

# 用不平行镜调整平凹激光腔

山东师范学院物理系激光组  
山东电子管厂激光组

## 提 要

使用可调焦平行光管调准平凹型气体激光器的振荡腔时,常常因为平面反射镜前后两表面的不平行度(设夹角为 $\theta$ )给调腔引起误差。本文分析了已往的一些克服误差的办法,并提出了一种巧妙地利用不平行度 $\theta$ 来调整激光腔的方法。实践证明,本方法工艺操作简便,精确度高,可提高生产效率,适用于氮-氛、氮-镉、氫离子和玻璃基板小孔耦合输出的二氧化碳等气体激光器的调腔工作。

## 一、问题的提出

在制作平凹腔结构的气体激光器时,为了克服调腔过程中平面反射镜的不平行度 $\theta$ 引进的误差,有关单位曾提出了许多克服办法。例如:武汉地震大队提出的“模拟迭象法”<sup>[3]</sup>和使用两台内调焦平行光管调腔的“三叉丝法”,福建师院提出的“模式耦合法”<sup>[2]</sup>以及许多单位使用的车床磨管法等,我们分析比较了这些方法,感到每种方法都有其可取的优点,但在实践中也都存在某些令人不满意的缺点。

除此之外,我们还发现上述各方法的指导思想中有一共同之点,都是尽力避开不平行角 $\theta$ 的干扰。我们的想法是反其道而行之,能否不回避 $\theta$ 而恰恰是去利用 $\theta$ 来调整激光腔呢?

## 二、理论上的考虑

为了弄清上述这一想法能否实现,有必要对所有提及的问题先从理论上进行简明的分析。

如图1所示, $OO'$ 表示平行光管的光轴。假设 $OO'$ 已和平凹腔的中心轴调重合并与平镜的后表面 $MM'$ 调垂直。 $\theta$ 为平镜前后表面的夹角。 $NN'$ 、 $N_1N'_1$ 是平镜前表面 $PP'$ 的法线, $O_1O'_1$ 和 $O_2O'_2$ 是平镜后表面 $MM'$ 的法线。

在计算中,令空气折射率 $n_1=1$ ,玻璃折射率 $n_2=n=1.516$ (K8玻璃),当入射角 $\theta_1$ 和折射角 $\theta_2$ 都很小时,折射定律: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ 可近似写成

$$\theta_1 \approx n_2 \theta_2。$$

由图1很容易看出有下列关系:

1) 前表面 $PP'$ 的反射线 $AA'$ 与光轴的夹角

$$\angle OAA' = 2\theta$$

2) 后表面 $MM'$ 的反射线 $CC'$ 与光轴的夹角

$$\angle O_2CC' = \alpha_3 \approx \theta$$

简单推导如下:在A点利用折射定律得

$$\alpha_1 = \frac{\theta}{n} \quad (1)$$

并由几何关系得:

$$\alpha_2 = \theta - \alpha_1 \quad (2)$$

在C点再利用折射定律,又得

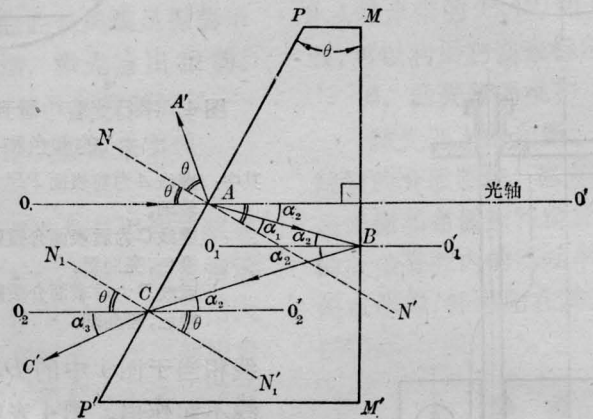
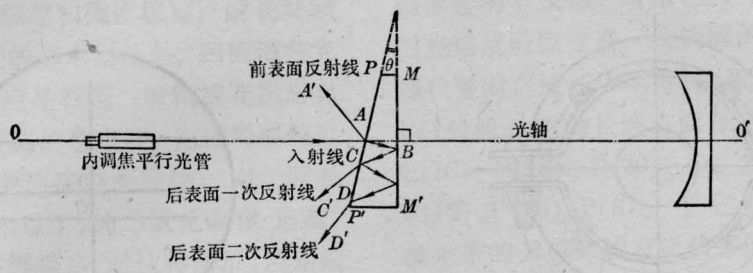


