

光泵源制造对固体激光器散热性的影响

孙晓光

(华东电子集团公司,江苏 南京 210028)

摘要:介绍了脉冲闪光灯对固体激光器散热性的影响,叙述了在激光器泵浦光源制造过程中固体激光器散热性方面应考虑的几个问题及解决办法。

关键词:脉冲闪光灯;固体激光器;散热性

中图分类号:TN248.1 文献标识码:A 文章编号:1002-8935(2005)01-0056-03

近年来,固体激光器得到了广泛的应用和发展,激光器散热性能是其设计和制造必须考虑的重要问题,尤其是一些特殊用途的手持激光测距机以及军用手持武器等要求激光器体积小,重量轻,所以要求激光器泵浦光源(脉冲闪光灯)的设计制造注重从增强激光器散热量方面考虑,制造出轻小、紧凑的便携式激光器。

1 脉冲闪光灯工作原理

脉冲闪光灯工作电路原理如图1所示。触发电压 V_1 ,经触发器次级产生的高压,使灯管预燃着火,维持小电流的辉光放电。当储能电容 C_1 上充电至工作电压 V_0 ,在触发可控硅D上施加触发信号,储存在储能电容器中的电能对灯管放电,灯内气体分子被迅速电离,在极短的时间里产生很强的闪光。

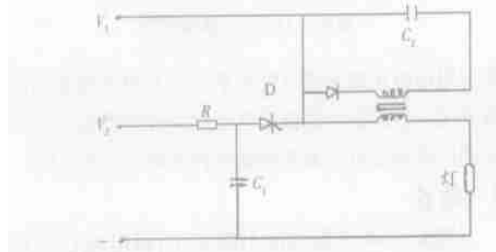


图1 工作电路原理图

事实上,注入激光器的电能仅小部分以有效光能(约3%)被激光器吸收转化为激光,大部分以热能的形式消耗在线路、电极、灯管发热,激光器自身损耗,灯辐射无用光能发热上,影响激光器的输出,如图2所示。激光器的机械设计应考虑其散热措施,包括冷却系统、散热转换装置等,就泵浦光源的制造而言,可以设计制造有较好的散热性能的灯,尽可能减少激光器的发热,本文从泵灯的封接形式,工作方式,光谱输出性能方面对灯的设计制造进行了

研究,以增强激光器的散热量。

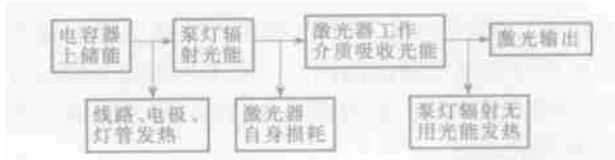


图2 激光器输入能量消耗图

2 脉冲闪光灯封接形式对散热性能的影响

脉冲灯的封接形式有逐级过渡封接、高温扩散封接(如图3)、钎箔石英子(气泡)封接(如图4)和灌装封接等。目前,脉冲闪光灯普遍使用高温扩散封接和钎箔石英子(气泡)封接,从图中可以看到,高温封接是电极和钨引出杆直接与掺杂石英玻管封接,这种封接方式强度高,气密性好,不过在脉冲闪光灯工作时,由于金属良好的导热性能,来自于灯管表面的热量,灯内离子对电极轰击的动能以及等离子流的热量传导,使得灯管引出极温度很高,达 300°C 以上,对灯管装机的焊接性能和散热性能造成影响。钎箔石英子(气泡)封接是由电极、钎杆引出极,中间钎箔带、石英子(气泡)与石英玻管连接,这种封接形式气密性差,然而由于其导热性能较差,引出极温度小于 50°C ,所以灯管的散热性能远好于高温封接的灯管。



图3 高温封接形式

一般说来,从激光器的散热性出发,小功率的灯选择直接封接和过渡封接较理想,而中大功率的灯用钎箔石英子(气泡)封接形式较好,当然如果整机需要高气密性、高强度的灯,高温封接形式无疑具

