

脉冲强预燃及其对激光光泵效率的影响

姜阅清 张沛贞 林文正

(中国科学院上海光机所)

Strong pulsed preheating technique used in repetitive pulsed solid state lasers

Jiang Yueqing, Zhang Peizheng, Lin Wenzheng

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

提要: 本文介绍用于重复率固体激光器的脉冲强预燃技术。给出恒定弱预燃和脉冲强预燃的实验结果。经采用脉冲强预燃后,激光器可获得高效率和高功率输出。

关键词: 脉冲强预燃技术, 固体激光器

一、引言

目前, 预燃是点燃脉冲氙灯最常用的方法。它可提高激光器的效率、延长灯的使用寿命、降低电磁干扰, 提高激光输出的稳定性和激光器的重复率。大量实验表明, 加大预燃电流可大幅度提高激光输出, 从根本上消除“灭弧”的问题, 提高了系统工作的可靠性。然而这要设置一个大容量的预燃电源, 显然是不适宜的。为达到增强预燃电流, 又不增加预燃电源电功率的双重目的, 我们设计了脉冲强预燃装置。

二、实验装置

图1是实验装置的示意图。预燃电源、充电电源与通常使用的电源相同。图中 C 为储能电容, SCR为放电开关。增设的一个脉冲强预燃开关, 既能控制脉宽又能调整幅值。

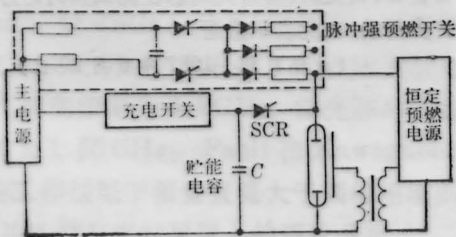


图1 电原理图

在充电停止后, 氙灯点燃前(主放电前1ms)打开脉冲强预燃开关, 待储能电容向氙灯放电结束即切断开关。在此期间充电电源提供给氙灯一个峰值为数百毫安(最佳值为500~700mA)的脉冲电流。它的脉宽需略大于放电宽度, 脉冲能量约0.5J。

三、实验结果和分析

实验是在钇铝石榴石、钕玻璃等几台激光器装置上进行的。用炭斗测量激光输出能量(相对单位), 用PIN管接收示波器观察激光波形, 激光器频率范围为1~10次/s。

表1、表2分别是固定抽运能量、改变预燃形式得到的结果。结果表明, 激光输出随预燃电流的增加而增加, 但最终趋于一稳定值即饱和状态。

从表3实验数据来看, 采用脉冲预燃后, 饱和抽运能量减少了。经计算得知强脉冲预燃给灯多输入0.5J能量, 而激光输出相当增加抽运能量5~10J时所获得的激光输出。显然选用强脉冲预燃比增加抽运能量优越得多, 可减小热效应, 提高激光器效率, 对于较高重复率中小功率激光器更为适用。

我们测量了脉冲氙灯预燃放电沟道的发射光谱, 发现它是在连续谱上叠加很强的氙的特征谱线, 在紫外及蓝绿区都有很强的辐射。据分析, 在0.22~0.62 μm 区域中发光时可以从逸出功为2~5.61eV的物质中打出自由电子, 这种光致电离可以在灯内得到 10^{17} 电子/cm³的电子浓度, 另外上述发光时

表1 预燃形式及电流与激光输出的关系

| | 恒定预燃 | 脉 冲 强 预 燃 | | | | |
|------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 60mA/230V | 110mA/190V | 225mA/105V | 350mA/85V | 570mA/75V | 900mA/65V |
| 激光输出 | 4.5格 | 5格 | 5.4格 | 6.4格 | 8.8格 | 8.8格 |
| 输出递增 | | 11% | 20% | 42% | 96% | 96% |

注: (1) 脉冲强预燃宽度约5ms。(2) ××mA/××V是预燃氙灯的电流和灯端电压。(3) 输出递增指脉冲强预燃和恒定预燃激光输出增量之比。

表2 三台激光器装置采用强脉冲预燃激光输出改善情况

| 激光器 | 闪光灯 (mm) | 抽运 能量 (J) | 恒 定 预 燃 | | 脉 冲 强 预 燃 | | 输出递增 |
|-----------------------|-------------|-----------------|--------------|----------|--------------|----------|------|
| | | | 预烧电流 灯端电压 | 激光 输出 | 预燃电流 灯端电压 | 激光 输出 | |
| 5次/s 调Q激光器 | φ6×60 | 60 | 45mA/165V | 6格 | 400mA/80V | 8.6格 | 144% |
| 一级振荡 10次/s 一级放大 | φ10×80 | 50 | 60mA/230V | 29格 | 670mA/75V | 51.5格 | 178% |
| | φ12×100 | 80 | 70mA/220V | | 650mA/100V | | |
| 3次/s 一振二放 倍频激光器 | φ8×70 | 40 | 80mA/200V | 18格 | 480mA/75V | 29.5格 | 164% |
| | φ10×80 | 70 | 80mA/230V | | 490mA/90V | | |
| | 2×φ12×100 | 2×80 | 2×60mA/270V | | 2×650mA/75V | | |

表3 不同抽运能量和预燃形式激光输出情况

| 能量(J) | 21 | 24.5 | 28 | 32 | 40.5 | 45 | 50 |
|-----------------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 恒定预燃 80mA/200V | 2格 | 5格 | 8格 | 13格 | 18.5格 | 22.5格 | 32格 |
| 脉冲强预燃 480mA/75V | 7.5格 | 13.5格 | 16.5格 | 21格 | 31.5格 | 32格 | 31.5格 |
| 输出递增 | 375% | 270% | 200% | 161% | 170% | 142% | 100% |

也可使灯内气体形成亚稳原子,其电离电位约3.5~4eV,较易被电离。上述的自由电子与亚稳原子给氙灯的初始放电提供了有利条件。而且预燃电流愈大,上述条件愈完全,在灯开始脉冲放电的初始阶段,放电能量用于增加气体内能(提高温度,形成高度电离的放电沟道)的部分得以减少,从而用于激发发光的部分得以增加,于是灯的辐射效率提高。另外,预电离电流越大,预燃放电沟道直径也增加(灯内阻减小)。主脉冲放电的电流上升速率增大,放电辐射峰值升高,这对于某些上能级寿命较短的工作物质的泵浦是很有利的。对闪光灯放电沟道发展过程的高速摄影结果表明,在预燃时,灯的放电沟道平直,辐

射亮度的空间分布均匀,预燃电流越大,沟道越平直。而在外触发电燃时则经常出现放电沟道弯曲与不均匀现象。因此强预燃改善了脉冲氙灯的放电辐射与工作物质的光学匹配,可获得均匀泵浦,提高激光输出并改善光束的均匀性。在泵浦阈值附近,上述强增效果更为明显,这是因为在阈值附近,泵浦效率随光泵浦输入的增加而迅速增加,所以此时增加预燃更为重要。

杨香春、吴兆庆、柳月英同志在测试和讨论方面给予许多帮助,在此表示感谢。

(收稿日期: 1987年6月29日)