

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0128-03

一种用于智能化激光显示系统的 CuBr 激光器

刘才明, 陈洪山, 陈水桥

(浙江大学物理系, 浙江 杭州 310027)

摘要 专门设计了激光放电管的套筒结构及合页式圆筒状加热装置, 并在激光器脉冲放电电源系统中, 采用了单级磁脉冲压缩器, 使 CuBr 激光器在输出功率、稳定度及器件寿命等性能得到显著提高。

关键词 激光技术; CuBr 激光器; 放电管; 加热装置; 磁脉冲压缩器

中图分类号 TN248.2¹

文献标识码 A

An Usable CuBr Laser for Wise Laser Large Screen Displayer

LIU Cai-ming, CHEN Hong-shan, CHEN Shui-qiao

(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract A kind of discharge tube and calefaction device were designed. By using a single stage magnetic pulse compressor in pulse discharge power supply of laser, the power of the CuBr laser has increased by two times as compared with that of then the previous prototype. Average power of 8 W and an efficiency of 1 % are obtained.

Key words laser technique; CuBr laser; discharge tube; calefaction device; magnetic pulse compressor

1 引言

近二十年来,随着激光技术、数字电子技术及光学信息处理等方面的飞速发展,智能化激光图像显示技术也取得了长足的进步,各种可见波段的激光不仅能产生 100:1 高对比度和 100% 高色彩饱和度的数字化动态文字图形图案及特殊的光束效果,而且适合大范围、远距离及高清晰成像,这同时也对激光器的波长、功率、稳定及器件寿命等方面提出了新的要求。铜蒸气激光器是目前可见光波段中效率最高、输出功率最强的气体激光器,通过高频高压快脉冲放电激励,在其相应的激光上能级(共振能级) $^2P_{3/2,1/2}$ 和激光下能级(亚稳态) $^2D_{3/2,5/2}$ 间分别发射 510.6 nm 和 578.2 nm 波长黄绿激光(黄绿光输出功率比约为 1:2),被广泛地应用于激光铀同位素分离、激光生物学、激光医学、工业加工及激光娱乐等领域。而 CuBr 激光器以其潜在的工作温度低(500℃左右,不需水冷)、结构简单、启动快、操作方便及光束性能好等特点成为智能化大屏幕激光显示系统中显示光源的首选。为解决目前在 CuBr 激光器应用中所遇到的主要问题——输出功率不够大、稳定性不高、核心器件寿命不理想等^[1],为此改进了原先的流动式 CuBr 激光器,从而

达到了预期的效果。

2 放电管套筒结构及加热装置

为此我们专门设计了如图 1 所示的激光器。石英放电管电极间距为 520 mm, 放电管外筒直径为 46 mm, 中间有五个厚为 2 mm 的石英环, 分别支撑着长为 50 mm, 内径为 22 mm 的同轴石英内筒形成套筒结构, 约 25g CuBr 粉末均匀地分布在 4 个内外套筒夹壁之间。轴向温控装置由两个长为 500 mm, 内径为 100 mm 的同轴半圆筒状合页式不锈钢加热器、热电偶及 XCT-101 型温控仪构成。

套筒结构的放电管因工作物质均匀地存储在放电区域各储料夹壁中, 有利于放电区域的铜原子密度沿轴向均匀分布。CuBr 粉末离放电轴线较近, 易于受放电影响自加热形成蒸气, 从而降低了对加热电功率的输入要求。随着放电有效长度的相对增加, 使放电管增益及功率输出均得到显著提高。由于石英隔环及内筒的分隔作用, 有效地防止了电弧弯曲、串弧和放电不稳等现象^[2], 确保了功率输出的稳定。合页式圆筒状加热装置能灵敏地控制放电管轴向温度大小, 并能极大地改善放电管的轴向温度分布, 从

