

文章编号: 1001-3806(2002)04-0290-02

## Ca<sup>+</sup> 和 CuBr 自终止激光脉冲延迟的研究

留 庆 朱加民

(丽水师专物理系, 丽水, 323000)

摘要: 实验表明, 钙离子激光脉冲在高频率工作条件下, 激光脉冲会有所提前; 而对于 CuBr 激光, 其激光脉冲的延时时间与工作温度及工作频率有关, 有可能出现于电流脉冲的后沿。分析了产生此现象的原因。

关键词: CuBr 激光; Ca<sup>+</sup> 自终止激光; 光电脉冲; 延迟时间

中图分类号: TN248.2<sup>+</sup>1 文献标识码: A

### Study on Ca<sup>+</sup>, CuBr self-terminating laser pulse

Liu Qing, Zhu Jiamin

(Department of Physics, Lishui Teachers College, Lishui, 323000)

**Abstract:** Experimental studies indicate that in high frequency Ca lasers, laser pulse may be ahead of schedule, but the delay time of CuBr laser pulse is related with temperature and frequency, the pulse can occur at the post edge of the current pulse. The phenomenon is explained in the paper.

**Key words:** CuBr laser; Ca<sup>+</sup> self terminating laser; light current laser; delay time

### 引 言

根据 Walter 经典论文<sup>[1]</sup>的分析, 对于自终止类型的激光, 由于自终止效应的存在, 光脉冲原则上应当产生于电流脉冲的前沿。当然, 对于离子型的激光, Walter 认为, 由于原子电离需要一定的时间, 例如钙离子激光, 就比铜原子激光要滞后约 8ns。

CuBr 激光是为了避免铜蒸气激光器的高温运转而应运产生的<sup>[2]</sup>。主要考虑到 CuBr 的分解问题, 采用了双脉冲放电技术。前一个脉冲通过电激励用于分解 CuBr 分子, 得到铜原子气体, 后一个电脉冲用于激发铜原子, 得到铜激光的输出。这种方式的实现, 为降低铜激光的工作温度起到了十分显著的效果。由于采用双脉冲激发, 后一个电脉冲实际上仍然激发的是铜原子, 故而激光脉冲出现于电流脉冲的前沿, 相对于铜原子激光, 并未有时间的延迟。后来随着对自终止激光机理研究的深入和电路的简化改进, 大多采用了高频重复脉冲的放电方式。一般通过本次电脉冲分解 CuBr 分子得到或利用上次脉冲分解尚未复合的铜原子, 得到电激励后获得

激光脉冲的输出。由于沿袭以前关于自终止激光的思路, 一般也认为激光脉冲应出现于电流脉冲的前沿。而笔者的实验结果却正好与此相反。

实验表明: 钙离子激光脉冲在高频率工作条件下, 光脉冲会有所提前; 而对于 CuBr 激光, 其光脉冲的延时时间与工作温度及工作频率有关, 有可能出现于电流脉冲的后沿。这主要同激光管内部的工作物质的复合时间有关。

### 1 实验装置及描述

该实验装置与文献[3]中的类似, 放电管为内径 35cm、外径 40cm 的石英管, 电极间距 54cm, 在两电极间等间距烧结 5 个内径 2cm、厚 1mm 的石英隔环用于限制放电区, 约 40g 分析纯 CuBr 粉末均分在 4 个隔槽中, 采用已获得新型专利的卤化铜蒸气激光放电管电极<sup>[4]</sup>, 不仅在很大程度上避免了以往经常出现的电极破裂现象, 有效地延长了放电管的使用寿命, 而且始终维持放电稳定。一金属筒状加热器和放电管同轴放置以控制放电管轴向边界温度, 加热器和放电管之间为约 1.5cm 的空气间隙<sup>[5]</sup>。采用普通谐振倍压充电通过闸流管放电的电路, 储能电容 500pF。用 500℃点式水银温度计放置于放电管中心管壁探测放电管壁温, 放电电流用 Person Model 10 脉冲电流转换器套接在激光放电管阳极

作者简介: 留 庆, 男, 1964 年 5 月出生。实验师。现从事光学实验教学和研究工作。

收稿日期: 2001-06-04

引线上探测,快响应光电二极管探测光脉冲波形,放电电压用 Tektronix P6015A 高压探头跨接于激光放电管电极测量(阳极接地)。测量时仔细估算并校正电信号在电路和光路中的延时,将电压、电流和激光脉冲信号同时输入 Tektronix TDS754C 四通道数字存储示波器。激光器在实验前间断运行 25h 以确保实验过程中稳定工作。实验条件如下:氖气压力 7.4kPa 流动,氖气流量约为一个大气压下 12.5 L/h,并始终保持稳定,维持充电电压 4.5kV,脉冲重复频率 20.2kHz,调节边界温度(90℃~125℃)控制放电管管壁温度。

