

## 参 考 文 献

- [1] E. W. Müller and T. T. Tsong, Field Ion Microscopy, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York (1969).
- [2] 陆华, 物理, 11(1982), 624.
- [3] L. E. Thomas and S. Danyluk, *J. Sci. Instr.*, 4 (1971), 843.
- [4] K. M. Bowkett and D. A. Smith, Field Ion Microscopy, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, London (1970).
- [5] E. W. Müller, *Science*, 149(1965), 591.
- [6] K. Ishimoto, H. M. Park, T. Nishida and M. Doyama, *Surface Sci.*, 41(1974), 102.
- [7] M. Doyama, T. Nishida, M. Obara and S. Tanigawa, *J. J. Appl. phys.*, 17(1978), 805.
- [8] W. Polanschutz and E. Krautz, *Z. Metallkde*, 65 (1974), 623.
- [9] H. Lu, M. Doyama, M. Nakamura, Y. Suzuki, T. Arise and A. Ohkura, *Journal of the Iron and Steel Institute of Japan*, 5(1981), 553.
- [10] H. Lu, T. Arise, M. Nakamura and M. Doyama, Proceedings of the 27th International Field Emission Symposium, Tokyo, Japan, July 7—12, (1980), 386.
- [11] H. Lu, M. Doyama, M. Nakamura, T. Arise, Y. Suzuki and T. Iwata, Proceedings of the 28th International Field Emission Symposium, Oregon, U.S.A., July 27—31, (1981), 169.
- [12] E. W. Müller, *Advances in Electronics and Electron Phys.*, 13(1960), 83.
- [13] M. J. Southon and D. G. Brandon, *Phil. Mag.*, 8(1963), 579.
- [14] P. J. Turner et al., *J. Sci. Instr.*, 2(1969), 731.

## 连续和脉冲共同泵浦的氩灯 Nd<sup>3+</sup>: YAG 激光器

张 镇 西 (西北大学物理系)

热透镜效应是 YAG 激光器的重要现象之一, 可用“热不灵敏腔”或研磨凹面来补偿. 修了凹面的 YAG 棒, 一般不能再作为单次或低重复脉冲激光工作物质, 其原因是凹面将使激光束的发散角成倍增大. 对此, 我们利用简单的电路, 在保持棒端曲率不变的情况下, 研制成一种连续和脉冲共同泵浦的激光器.

### 一、实验装置

该激光器利用双椭圆聚光器中串联高压连续氩灯 (有效长度和直径各为 77 毫米和 6 毫米), 泵浦掺 1% 钕的 YAG 棒 ( $\phi 5 \times 75$  毫米). 实验装置如图 1 所示. 谐振腔采用平面和曲率半径为 1 米的两个全反射镜. 用光电二极管 (型号为 BPX65) 检测脉冲信号, 再通过同轴电缆输送到示波器中进行观察和照相. 介质偏振器仅允许  $p$  偏振方向的光通过,  $s$  偏振方向的光被介质偏振器全反射, 并通过普克尔盒到全反射镜后反馈回腔内. 使用水和风冷的功率计 (测

量功率). 采用高精度、水温误差不超过  $\pm 1^\circ\text{C}$  的双泵冷却系统 (冷却液用来冷却激光器, 循环水再冷却冷却液). 棒在连续光泵和表面冷却作用下, 存在一温度梯度, 它引起横截面上应力和折射率的变化, 出现应力双折射和热透镜效应. 这些效应引起棒两端球面变形, 并导致光束直径在 TEM<sub>00</sub> 模中出现按强度分布的两个腰. 热透镜焦距  $f$  在泵浦功率为 5 千瓦时, 用扩束 He-Ne 激光器测量 (并做折射率修正, 对应 1.06 微米波长时换算) 约为 0.6 米, 屈光度  $D$  为

$$D = \frac{1}{f},$$

补偿的目的是使校正后的屈光度为零, 也就是

$$D - D_{\text{补偿}} = 0,$$

这样

$$D = D_{\text{补偿}}.$$

由端面曲率引起的棒焦距可用光学厚透镜公式计算:

