

# 调准 He-Ne 气体激光管谐振腔的一种方法

福建师范大学物理系气体激光工作小组

## 提 要

本文介绍了在没有内调焦望远镜的条件下用 F550 平行光管调准 He-Ne 气体激光管谐振腔的一种新方法。

在毛主席的无产阶级教育路线指引下,为了尽量采用先进技术和建立教学、科研和生产劳动三结合的新体制,我组工人和教师于 1973 年 10 月开始研制全内腔 He-Ne 气体激光管。研制激光管一般都需要内调焦望远镜调准谐振腔,但我们没有,只有平行光管。面临这设备条件差的情况,是退却还是前进呢?通过批林批孔,狠批林彪效法孔老二“克己复礼”妄图复辟资本主义的罪行,同时狠批了林彪孔老二的“上智下愚”和“天才论”,充分发动群众,依靠群众,坚持实践——理论——实践的原则,经过三个月的奋战,于 1974 年元旦研制成功,接着就投入小批量生产。这些产品,经我系的使用和有关部门的试用,性能良好。现将我们调准谐振腔的原理和实验方法等小结如下。

## 一、原 理

我们根据激光光束的准直性和模式匹配的原理,用 F550 平行光管调准 He-Ne 管的谐振

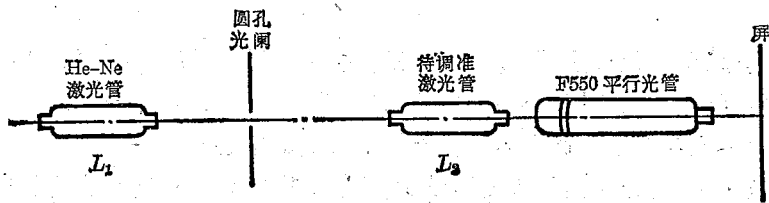


图 实验装置

腔,即调准谐振腔的两片反射镜互相平行且垂直于毛细管的轴线。其实验装置如图 1 所示。

### 1. 激光光束的准直性

激光光束是一束发散角很小的单色光,在一般使用中可作为一束平行光。但在精密测量中要求在尽可能长的距离内保持好的准直性,平凹腔发射的高斯光束的腰部位于平面反射镜上,由它发射的高斯光束有较大的准直距离  $z = \frac{\pi W_0^2}{\lambda}$ ,  $W_0$  是束腰半径。我们用一支平凹腔 He-Ne 管发射的横向基模 TEM<sub>00</sub> 的高斯光束作为准直光束,使光束轴线与激光管毛细管及平行光管光轴三者重合。

### 2. 模式耦合<sup>[1,2]</sup>

当激光器  $L_1$  的输出光束投射于同轴的一无源谐振腔或法布里-珀罗谐振器  $L_2$ , 投射激光束将在  $L_2$  的两反射镜之间来回反射形成振荡。为了使光束模式匹配,即  $L_1$  发射一种横向模式的光束,将在  $L_2$  中振荡形成同一模式,必须在二者之间放置一定焦距的薄透镜。

当  $L_1$ 、 $L_2$  的模式的光束参数(束宽度  $W$ , 曲率半径  $R$ )之间没有匹配时,投射光束将在  $L_2$

的两反射镜之间来回反射，激发起多种不同的模式， $L_1$  发射单一模式，例如横向基模  $TEM_{00}$  可以耦合于  $L_2$  中的多种模式，即发生了模式之间的转换。

根据理论分析，投射激光束为  $TEM_{00}$  时，基模与基模之间的耦合仍为最大，即从平行光管观察到  $L_2$  中模式出现  $TEM_{00}$  的几率仍为最大。

我们就是根据  $L_1$  和  $L_2$  的模式光束参数没有匹配时模式的耦合来调准谐振腔反射镜的平行度。当  $L_1$  投射一单一模式  $TEM_{00}$  于待调准的谐振腔  $L_2$  上时，从平行光管中如能观察到比较清晰和亮度较大的横向基模，此外还有其他高次序数的横向模式时，即表明  $L_2$  的平凹反射镜已达到所要求的平行度，同时垂直于毛细管轴。

## 二、实验步骤

### 1. 细磨管端

(1) 调节光路使平行光管与激光束共轴，即激光束经小孔光阑及平行光管之后于屏上形成衍射条纹的象中心与高斯目镜叉丝投影的中心重合，要求衍射图形清晰即衍射条纹间距和亮度均匀对称。

(2) 把管端粗磨过的管子固定于光具座支架上，调节其上下左右位置，使激光束对称通过毛细管，同时要在屏上能观察到毛细管的圆形衍射条纹中心与叉丝中心重合，衍射条纹清晰。这时毛细管轴与激光束和平行光管共轴。

(3) 取一基片(平行度  $< 1'$ ，平行度越高越好)紧贴于待调准的管端，观察从基片表面反射的光束在光阑上的光点与光阑小孔的偏差，决定进一步细磨管端的方位。用手磨盘加金刚砂磨修直到从基片上反射的光点与光阑小孔完全重合为止。进行这一步骤要有重复性。这时这一管口端面与毛细管已基本上垂直。

