

CuCl 蒸气激光器放电管的研究

潘来根 张翼翔 罗宗南 杨正名

(东南大学电子工程系, 南京 210096)

提要 介绍一种新型 CuCl 蒸气激光器放电管,其结构特点是放电区内管设计成多段竹节形。这种设计有助于放电区处于高效均匀的激励状态,使激光输出功率和稳定度显著提高,同时由于采用了其他有效减缓窗片污染的辅助措施,使放电管寿命大大延长。对制管工艺和参数也作了扼要介绍。

关键词 蒸气激光器,放电管,多段竹节形,自热式

1 引 言

通常卤化亚铜蒸气激光器放电管有两种基本结构形式:一种是采用单层直管形外加热式结构^[1,2],其特点是放电区内附有一个或多个卤化亚铜储料池,工作时由外部供热以获得足够的卤化亚铜蒸气,放电管外有保温加热炉。同时附有供气瓶及机械泵等辅助装置。因此全系统体积较大、成本较高,使用欠灵便;另一种是采用单层凹槽形自加热式结构^[3,4],工作物质置于放电区直径较粗的凹槽内,工作时直接由电弧加热获得卤化亚铜蒸气。此套装置系统体积较小、成本较低。但由于放电区轴向管径粗细不一,使得激励状态不一致,难以保证各段放电处于最佳工作状态,激励效率也不理想,输出功率较低,且易发生电弧弯曲或串弧现象,影响输出稳定度。

针对上述两种结构不足之处,我们设计了另一种结构的蒸气激光器放电管^[5]。通过长期研究实践,在此专利基础上,加以改进和完善,设计并研制了本文所介绍的新型 CuCl 蒸气激光器放电管,其结构特点是放电区内管设计为分段竹节形,内径相同,节距相等,长短适当,此外段与段之间缝隙较小,基本相等。这样就有助于放电处于高效均匀的激励状态,显著地提高了激光输出功率和稳定度。同时采用一些辅助措施,有效地减缓窗片污染,使放电管寿命大大延长。配置我们研制的适合 CuCl 放电管工作特点的大功率高频脉冲激励电源(另文发表),制成了高效率长寿命实用的氯化亚铜(CuCl)蒸气激光器。

2 放电管结构与工作状态

我们研制的新型 CuCl 蒸气激光器放电管的结构如图 1 所示。如前所述,放电区内管设计成等长度分段竹节结构,与同轴外管分段气密封接形成若干个夹套空间——储料池(如图 2)沿轴向均匀分布。经过纯化处理的工作物质^[6]均匀储存在各储料池内,放电时工作物质受电弧

加热形成蒸气,蒸气经狭缝供给内管,由于放电区各段长度较短、狭缝较窄,使放电区的蒸气密

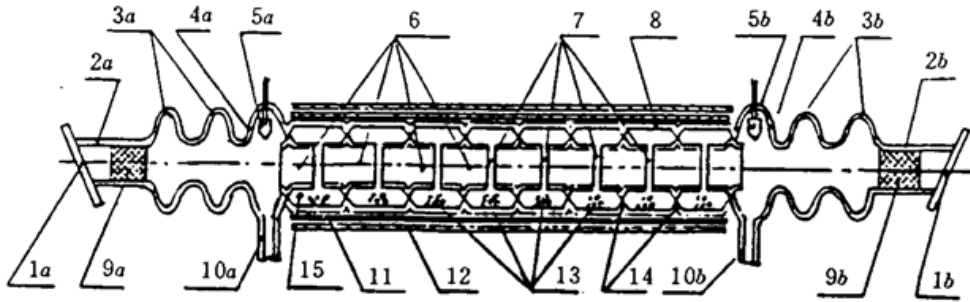


Fig. 1 Diagram of the structure of the new type discharge tube

- 1: window; 2: tube neck; 3: condensation room; 4: shell of electrode; 5: electrode; 6: inner tube; 7: slit;
- 8: outer tube; 9: metal basket; 10: exhaust tube; 11: heat conducting coat; 12: temperature keeping coat;
- 13: working material; 14: partition wall; 15: copper halide pool

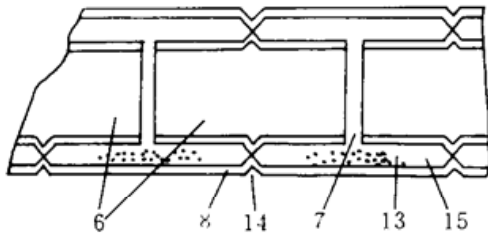


Fig. 2 The schematic structure of the discharge tube

- 6: inner tube; 7: slit; 8: outer tube; 13: working material;
- 14: partition wall; 15: copper halide pool