图1 平凹腔调腔光路图

$$\alpha_3 + \theta = n[\alpha_2 + \theta] \quad (3)$$

将(1)和(2)代入(3),得

$$\alpha_3 = 2n\theta - 2\theta \approx 2 \times 1.516\theta - 2\theta \approx \theta$$

$\alpha_3$ 正是后表面  $MM'$  的一次反射线  $CC'$  与光轴的夹角。

3) 前表面的反射象  $AA'$  与后表面的一次反射象  $CC'$  分居入射线  $OA$  的两边。

根据上面得到的三点结论,我们如何调

节平凹腔的后表面  $MM'$  与内调焦平行光管的光轴  $OO'$  垂直呢? 只要做到下列两点即可:

① 调节平镜使其前表面的反射叉丝象与后表面反射的叉丝象分居仪器叉丝的两边;

② 前表面反射的叉丝象与仪器叉丝的距离等于后表面反射叉丝象与仪器叉丝距离的二倍。如图2所示,使  $OA = 2CO$ , 这就是我们所要求的光轴  $OO'$  与平镜后表面  $MM'$  垂直的位置。

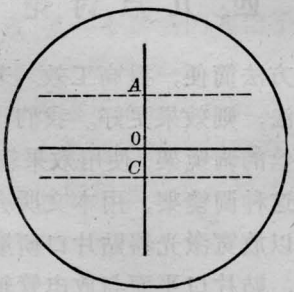


图2 内调焦平行光管的光轴与平镜后表面  $MM'$  垂直时,仪器叉丝与前后表面反射象的分布图

其中: 虚线  $A$  为平镜前表面的反射象。  
虚线  $C$  为平镜后表面的一次反射象。  
实线  $O$  为仪器本身的叉丝。

### 三、设计步骤

以全内腔氦-氖激光器的调腔为例,说明我们对上述理论应用于实践上的设计步骤。

(1) 使内调焦平行光管的光轴重合于激光器放电管的中心轴线。

(2) 将激光器的远端口粘帖凹反射镜,利用调镜架(图3)调准凹镜,使其反射的叉丝象与仪器叉丝重合,这就调准了凹镜,而后

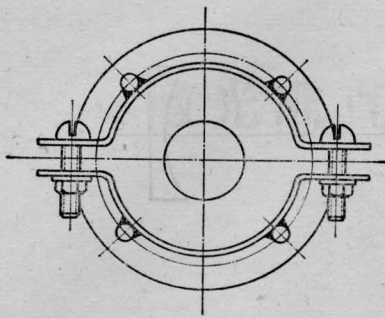


图3 调镜架

涂胶合剂胶合。

(3) 用调镜架将平镜卡到激光器的近端口上, 此时可在内调焦望远镜中看到由平镜反射回来的叉丝象。一般情况是, 叉丝象的每一个轴都变成三条(图4中只画出了横轴的两条线)。因为仪器的光源是白光, 所以由平镜的玻璃前表面  $PP'$  反射的象应呈白色(因玻璃表面对多种颜色的反射率差不多), 这条线相当于图1中的  $AA'$  线。中间一条线最亮, 且为黄橙色, 这条正是平镜后表面的介质膜  $MM'$  的一次反射象, 因为氦-氖激光器介质膜的反射率很高, 对红光 6328 埃反射率尤其高, 因而其反射象最亮且含红光的成分较多, 使呈黄橙色。这条线相当于图1中的  $CC'$  线。在这条亮线的另一侧还有一条较暗的红橙色的线, 它是后表面  $MM'$  的二次反射象, 因而它含红光的成分更多且较暗, 这条

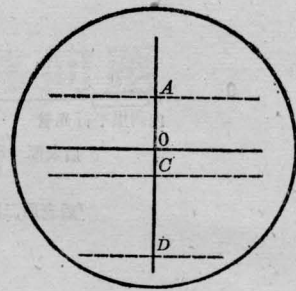


图4 平行光管中看到的前后表面的反射象的颜色和亮度不同

其中: 虚线  $A$  为前表面  $PP'$  玻璃的反射象, 呈白色光且较细。  
虚线  $C$  为后表面介质膜  $MM'$  的一次反射象, 呈黄橙色, 亮而粗。  
虚线  $D$  为后表面介质膜  $MM'$  的二次反射象, 呈红橙色, 暗而细。