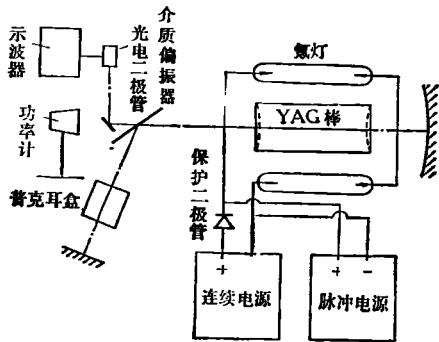


图1 实验装置示意图

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) - \frac{D(n-1)^2}{nr_1r_2}$$

式中  $r_1$  和  $r_2$  是棒两个端面的曲率半径,  $D$  是棒长度,  $n$  是棒的折射率。设  $r_1$  和  $r_2$  相等, 均为  $R$ , 又  $nr_1r_2$  远远大于  $D(n-1)^2$ , 上式简化成薄透镜公式:

$$R = 2(n-1)f,$$

代入  $f$  与  $n$  值 ( $n=1.823$ ), 求得补偿透镜的曲率半径为 1 米。实验证明, 采用这种凹面被动补偿法, 在泵浦功率为 5 千瓦和输出镜半反射率为 90% 时, 激光连续输出最大, 达 51 瓦, 转换效率达 1% 以上。在棒端修的凹面不变的情况下, 我们令两种泵浦方式同时工作, 利用连续泵浦补偿热透镜效应 (补偿凹面), 而用脉冲泵浦来获得单次脉冲激光输出。这样, 使用修了上述凹面的棒, 也获得了脉冲输出。电路原理图如图 2 所示。连续电源至氦灯处的二极管阻止高压脉冲通过, 对连续电源起保护作用。

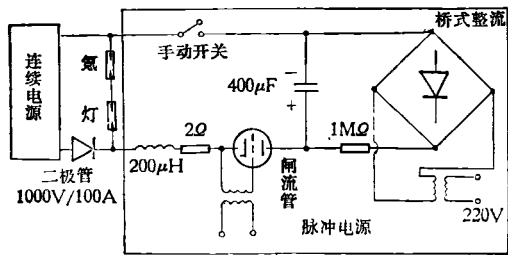


图2 脉冲电源电路原理图

激光器工作程序为: 首先用连续电源点燃灯, 输入 20 安培的维持电流, 然后进行脉冲能

物理

量的输入。

## 二、结果与讨论

为了对该激光器性能进行分析, 我们进行了峰值电流和小信号增益系数的测量, 以及脉冲光电调  $Q$  的实验, 结果如图 3 所示 [图中  $g$  为小信号增益系数 (厘米<sup>-1</sup>),  $I$  为脉冲电流 (安培),  $U$  为电容器负荷电压 (千伏)]。图下半部分表示了峰值电流与电容器负荷电压的关系, 这个曲线与线性关系仅有微小的偏差。说明在所研究的状态中, 灯弧电阻同电路总阻抗相比是很小的。当电流为 160 安培时 (电容充电电压为 900 伏), 激光器输出能量为 0.25 焦耳, 脉冲调制偏振输出效率为 0.3%, 脉冲激光的波形如文献 [1] 中的图 11 所示。图上半部分给出了普通谐振腔的小信号增益系数<sup>[2]</sup>的测量结果。从小信号增益系数的测量值可看出, 脉冲和连续泵浦 YAG 激光器的泵浦率对于普通的谐振腔约为 1%。这说明用凹面法补偿热透镜效应是可行的, 当然也可用“热不灵敏腔”来补偿, 其优点是简单、方便和可在较宽的泵浦范围内使用。但对于非线性谐振腔和棒的串接不太适用, 其原因是“热不灵敏腔”将增加衍射损耗及对棒串接要求的调正精度高, 否则光将严重畸变。虽

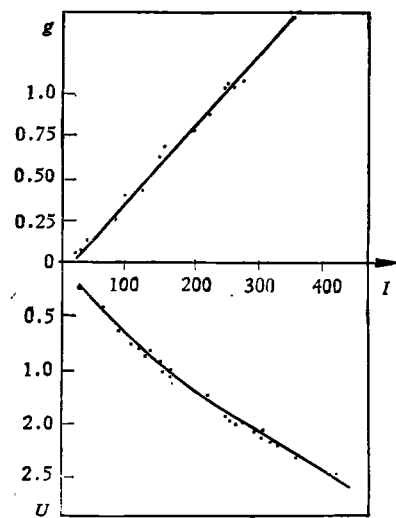


图3 氦灯脉冲运转时普通谐振腔的小信号增益系数

然凹面加工困难, 仅能补偿某一特定功率下的热透镜效应, 但补偿的精度高, 特别适用于在一谐振腔中的多棒串接。因为影响激光输出方向性的热透镜效应, 由每个棒的凹面逐级进行补偿, 最后将获得理想的激光输出。