(4) 换另一管端重复上述步骤。每次细磨后要把管口上的金刚砂清洗干净，以避免各种偶然因素。

(5) 对要贴凹面反射镜的管端，除上述步骤外，必须用凹面反射镜进行检验。把要贴凹面镜的管端放置于离光阑小孔的远端，把凹面镜紧贴管口，要求观察到的反射光点完全进入光阑小孔，否则对磨端要再进行磨修，同时要使凹面上的工作点位于凹面的中心。

(6) 用抽气机对管子抽气，用一对介质膜片自然紧贴于管端，此时如果平行度已达到要求的精度，那末从平行光管就可以观察到进入管子的激光束发生模式的变化(注意不要与气流所引起的抖动混在一起)。当能观察到比较清晰和有一定亮度的模式变化时，管端才算磨好，否则要重复上述步骤进行检查并对管端进行微修。

### 2. 贴膜

(1) 把磨好并清洗后的管子装进特制的夹具，然后放置于光具座的支架上，重复上述(2)的步骤，调节毛细管与激光束和平行光管共轴。

(2) 先贴凹面介质膜片，调节夹具上用以固定膜片的三个螺丝使得从凹面介质膜片反射的光点集中地完全进入光阑小孔，同时从平行光管观察衍射条纹，直到清晰为止。

(3) 然后贴平面介质膜片，调节夹具上用以固定膜片的三个螺丝使得膜片的反射光点与光阑小孔重合。此时从平行光管应可观察到横向模式的变化；继续微调螺丝直至可以观察到比较清晰和有一定亮度的横向基模以及高序数模式。这里微调螺丝是为了改善或提高两膜片

平行度的精度。

(4) 细心地从光具座上取下来进行胶合粘结。固化后再把管子放在光具座支架上, 如从平行光管仍能观察到清晰的和有一定亮度的横向基模以及其他序数横模的变换, 说明在胶合固化过程中膜片没有移动。至此可让管子上抽气台进行抽气, 玻壳除气、阴极处理和充气等。

### 三、实验结果和讨论

(1) 贴膜固化后, 经上述步骤 2 (4) 的检查, 如果仍然观察到最佳的模式变换, 那么经抽气充气之后这根管一定可以出激光。其原理已如上述。

(2) 在选好的毛细管(如圆形截面的均匀和轴向的平直度)和质量较好的介质膜片的情况下, 我们按这种方法可以控制管子取得较好的模式和较大的功率。我们的初步经验是在步骤 2 (3)、(4) 中如果观察到管子的激发模式中横向基模  $TEM_{00}$  出现的机会最多, 振荡持续的时间最长, 图形清晰明亮, 选取这时贴膜上胶, 那么这根管子将来出的激光模式就是横向基模。当观察到除横向基模外还有其他高序数模式的变换, 如  $TEM_{01}$ 、 $TEM_{11}$ 、 $TEM_{12}$ 、……, 模式种类比较多, 那么这根管子的功率就比较大。这可从理论上来说明, 激光腔的反射镜严格平行且和毛细管轴垂直时, 各种模式的衍射损失均为最小, 如果反射镜的平行度微有偏离, 则各模式的衍射损耗相应增加, 高序数模式的损耗较大, 以至不能振荡而基模的损耗较小, 仍可产生激光振荡, 但激光束的强度减弱。

(3) 我们认为在设备较差的情况下, 我们这种方法还是比较可靠的, 成品率高, 与用内调焦望远镜对光贴膜的方法相比, 我们这种方法似有一些优点, 如模式较易控制, 在上抽气台之前经过检查就可判断该管能否出激光, 出什么模式等。如经检查管子不合格或不理想, 比如两膜片的平行度未达精度要求或粘结固化过程膜片移动了等, 就不让上抽气台, 免得经过抽气充气等一系列过程之后又不出激光, 克服了盲目性。

(4) 我们的方法比之用内调焦望远镜方法也有一些缺陷, 就是比较麻烦。我们虽然选择模式好的激光束作为准直光束, 但在调节激光束与毛细管和平行光管的共轴中, 靠眼睛观察圆形衍射条纹的圆心与叉丝交点重合, 衍射图形清晰, 难免有误差, 且对不同的操作者可能略有不同, 在磨管对光特别是贴平面镜的这一端, 平面镜反射到光阑上的光点比光阑圆孔还大些, 不易观察和判断。所以在实验中要特别注意重复性, 最好要有两个操作者互相校对, 以保证实验的精度。

### 四、存在问题

从平行光管中除观察到管子中振荡模式的变换外, 有时还观察到模式变换速度快慢的差别以及模式图样的旋转等。引起这些现象的机理是什么? 是否与用以准直的激光束的漂移, 管子毛细管的不均匀性, 外界振动的干扰等因素有关。如何从理论上阐明和做一些有关的实验来验证, 有待进一步探讨。

### 参 考 资 料

- [1] H. Kogelnik, T. Li; *Appl. Opt.*, 5, 1550 (1966).
- [2] A. Maitland, M. H. Duun; "Laser Physics".