钙离子自终止激光实验装置与文献[6]中的类似,放电管内径 12.9mm,电极间距 45cm,中间均匀分布有 9 个浅凹穴,实验时在每个凹穴内放 3~5 颗米粒大小

纯度为 98% 的钙粒。两侧为布儒斯特窗口,用真空橡皮管套接。谐振腔选用一块曲率半径 5m,在红外 860nm 附近反射率为 99% 的镜片作反射镜,另外选透过率为 90% 的玻璃平镜作耦合输出镜,从而对红外形成稳定腔,腔镜间距为 1.2m。其它测量类似于 CuBr 实验。实验条件为充电电压 5.0kV,平均电流 0.3A,重复频率 16kHz,氖气压强 7kPa。

## 2 实验结果及分析

实验中得到对应 3 个不同管壁温度的 CuBr 电光脉冲波形分别如图 1a、图 1b 和图 1c,对应的管壁温度分别是 315℃,350℃和 410℃。图中, I 为电流脉冲、U 为电压脉冲、L 为激光脉冲波形。示波器时间刻度为 50ns/div。

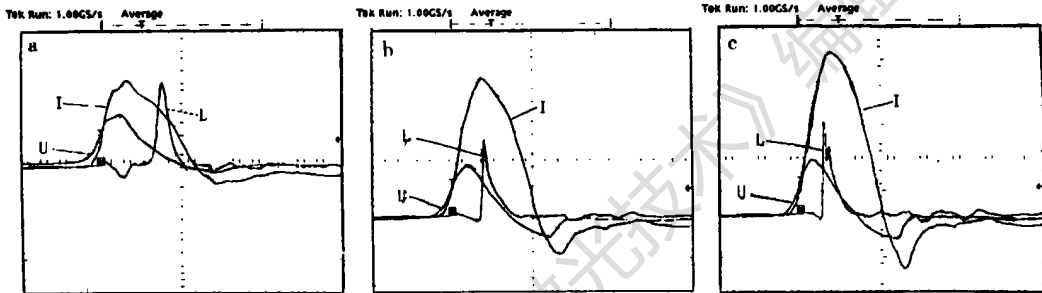


Fig. 1 Waveforms of light, current and voltage  
a— $T = 315^{\circ}\text{C}$  b— $T = 350^{\circ}\text{C}$  c— $T = 410^{\circ}\text{C}$

Ca<sup>+</sup> 离子自终止激光脉冲与电流脉冲波形如图 2,图中第 1 个波峰为钙离子激光波形,第 2 个波峰为电流波形,示波器时间刻度为 50ns/div。在钙离子自终止激光中,发现在钙离子激光中,激光脉冲总是处于电流脉冲前沿约 1/2 处。

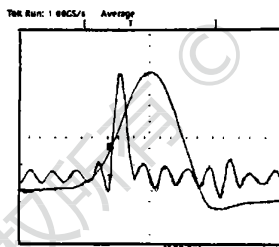


Fig. 2 Waveforms of calcium ion laser and current

由图 1 知,电压脉冲领先电流脉冲的时间(约 20ns)与温度基本无关。在管温为 315℃刚出光时,电流脉冲峰值领先激光脉冲峰值约 55ns,在 410℃时,反而激光脉冲峰值领先电流脉冲峰值约 10ns。这主要可以通过以下说明得到解释:溴化亚铜激光器工作时,所需的工作物质铜原子必须通过分解 CuBr 来得到。CuBr 通过放电分解成为铜离子和溴离子或原子形式,由于它们之间的复合强烈地依赖于环境温度。当工作温度较低时,复合系数较大,在两次放电脉冲之间大量的原子已复合成为分子,下次出光的铜原子必须通过本次放电分解 CuBr 分子

来产生和补偿。这造成了激光脉冲的延时时间变长;当温度较高时,复合系数变小,下次的放电脉冲可以利用上次分解留下的尚未复合的大量铜原子,从而使激光脉冲得到提前。当然,这也可能存在当温度较低时,CuBr 蒸气密度不足的情况,但这种可能性很小。激光的产生本身就说明了内部的蒸气密度已经达到出光阈值,而且每次放电脉冲的能量很小,不致于对工作温度产生影响。

在实验中,发现激光脉冲的提前量还与放电脉冲重复的频率有关。当频率增加的同时,在激光管工作温度基本不变的情况下,激光脉冲相对于电流也会有所提前。这是因为当脉冲频率变高时,虽然复合系数不变,但间隔时间变短,复合粒子数相对减少。下次的电脉冲可以利用上次分解的铜原子,从而使分解时间变短,光脉冲相对也可得到提前。