实验证明, 该激光器具有连续和脉冲泵浦的优点, 并较好地补偿了热透镜效应。连续氦灯(型号为 KBF2500 瓦) 可经受连续和脉冲电流的冲击, 从泵浦方式上来说, 是一种新型的激光器。利用普通谐振腔可连续或脉冲输出激光, 半反镜反射率  $r$  的选取与工作方式有关。对于脉冲激光器,  $r$  应小于 50%, 否则将获得连续激

光输出; 对于连续激光器,  $r$  应选取 60—90%, 不再进行脉冲泵浦。

本文的实验工作完成于西德 Stuttgart 大学 H. Zwicker 教授领导的等离子体研究所, 并得到该所 H. Salzmann, H. Strohwald 和 K. Hirsch 博士的帮助, 以及 Essen 大学 H. F. Döbele 教授的指导, 作者谨表深切感谢。

### 参 考 文 献

- [1] C. H. Chang (张镇西), K. Hirsch, H. Salzmann, *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-16 (1980), 439.
- [2] W. Koechner, *Solid-State Laser Engineering*, Springer, New York, (1976).

## 一台无油超高真空区熔炉的改装与调试

高 国 儒 (中国科学院物理研究所)

难熔金属由于其吸气性、共生性及熔点高等特点, 很难得到高纯样品。用一般方法(比如粉末冶金法和电弧熔炼法) 要想得到高纯的难熔金属是极其困难的, 但是用等离子熔炼法和电子束熔炼法有可能得到纯度较高的难熔金属材料。为了获得高纯的难熔金属单晶, 我们对一台原来设计和加工都存在很大问题的无油超高真空电子束区熔炉进行了改造: 用钛球升华器代替原有的 Ti-Mo 丝升华器; 抛弃了笨重、复杂、不能用的电子枪, 重新设计加工了一个简单易作的电子枪; 重新设计了一个电子枪升降机构, 解决了原来存在的电子枪作升降运动时产生的卡死问题; 重新设计加工了一个样品架, 解决了样品对中及高温下的脱落问题; 更换了炉壳上的一些部件, 克服了系统严重的漏气现象。

区熔炉的极限真空已调到  $3 \times 10^{-10}$  托。烘烤期间, 在先后用吸附泵及离子泵对系统进行抽气的情况下, 用电子枪对样品进行多次除气, 使得熔炼直径 10 毫米、长约 200 毫米(实际区熔长度为 110 毫米) 钨棒时的工作真空度达到  $10^{-8}$  托(最高可达  $2 \times 10^{-9}$  托)。从 1981 年 11

月中旬到 1982 年 1 月初已成功地区熔出七个直径 10 毫米、长 110 毫米的钨单晶。自己设计的电子枪聚焦很好, 熔区小于 5 毫米, 熔炼出的样品表面光滑平整。

### 一、真 空 系 统

本设备容积为 320 升, 采用无油超高真空机组抽气。前级为两只外冷式的吸附泵, 吸气剂为 5A 和 13x 分子筛的混合物。用一个吸附泵对系统抽气, 可从大气压抽至  $5 \times 10^{-4}$  托左右。若用机械泵先抽至 10 托左右, 然后启动吸附泵, 则可达  $1-2 \times 10^{-4}$  托。采用差动式离子泵, 其相对两个阴极分别采用钛板和钨板, 抽气速率为 400 升/秒, 一般用它把容器抽至  $1-2 \times 10^{-8}$  托。升华泵原来采用 Ti-Mo 丝升华器, 但由于 Ti-Mo 丝长达 575 毫米, 水平放置, 加热后极易下垂熔断, 有时在除气阶段熔断。现改为钛球升华器, 设计抽速为 10000 升/秒, 实际抽速没有测量过。真空室原有大漏, 经更换部件后大漏消除, 系统的漏气率达到  $1.2 \times 10^{-9}$