线相当于图1中的  $DD'$  线。在调腔时, 这条线不起作用。图4表明了这三条线的分布情况。

在平行光管中判断清楚前表面的反射象和后表面的一次反射象, 然后利用调整镜架调整平镜, 其方法是使图4中的  $OA$  等于二倍  $OC$ 。

同理, 反射叉丝象的竖轴也是三条(图4中未画出), 调整方法与横轴相同, 不再详述。平镜调整后即可涂胶合剂胶合。

#### 四、几点讨论

(1) 方法简便, 提高工效。若配合较好的调镜方法, 则效果更好。我们设计了一种带四脚螺丝的调镜架, 使用效果较好(图3)。

使用这种调镜架, 用本文所介绍的方法调腔时可以放宽激光器贴片口研磨的精度。实践证明, 贴片口平面与放电管轴线的垂直度的公差要求可以从几秒的数量级放宽到几分的数量级, 因而提高工效较大。甚至仅把端口粗磨一下, 使之端口面与放电管轴线大致垂直, 也可进行贴片。不过这时应用上述调镜架, 将镜片与放电管的相对位置调整后, 镜



编号	腔长 (毫米)	平镜的不平行度 $\theta$ (秒)	输出功率 (毫瓦)
7#	250	15	2.4
15#	250	10	出光较好,功率未测
17#	250	12	出光较好,功率未测
71#	250	22	1.7
58#	250	10	3.4
73#	250	20	2.4

面与端口的斜缝可能较大,为防止胶合剂流入腔内,可在胶合剂中加入适当的填充剂,如:氧化铅粉、石英粉、氧化镁粉等。

若使用上海师大物理系提出的“球台”可调镜办法<sup>[1]</sup>,将介质膜片磨成球台型,则更有优越性。

(2) 方法具有普遍性。这个方法可适用于各种平凹腔气体激光器的调腔上。例如:使用在氦-镉激光器上时,因为其介质膜对紫蓝光反射率大,在判断平镜的前后表面反射的叉丝象时,应注意到后表面介质膜的一次反射象含紫蓝色光的成分较多。

(3) 精度较高,成品率高。内调焦平行光管本身的精度为6秒(仪器叉丝线宽度相当于6秒),调远端凹镜时,误差可控制在3秒以内(叉丝的半线宽),调平镜的精度可控制在6秒以内,再考虑到调平镜的精度与放电管中心轴重合时引起的误差,累计误差可

控制在10~15秒范围内,这对全内腔氦-氖激光器来说,精度已满足要求。在我们连续生产的六批20支管中,出光18支,成品率达90%,并且正品率有所提高。

上表列出了部分实验结果,从中可以看出不平行度 $\theta$ 较大的平镜,一样能使激光腔调得较准,输出功率较大。

(4) 在使用调镜架旋夹紧螺丝时用力应适当,若用力过大,可能使平镜形变,胶合固化后,在平镜上引进应力,产生双折射现象,影响激光输出。若使用球台型可调镜,则不会发生这种现象。

### 参 考 资 料

- [1] 徐日长,姚芳海,《激光》, No.3, 18~19 (1975)
- [2] 福建师大物理系,《激光》, No.1, 41~43, (1975)
- [3] 武汉地震大队,《激光》, No.3, 22~25, (1976)
- [4] 北京电子所505组,《激光》, No.2, 34~40, (1974)

(上接第21页)

正常工作电流: 约4安

极限工作电流: 约6安

光束发散角: 约1毫弧度

输出功率: 在平均放电电流为4安时,准连续平均输出功率约70毫瓦,峰值功率约1瓦

寿命: 累计工作时数约850小时以上(不带充气装置)

稳定性: 激光管工作时若冷却水流速、水温 and 放电电流、电压保持稳定,则激光输出稳定性良好。光学谐振腔一旦调整后若没有强烈振动,则在较长时间内不必再去调整。