从图 2 可知, Ca<sup>+</sup> 激光脉冲出现于电流脉冲前沿约 1/2 处, Ca<sup>+</sup> 激光与 CuBr 激光脉冲相比要靠前得多。这可能有两种原因: (1) 钙离子容易通过放电得到,故虽然也存在电离时间,但每次放电时的电离时间很短,激光脉冲相对出现就较早; (2) 钙离子的

## 4 电缆口信号的故障诊断作用

考虑到激光测距机电缆口传递信号可能对故障诊断有帮助,即可以通过对信号来源的分析,找出造成相应信号异常的故障源点,使得电缆口信号特征可用于判断相关故障的有无,所以,遇到故障特征与部件故障不一一对应的情况,可以考虑分析电缆口信号,以做进一步的故障诊断。例如:如果已知有3个故障的出现都可能造成同一种故障特征,而且可以通过对电缆口信号的检测,判断其中两个故障的有无;那么,如果检测结果是信号特征正常,证明对应的两个故障不存在,就可以将故障定位在剩下的那一种上;如果检测结果发现有一个信号异常,考虑到多故障同时发生而且造成的故障特征完全相同的可能性极小,就可以将故障定位在造成信号异常的那种故障上。

因电缆口传递信号数量远远少于激光测距机内部电路工作信号的数量,所以电缆口信号只能对故障诊断起一定的辅助作用。在综合运用故障字典和电缆口信号进行故障诊断时,专家决策系统的研究工作比较复杂,这里不再叙述。

## 5 结 论

综上所述,只要有较充分的维修经验积累,能给出激光测距机各常见故障的发生概率,以及故障的

表现特征和电缆口信号特征,就可以建立故障字典,进而构建专家决策系统。

当需要进行激光测距机故障诊断时,可以由使用人员将故障特征代码输入专家决策系统,由系统先从故障字典中查找可能发生故障的部件( $XP$ 值不为0的部件)及其发生概率 $XP$ 值,如果查找发现某一部件的 $XP$ 值为1,说明故障是唯一的,就能立即给出维修方案;如果查找发现可能故障的部件不唯一,决策系统可以再判断能否利用电缆口信号特征进行故障诊断,能则提示使用者检测相应信号,并将检测结果反馈给决策系统。故障部件不唯一时,决策系统可能面临3种情况:一种是电缆口信号有助于故障诊断,并检测到信号特征异常,这时决策系统可以通过追溯故障源点确定故障部件,给出维修方案;另一种是电缆口信号有助于故障诊断,但检测得相应信号特征正常,这样故障部件被排除一个但仍剩几个;再一种是电缆口信号无助于故障诊断。对后两种情况,决策系统可以依据相关部件故障概率的大小、可维修性的难易、备件多少及备件价值等因素给出合理的维修方案,指导激光测距机使用人员完成修理工作。

### 参 考 文 献

- [1] 黄文虎,夏松波,刘瑞岩. 设备故障诊断原理、技术及应用. 北京:科学技术出版社,1997.

(上接第291页)

复合时间较长,当下次电脉冲到来时,上次电离的钙离子尚有大量存在,故省去了电离时间。然而,我们在钙离子激光器低频工作(约4.5kHz)时,发现激光脉冲相对于电流脉冲的位置基本不变。这说明钙离子激光器在工作于低频时,虽然钙离子大量复合,但由于钙原子很容易通过放电电离,故完全可以利用本次放电得到的钙离子进行工作,而且激光脉冲滞后时间很短。

当钙离子激光器的工作频率提高时,由于放电时间间隔的缩短,下次放电仍然可以利用上次的钙离子,激光脉冲也会有所提前。但由于提前时间较短(小于8ns),对激光脉冲与电流相对位置的变化影响很小。

## 3 实验结论

通过实验发现:钙离子激光脉冲在高频率工作条件下,光脉冲会有所提前;而对于CuBr激光,其光脉冲的延时时间与工作温度有关,激光光脉冲的提前量还与放电脉冲重复的频率有关,有可能出现于电流脉冲的后沿。

### 参 考 文 献

- [1] Walter W T, Solimene N, Piltch M *et al.* IEEE J Q E, 1966, QE2 (9): 474.  
 [2] Liu C S, Sucov E W, Weaver L A. A P L, 1973, 23(2): 92.  
 [3] 姚志欣,潘佰良,钱育军 *et al.* 中国激光, 1996, A23(1): 11~12.  
 [4] 姚志欣,潘佰良. 用于卤化铜蒸气激光放电管的电极装置. 中国专利: ZL98215146. 2, 1998 06-06.  
 [5] 姚志欣,潘佰良. 金属蒸气激光管加热器. 中国专利: ZL 952091615, 1996 06-01.  
 [6] 潘佰良,陈 星,马 涛 *et al.* 应用激光, 1998, 18(2): 53~54.