度分布比较均匀,沿轴向激励基本一样,放电有效长度相对增加,因此放电管增益和功率输出显著提高,同时由于固撑内外管的隔墙的分隔作用,能有效地防止电弧弯曲、串弧和放电不稳定现象,确保输出功率稳定。储料池外壳具有隔热和保温作用,促使整个放电区温度均匀并具有良好的自加热效果,减少了能量损失,提高了能效。

此外,在放电管两端电极外侧分别设计有 1~2 个凝集室,在凝集室内分别竖置镍片,遮挡气流通道,以便在真空预处理时阻挡杂质污染窗片。正常工作时,可用外加磁铁移动镍片避开光路。在放电管两端管颈内又分别设置镍网筒,凝集蒸气,进一步减缓窗片污染,必要时也可利用外加磁铁移动管颈镍网,将捕集到的工作物质移入凝集室内。放电管两端采用石英窗片与石英管颈光胶气密封接,在放电管长时间工作后石英窗片上若有少量物质时,也可适当加热,把窗片上的凝结物质驱赶到凝集室内。实践证明,采取上述辅助措施,放电管寿命大大延长。为了进一步减少能量损失,缩短产生激光预热时间,同时促使放电区温度均匀及可调节,在放电管外管的外层加上金属箔片或金属的导热层以及适当的保温层。

为保证电极正负极性交替变换时放电参数一致,两电极选用同一种材料。另外,放电管采用了双管排气,可大大提高预处理的效果。

3 实验与结果

设计制作放电管,可根据内管的内径大小来确定内管节距长短、节间缝隙宽度和储料池径向间隙大小。通常内管内径愈大,则内管分段节距偏长、节间缝隙偏宽、储料池径向间隙偏大;反之则相反。对于内管内径为 14~20 mm,选取内管分段节距长度为 40~50 mm,内管壁厚为 1.0~1.5 mm,外管壁厚为 1.5~2 mm,储料池径向间隙为 6~8 mm,节间缝隙宽度为 2~4 mm。

此外,工作物质的纯化程度,放电管真空预处理的工艺和方法至关重要,直接影响到激光

管输出功率、稳定性和寿命。

根据 CuCl 蒸气激光器的能级特点以及特定的工作原理^[7],要求激励电源具有较高的脉冲频率(12~18 kHz),较窄的脉冲宽度(100~500 ns),较陡的脉冲前沿(10~50 ns),以及较高的工作电压(几千至十几千伏)。为满足上述要求,我们研制的 CuCl 激光器激励电源采用双边激励激光管的主放电回路,如图 3 所示。实践证明这种电路易于将放电管调整到最佳工作状态,达到预期效果。

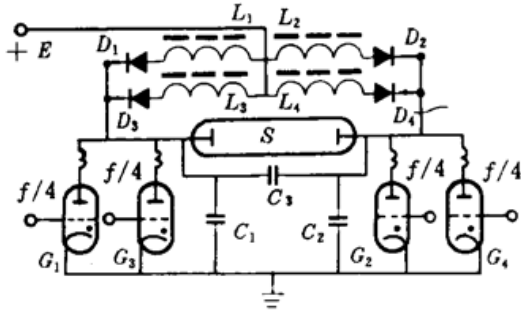


Fig. 3 Diagram of main circuit with double-side excitation of laser tube

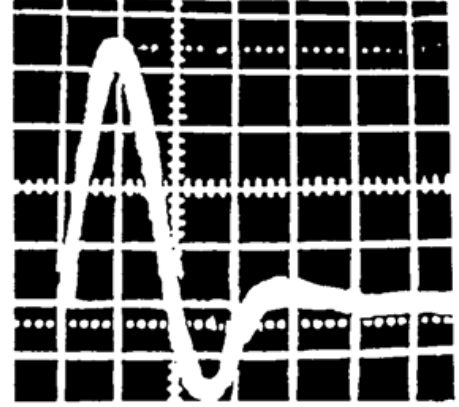


Fig. 4 Discharge current waveform of the laser tube (100 ns/div)

