

# He - Cd 激光器工作特性与可靠性的实验研究

刘玉华

(佛山科学技术学院物理学系, 广东 佛山 528000)

**摘要:**通过设计新型结构的 He - Cd 激光器, 并对腔长为 600 mm 和 1000 mm 的 He - Cd 激光器的工作特性进行了实验研究, 分别获得了波长为 442 nm 和 325 nm 的激光输出, 功率稳定性为 2% / h, 激光噪声为 5%, 工作寿命大于 6000 h。

**关键词:**功率稳定性; 镉炉温度; 氦气压; 镉气压

中图分类号: TN248 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-5078.2012.02.007

## Experimental study on performance characteristics and reliability of He - Cd laser

LIU Yu-hua

(Physics Department, Foshan University, Foshan 528000, China)

**Abstract:** A new structure of He - Cd laser has been designed and experiments have been carried out to study the performance characteristics of two He - Cd lasers with the cavity lengths of 1000 mm and 600 mm respectively. The laser outputs with the wavelength of 442 nm and 325 nm have been generated accordingly. The power stability is  $\pm 2\%$  / h, the laser noise is 5%, and the operating lifetime would be longer than 6000 h.

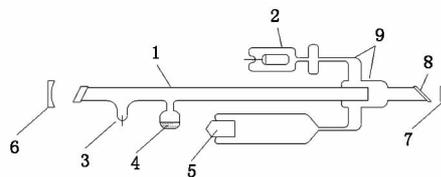
**Key words:** power stability; cadmium furnace temperature; helium pressure; cadmium pressure

### 1 引言

He - Cd 激光器主要在全息照相、光信息处理、光刻、精密检测等方面得到重要应用。尤其是在 CD 和 DVD 光盘母板刻录、电路板检测和光伏太阳能板检测应用上, 显示出 He - Cd 激光器在短波长激光输出的突出特点。国内的防伪产业、光盘产业以及电路板生产行业都有很大的规模, 尤其是目前的新能源太阳能光伏产业的兴起, 更加速了对 He - Cd 激光器的应用和产品质量提高的要求。现有相关设备使用的激光器多为日本和美国等进口产品, 由于 He - Cd 激光器的工作寿命一般能达到 3000 ~ 6000 h, 也就是说一般激光器连续工作 4 ~ 7 个月就必须更换激光管, 为了使 He - Cd 激光器的使用量长期维持并逐渐提高, 必须加强 He - Cd 激光器工作特性的研究, 提高激光器的寿命, 稳定激光器的输出功率, 降低激光噪声, 满足用户的要求, 并逐步替代进口产品。

### 2 He - Cd 激光器的结构设计

He - Cd 激光器的结构包括玻璃或石英烧制的激光管、谐振腔架体及壳体机箱。谐振腔体包括热稳定性很好的支架, 支架两端设有激光反射镜微调头, 起到机械和热稳定的作用, 可以保证激光腔体处于最佳耦合状态<sup>[1-2]</sup>。激光管型分为内腔和外腔结构, 具体设计如图 1、图 2 所示。

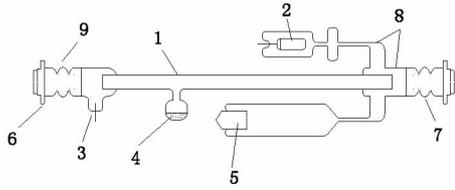


1 - 放电管; 2 - 钨阴极; 3 - 阳极; 4 - 镉池; 5 - 氦气补气室  
6 - 全反射镜; 7 - 输出镜; 8 - 布儒斯特窗; 9 - 镉沉降区

图1 全外腔激光管结构

作者简介: 刘玉华(1963 -), 女, 副教授, 硕士, 主要研究方向是新型气体激光器件的研制。E-mail: miss-lau@tom.com

收稿日期: 2011-06-03; 修订日期: 2011-07-20



1 - 放电管; 2 - 钨阴极; 3 - 阳极; 4 - 镉池; 5 - 氦气补气室  
6 和 7 - 反射镜金属调节头; 8 - 镉沉降区; 9 - 波纹管

图2 全内腔激光管结构

图1和图2中示意的He - Cd激光器只需选择不同波段的激光反射镜,就可以输出442或325的兰紫色或紫外激光。

### 3 放电电流与输出功率

镉是He - Cd激光器的工作物质,氦为辅助气体通过氦气的辉光放电,使加热形成的镉蒸汽电离,由于电泳作用镉离子由放电阴极向激光管阴极端扩散形成镉离子流并产生激光能级跃迁。因此镉加热温度、氦气的放电电流、氦气压对He - Cd激光器的输出功率、功率稳定性和激光噪声等主要性能指标都起到重要的作用和影响<sup>[3]</sup>。

如图3所示,He - Cd激光器的输出功率随着放电电流的变化而变化,激光输出功率的最大值相对于放电电流存在最佳值。

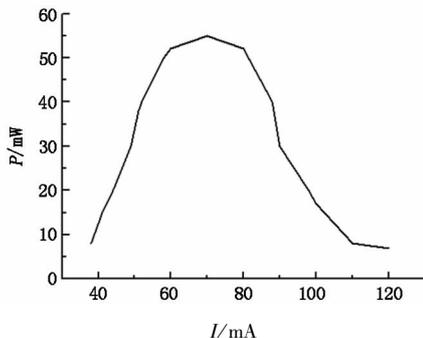


图3 输出功率与放电电流的关系

### 4 氦气压与输出功率

当镉炉的温度恒定时,激光输出功率与不同的放电电流时氦气的气体压强的变化如图4所示。从图4可以看出:当氦气压低时,放电电流大时,激光输出功率高;当氦气压高时,放电电流小时,激光输出功率高。实验表明氦气压的最佳值与放电管直径成反比,并且满足以下关系:

$$P \times d = \frac{10 \sim 12}{133} (\text{Pa} \cdot \text{mm})$$

根据放电管的孔径和长度,考虑到激光稳定性、低噪声等问题,我们选择氦气压为  $6 \times (133 \pm 30) \text{ Pa}$  为宜。

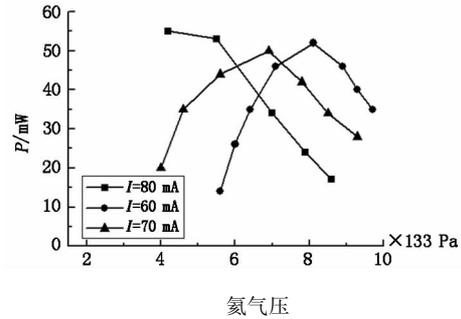


图4 在不同的工作电流时,氦气压与输出功率的关系

### 5 镉炉温度与输出功率

镉炉温度的控制直接影响到激光器中镉蒸汽的密度,对于激光输出功率及技术指标影响很大<sup>[3]</sup>。为了获得最佳运转条件,控制最佳镉源温度是十分重要的<sup>[4]</sup>。在实验中,我们先用调压器给电炉丝加热,当调压器停止给电炉丝电压后,炉温继续变化,需要较长的时间才能稳定,而且不容易控制在所要求的温度上,输出功率有明显的波动。对于不变的放电电流和不变的氦气气压来说,镉炉温度与输出功率关系如图5所示。

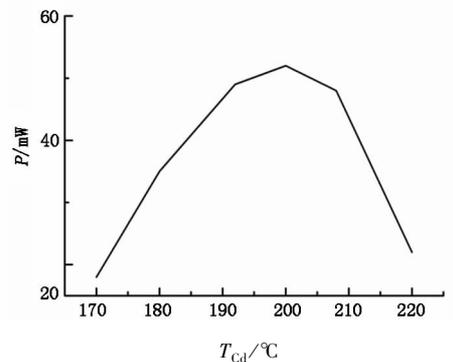


图5 镉炉温度与输出功率的关系

从图5可以看出,镉炉温度存在最佳值,因此镉炉温度必须进行精密的控制并且保持恒定。一般而言,He - Cd激光器在正常工作的情况下,镉蒸汽压在放电管中的流动速率为  $1 \text{ mg/h}$ 。

另外,影响He - Cd激光器输出功率稳定性的因素还有He - Cd激光器的噪声问题,He - Cd激光器的主要缺点也是噪声较高,一般而言,频率从直流到几赫的范围,噪声功率达到输出功率的百分之几到百分之十几。我们通过调节放电电流和镉炉温度,使放电管内镉蒸汽压分布均匀,减少杂质气体。获得5%的激光噪声。

### 6 结论

通过实验研究,可以看出提高He - Cd激光器的工作性能,必须控制恒定的放电电流和镉炉的

温度,并且要考虑氦气的自动控制补气系统。具有良好的热稳定性的谐振腔也是保证 He - Cd 激光器质量的重要保障。本文对腔长为 1 m 的 He - Cd 激光器进行了实验研究,获得了最佳氦气压、镉炉温度、放电电流和最佳激光输出功率的基本数据,并在腔长 600 mm 和 1000 mm 的激光器上获得波长为 442 nm 和 325 nm 的单模激光输出,其中腔长为 600 mm 的激光器上获得波长为 442 nm 的激光输出功率为 20 mW,波长为 325 nm 的激光输出功率为 5 mW;腔长为 1000 mm 的激光器上获得波长为 442 nm 的输出功率为 70 mW,波长为 325 nm 的激光输出功率为 15 mW。其功率稳定性为 2%/h,噪声为 5%,平均工作寿命分别为 6000 h,3000 h。

#### 参考文献:

- [1] Zhou Shunbiao, Gong Yage, Chen Liqiang, et al. Development of a miniature He - Cd laser [J]. Applied Laser, 2001, 21(1): 43 - 45. (in Chinese)  
周顺彪, 龚雅各, 陈立强, 等. 小型氦镉激光器的研制 [J]. 应用激光, 2001, 21(1): 43 - 45.
- [2] Wang Nuo, Tang Lingxi. He - Cd laser with the mold volume shape discharge [J]. Chinese J Laser, 1988, (16): 460 - 468. (in Chinese)  
王诺, 唐令西. 具有模体积形状放电管的 He - Cd 激光器 [J]. 中国激光, 1989, 16(8): 460 - 461, 468.
- [3] Liu Xin, Liu Xiuluan. The experimental study on the small hot type He - Cd laser tube life [J]. Journal of Applied Laser (Journal of Optoelectronics · Laser), 1986, 6(1 - 2): 79 - 83. (in Chinese)  
刘新, 刘秀鸾. 对小型自热式氦镉激光管寿命的实验研究 [J]. 应用激光联刊, 1986, 6(1 - 2): 79 - 83.
- [4] Wu Ping, Wang Yuzhi, Wang Zuyuan. Double-way exhausting method for He - Cd lasers of the positive column type [J]. Laser Journal, 1999, 20(2): 41 - 43. (in Chinese)  
吴平, 王欲知, 王祖源. 真空双排气系统在正柱型 He - Cd 激光器制造中的应用 [J]. 激光杂志, 1999, 20(2): 41 - 43.
- [5] L Martin. Methods of experimental physics, vacuum physics and technology [J]. Academic Press Inc., 1979, 14: 12 - 13.