作者简介: 刘才明(1964-), 男, 浙江大学物理系副教授, 硕士生导师, 主要从事激光物理及激光视频图像研究。

E-mail: phyluicm@zju.edu.cn

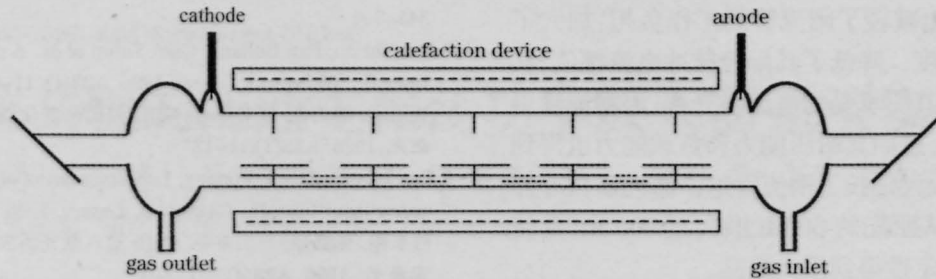


图 1 放电管及加热装置

Fig.1 Discharge tube and calefaction device

而也有利于激光输出的稳定性并提高能效。

3 磁脉冲压缩技术的应用

传统的 CuBr 激光器脉冲放电电源是采用电容储能电荷转移放电,利用充氢闸流管作为放电开关而实现快放电激励。以 4 W 水平 CuBr 激光器为例,主放电开关为 ZQM2-1000/10 型陶瓷脉冲充氢闸流管(最大阳极脉冲电压 10000 V,最大阳极脉冲电流 1000 A,阳极脉冲电流宽度 3 μs,脉冲重复率 333 Hz),在高重复率脉冲放电过程中,闸流管必须承受相当大的电流上升率($\frac{di}{dt}=2 \times 10^9$ A/s,脉冲重复率 20 kHz),大大超过了其技术极限,因而其有效工作寿命及可靠性将大大降低。为此在常规的 CuBr 激光器激励电路(如图 2 所示)基础上引入了单级磁脉冲压缩器^[4],如图 3 所示。即在闸流管支路加接一充电电感 L_0 以延长增加闸流管支路的放电时间,并在原有电路上增加了一个转移电容 C_1 ($C_1=C_0$) 和一个可饱和磁芯电感 L_{MPC} ,其中可饱和磁芯电感 L_{MPC} 即为磁脉冲压缩器(亦称磁开关)。全电路工作过程是:当直流高压 HV 对储能电容 C_0 谐振倍压充电至 V_0 时,闸流管受脉冲触发器信号触发导通, C_0 对 C_1 放电,此时磁脉冲压缩器尚未饱和,磁开关处于关断状态,峰化电容 C_p 上的漏电流很小, C_0 上的大部分能量转移到 C_1 。当 C_0 向 C_1 放电结束、闸流管断开之后,磁脉冲压缩器进入饱和状态,其感抗急速变小,磁开关闭合, C_1 向 C_p 放电,此时的放电

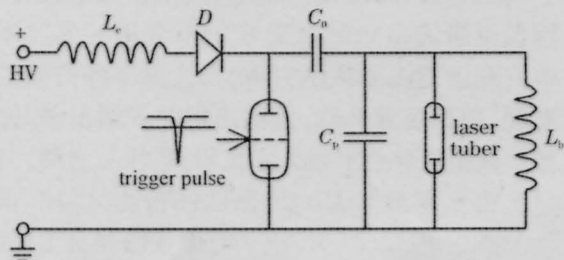


图 2 常规 CuBr 激光器放电回路

Fig.2 A conventional CuBr laser electrical circuit driver

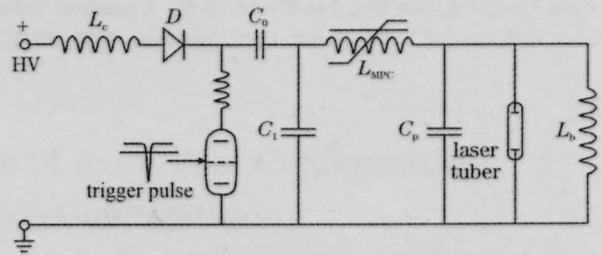


图 3 带磁脉冲压缩器的 CuBr 激光器放电回路

Fig.3 A CuBr laser electrical circuit driver with a magnetic pulse compressor

时间远小于 C_0 向 C_1 的放电时间,使在闸流管支路中被延长的放电时间在激光管支路中被再度压缩,而在闸流管支路中被降低的电流脉冲幅值在激光管支路中获得再度提升,从而达到既减轻了闸流管的工作负担又能满足激光管支路对放电电流上升速度快、输入电功率较高的要求。

4 实验结果与结论

与常规 CuBr 激光器激光输出情况比较,采用了新设计的套筒结构放电管及合页式圆筒状加热装置并在电源系统中引入磁脉冲压缩器后,当输入直流充电电压为 4 kV,平均电流 200 mA,脉冲重复频率为 20 kHz,缓冲气压强为 4.5 kPa,放电管壁温度为 380 °C 时,测得输出激光平均功率从原先的 3~4 W 水平提升到 8 W 水平,电光转换效率最高达到 1%,闸流管支路的电流上升率下降近一个数量级。激光器连续运转十多小时,闸流管未出现漏闪及连通现象,且激光器工作稳定,输出功率起伏一般不超过 10%。

实验表明,新设计的套筒结构放电管及合页式圆筒状加热装置既有利于放电区域的铜原子密度沿轴向均匀分布,极大地改善放电管的轴向温度分布,又有效地防止了电弧弯曲、串弧和放电不稳等现象,提高了能效比,使放电管增益及功率输出得到显著提高。

将磁脉冲压缩技术应用于卤化铜激光器脉冲电

源系统中,极大地减轻了闸流管的工作负担;加大了阳极脉冲电流宽度,降低了其阳极脉冲电流幅值,从而有效地降低了其所承受的电流上升率;因闸流管工作在安全区域内,进而其耐压能力和负载能力也得到相应提高,于是大大延长了闸流管这一激光器核心器件的平均寿命(从原先的 300 h 增大至 800 h),并使激光器的工作稳定性得到很大提高。

参考文献

- 1 Wang Yongjiang, Sun Wei, Yao Zhixin, *et al.*. A practical CuBr laser with flowing buffer gas[J]. *Opt. Commun.*, 1985, **55**(5): 345~346
- 2 Yao Zhixin, Pan Boliang, Qian Yujun *et al.*. A practical 10W CuBr laser[J]. *Chinese J. Lasers*, 1996, **A23**(1): 11~12
姚志欣, 潘伯良, 钱育军等. 实用化 10W 溴化亚铜激光器[J]. *中国激光*, 1996, **A23**(1):11~12
- 3 Pan Laigen, Zhang Yixiang, Luo Zongnan *et al.*. Study of a CuBr vapor laser tube[J]. *Chinese J. Lasers*, 1996, **A23**(4): 307~310
潘来根, 张翼翔, 罗宗南等. CuBr 蒸汽激光器放电管的研究[J]. *中国激光*, 1996, **A23**(4):307~310
- 4 Liu Caiming. Investigation on magnetic pulse compressor used for copper halide laser[J]. *Acta Physica Sinica*, 2003, **52**(7): 1818~1821
刘才明. 磁脉冲压缩器在卤化铜激光器上的应用[J]. *物理学报*, 2003, **52**(7):1818~1821