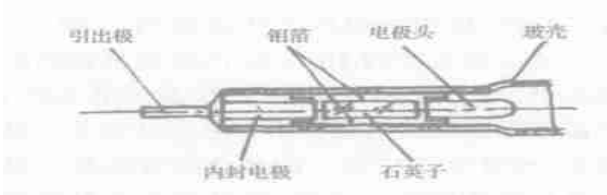


图4 铝箔石英子(气泡)封接形式
有较大的优势。

3 脉冲闪光灯采用预燃的工作方式对激光器散热性的影响

脉冲氙灯的触发有直接高压触发和预燃触发两种方式,目前脉冲氙灯工作时已经广泛采用预燃工作方式,因为高压触发脉冲会导致灯电极材料溅射,影响灯的寿命,并产生强烈的电磁干扰。而采用预燃触发点灯方式可以使灯寿命延长,放电脉冲稳定,泵浦效率提高 10 %~20 %。灯管预燃着火后,维持小电流的辉光放电时的管压即预燃后电压的大小对灯管散热性能有影响,这时的预燃后电压在 80~300 V 之间。在长预燃状态下,保持较低的预燃后电压,既可以减少灯的散热,同时还可以防止灯管表面电子溢出,产生电磁干扰,影响激光器正常工作。

本文研制的为激光照射吊舱配套的激光氙灯,由于受激光照射吊舱体积的限制,要求在长预燃状态下,保持低的预燃后电压以减少散热。我们发现预燃后电压与灯预燃后的等离子体内阻有关,两者成反比关系。根据等离子体电阻系数经验公式:

$$K_0 = 1.28 \left(\frac{133p}{450} \right)^{0.2} l / d$$

式中, K_0 为电阻系数, p 为灯管充气压 (Pa), l 为灯管弧长 (mm), d 为灯管内径 (mm), 我们知道影响等离子体内阻的因素除了内径、弧长和充气压外,还受灯的充气种类、充气纯度、电极发射性能的影响。影响预燃后电压大小的因素也与之相同,试验中得到了印证。

根据研究影响脉冲氙灯预燃后电压的因素,在灯的制造过程中采取了以下措施: ①使用发射性能较好的钨酸盐阴极; ②使用纯度高的氙气 (99.999 %); ③使用低羟基石英玻管; ④排气、封口时尽可能避免烧灯后的灯内产生杂质气体; ⑤装架、钎焊尽可能避免电极因长时间暴露空气中受污染; ⑥在保证发光效率及寿命的前提下尽可能降低充气压,一般选择充气压 $(5.0 \sim 5.6) \times 10^4$ Pa 较宜。激光氙灯预燃后电压稳定在 120 V 左右,较好地满足了整机的要求。

4 脉冲闪光灯光谱输出对散热性能的影响

我们知道,最有效的激光泵浦灯将使激光材料在激发荧光的波长上产生最大的发射,而在有效吸收带之外的所有光谱范围内产生最小的发射。激光器对脉冲灯的有效光吸收取决于激光晶体的特性,钕铝石榴石 ($\text{Nd}^{3+} : \text{YAG}$) 晶体主要吸收的光谱峰值在 810 nm 处,红宝石晶体主要吸收在 410 和 550 nm,钛宝石晶体对 500 nm 光输出有较强的吸收,钕玻璃晶体对 970 nm 光输出有较强的吸收。脉冲灯是一个全光谱输出,激光晶体仅对光输出较窄的泵浦带有较强的吸收,其余则以热能的形式耗散在激光器中,所以要制造窄光谱带脉冲闪光灯,使灯的光输出在激光器晶体的吸收峰值处有较强的辐射,以此提高灯的散热性,同时提高激光器泵浦效率。

