升高, 上能级的激励变得更为有效, 亚稳态的影响相应就减弱了。

在一定氖压下, 充电电压增加, 抽运时间变短, 这一实验规律与下列因素有关: 其一, 电压升高, 放电管温度升高, 铜基态原子密度增加。表 1 列出了氖压、起始充电电压、起始管温、电压改变 0.5 kV 后管温的改变和铜原子密度变化的百分比。

表中管壁温度的变化是用百分表测陶瓷管两端的伸长, 然后换算后估计的。经过测量, 所用陶瓷管的热膨胀系数为  $2.7 \times 10^{-6}$

表 1

氦压 (Torr)	起始充 电电压 (kV)	起始管温 (°C)	电压改变 0.5 kV 后管温的 改变(°C)	$\Delta n/n$
70	4.5	1500	296	0.17
140	4.5	1703	407	0.21
190	4.7	1778	370	0.18

[°C]<sup>-1</sup>。假定把铜蒸气当作理想气体, 则可用

$$\frac{\Delta n}{n} = -\frac{\Delta T}{T}$$

估计由于电压变化所引起的管温度变化率, 进而推算出铜原子密度的变化率  $\Delta n/n$ 。从表中可以看出, 虽然电压变化量相同, 由于氦压不同, 管温的改变是不尽相同的。在三种氦压下, 铜原子密度的变化百分比都在 20% 左右。所以, 充电电压的改变, 会引起铜原子密度相当大的变化。其二, 充电电压升高, 电流上升率增大, 使电子密度的变化率增大, 也

使放电等离子体的电子温度增加, 从而使铜原子激发率增加。以上这两个因素可能是导致充电电压增加、抽运时间缩短的主要原因。

从图 2 还可看到, 氦压由 70 Torr 增为 140 Torr, 电压 4.5 kV 时, 电流上升率由  $9.0 \times 10^9 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$  降为  $6.4 \times 10^9 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其原因可能是由于氦压增加以后, 电子冷却得快, 电子与铜离子复合较快, 使余辉电子密度减少, 放电管阻抗增加<sup>[4]</sup>, 结果导致电流上升率随氦压的增加而减小。

### 参 考 文 献

- 1 Isaev A A, Kazayan M A. *Sov. J. Quant. Electr.*, 1977; **7**: 232
- 2 Karras T W. *International Conference on Laser*, 1980: 139
- 3 应锡雄 *et al.* *光学学报*, 1986; **6**: 870
- 4 Kushner M J, Culick F E. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1980; **QE-16**: 677

(上接第 527 页)



2.9 2.95 3.0 3.1 3.2 3.4 kV

图 13 片状激光器脉冲运转时, 在不同输入电压下的激光近场光斑图

十分感谢曹渭楼、张梅珍二位同志在激光实验中的热情帮助, 感谢邓锡铭教授对本工作的关怀及提出的宝贵意见。

### 参 考 文 献

- 1 周永宗, 邓佩珍. *硅酸盐学报*, 1983; **11** (3): 357
- 2 Zhou Yongzong. *J. Crystal Growth*, 1986; **78**: 31
- 3 张梅珍, 李成富. *中国激光*, 1984; **11**: 665
- 4 张梅珍 *et al.* *应用激光*, 1986; **6**(6): 256
- 5 梁铨廷主编. *物理光学*, 机械工业出版社, 1981: 167
- 6 邓佩珍 *et al.* *硅酸盐学报*, 1987; **15** (2): 168
- 7 邓佩珍, 张守都. *硅酸盐学报*, 1979; **7**: 183
- 8 J 弗理埃德尔. 位错, 科学出版社, 1984: 221
- 9 乔景文, 邓佩珍. *人工晶体*, 1986; **16** (1): 69
- 10 中国科学院上海光机所检验组. *物理学报*, 1976; **25** (4): 284