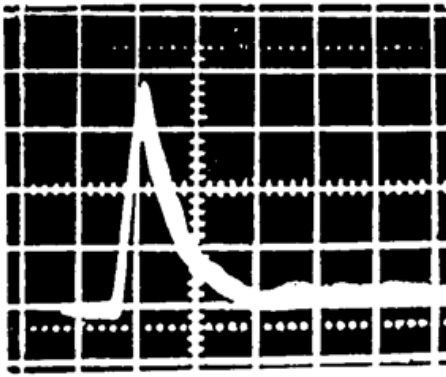


Fig. 5 Profile of a laser light pulse (50 ns/div)

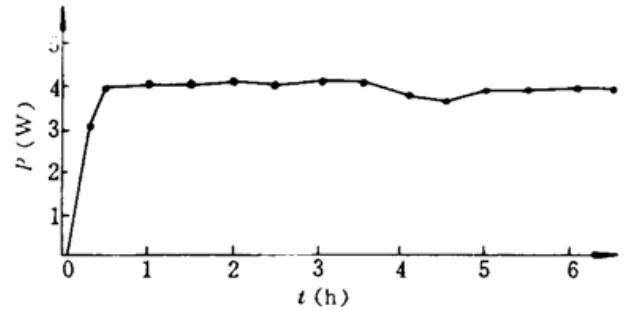


Fig. 6 Laser power varies versus operation time

我们制作的多根这种结构的放电管,均较成功。如内管内径为 16 mm,放电区长度为 420 mm,激励电源直流工作电压为 4000 V,平均电流为 0.24 A,脉冲频率为 16 kHz。利用日本 SS6300S 型 350 MHz 示波器,在屏蔽室内测得激光管放电电流波形如图 4 所示,其脉宽约为 120 ns,输出激光光脉冲波形如图 5 所示,其脉宽为 40 ns,输出激光功率为 3.6~4.1 W,平均功率为 3.85 W;输出稳定性如图 6 所示;输出光波长为 510 nm 的绿光约占 2/3,波长为 578 nm 的黄光约占 1/3。该激光管累计工作 500 h 以上,输出激光功率仍无明显下降。该激光器总效率达 0.4%。

4 结束语

目前影响 CuCl 蒸气激光器应用的主要因素是输出激光功率不够大、某些应用场合稳定性不够高、寿命不够理想。采用本文所介绍的放电管结构,由于放电区各处的蒸气密度比较均匀,激励状态基本一样,放电有效长度相对增加,增益和功率输出显著提高,并且有效地防止了电

弧弯曲、串弧等不良现象,确保输出功率稳定,同时采用经纯化处理的工作物质和其它一些措施,减缓窗片污染,使放电管寿命大大延长。配置我们研制的适合 CuCl 放电管工作特点的大功率高频脉冲激励电源,制成了高效长寿命实用型 CuCl 蒸气激光器。本文介绍的分段竹节形结构式样,可为其它蒸气激光器放电管的改进提供一点启发和参考。

致谢 此项研制工作曾得到曹新民、苏洪海、陈平、陆锡祥等同志的热情帮助,作者谨表衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 W. T. Walter, N. Solimene, M. Piltch *et al.*. 6C3-Efficient pulsed gas discharge laser. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1966, QE-2: 474
- 2 汪永江,孙威,姚志欣等. 缓冲气体流动的 Cu/CuCl 蒸气激光器. *激光*, 1981, (11): 22
- 3 D. W. Feldman, C. S. Liu. AD-A053237/46A
- 4 黄启文,张明宝,邓鸿林等. 密封自热式 CuCl 激光器. *南京工学院学报*, 1982, (1): 102
- 5 潘来根,张翼翔,凌一鸣等. 蒸气激光器. 中国专利: 实用新型, 85 2 05574. 9, 1987-10-15
- 6 张翼翔,潘来根,杨正名等. 工作物质纯度对 CuCl 激光器寿命的影响. *激光与红外*, 1986, (10): 12
- 7 C. S. Liu, D. W. Feldman, J. L. Pack *et al.*. Kinetic processes in continuously pulsed copper halide laser. *IEEE J. Quant. Electr.*, 1977, QE-13.(9): 744

Study of a CuCl Vapor Laser Tube

Pan Laigen Zhang Yixiang Luo Zongnan Yang Zhenming

(*Department of Electronic Engineering, Southeast University, Nanjing 210096*)

Abstract A new type CuCl vapor laser discharge tube is introduced. The internal tube is bamboo shaped designed with several sections. This design results in the uniform and effective excitation in the whole discharge tube and it is also very helpful for reducing the particle deposition rate on windows. Therefore the output laser power, the operation stability and lifetime of the laser tube are increased obviously. The techniques and major parameters are also described briefly.

Key words vapor laser, discharge tube, self-heat, bamboo shaped tube