我们为手持 YAG 激光器和钕玻璃激光器研制的窄带脉冲闪光灯就是在 810 和 970 nm 处有较强的辐射,从而可以减轻整机发热量,降低整机的重量。

闪光灯若要在 810 nm 处有强辐射的光谱输出性能,首先,选用比例为 2/3 的氩氙混合气,因为氮

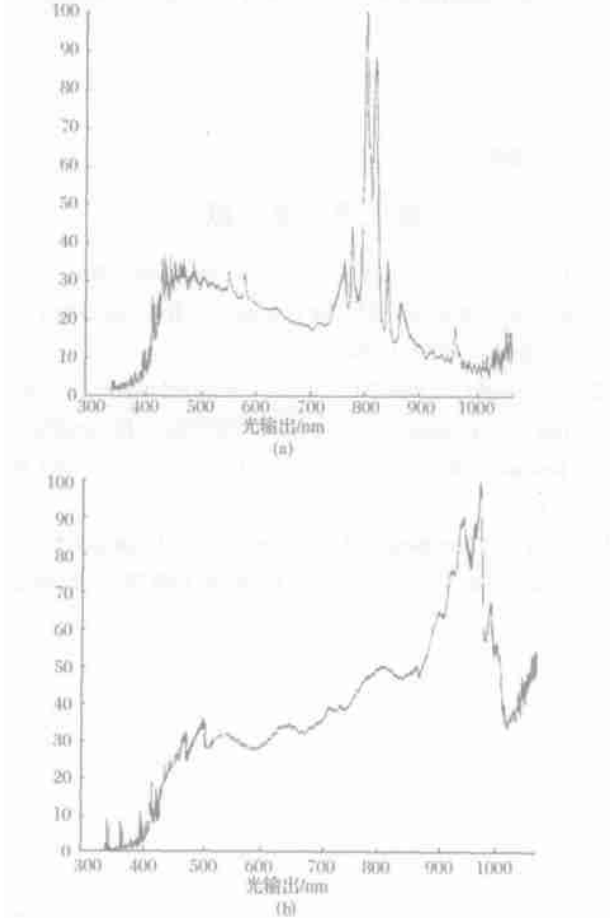


图5 相对光谱能量分布

气在 810 nm 有较强的辐射,而氙气的辐射效率比氦气高。其次,根据俄罗斯专家建议,在氙气中充入一定量的铯,因为金属铯在 810 nm 有较强的辐射。闪光灯要在 970 nm 处有强辐射的光谱输出性能,由气体放电理论可知,闪光灯气压增强,减少了放电中电子和原子的平均自由程,从而增加了它们的有效碰撞频率,使得放电中产生更多的有用线光谱。实验证明,随着气压增加,脉冲氙灯光谱辐射向红外移动。因此,在灯内充入 1.2×10^5 Pa 的氙气便能得到 970 nm 的光谱辐射。图 5(a) 为 YAG 激光器配套制造的光输出峰值 810 nm 的窄带脉冲闪光灯的相对光谱能量分布,图 5(b) 为钕玻璃激光器配套制造的脉冲氙灯的相对光谱能量分布,其光输出峰值为 970 nm。

5 结束语

泵浦光源冷却系统是激光器散热的途径,是激光器的冷却装置,根据灯管的表面负载分自然冷却、强迫风冷、液体冷却,对于小功率便携式激光器采用自然冷却可以增强散热量。

泵浦光源的电极种类不同,其工作时的温度也

不一样。铯钨、钽钨电极的工作温度约 2000 K,普通钡钨电极工作温度约 1600 K,改进型的钡钨电极如钨酸盐电极比普通钡钨电极工作温度低 200 °C。泵浦光源使用钨酸盐电极其引出极温度比其它电极要低很多,相对也就减轻了激光器的发热量。提高脉冲闪光灯散热性能的过程,也是提高其泵浦效率的过程,通过减小泵灯的散热,使得激光器小型化成为可能。

本文所讨论的光泵针对激光器散热方面的问题,是制灯过程中遇到同时也是激光器制造商要求我们所考虑的问题,通过不断地研究和攻关,脉冲灯的制造技术将更趋完善。

参 考 文 献

- [1] 周太明. 光源原理与设计[M]. 上海:复旦大学出版社, 1993.
- [2] 李适民. 固体激光器原理与特性[M]. 北京:国防工业出版社, 1998.
- [3] 孙晓光. 电气照明[J], 2002, (4): 1 - 4.

收稿日期: 2004 - 07 - 11

(上接第 55 页)

参 考 文 献

- [1] Keshavarzi A. Intrinsic Leakage in Low Power Deep Sub-micron CMOS Ics[J]. Proceedings of International Test Conference, 1997: 146 - 155.
- [2] Hamzaoglu F, Stan M. Circuit-Level Techniques To Control Gate Leakage for Sub-100nm CMOS[J]. Proceeding of International Symposium on Low Power Design, 2002: 60 - 63.
- [3] Kao J, Chandrkasan A, Antoniadis D. Transistor Sizing Issues and Tool for Multi-Threshold CMOS Technology

[C]. Proceeding of ACM/ IEEE Design Automation Conference, 1997: 495 - 500.

- [4] Kim C H, Roy K. Dynamic Scaling Scheme for Active Leakage Power Reduction[J]. Proceeding of Conference on Design, Automation and Test in Europe, 2002: 163 - 167.
- [5] De V. Techniques for Leakage Power[J]. Design of High-Performance Microprocessor Circuits, IEEE Press, 2001.
- [6] Kim C H, Roy K. Dynamic VTH Scaling Scheme for Active Leakage Power Reduction[J]. Proceeding of Conference on Design, Automation and Test in Europe, 2002: 163 - 167.

收稿日期: 2004 - 08 - 02