

表1 简易程序给定器元件参数

元 件	参 数	元 件	参 数	元 件	参 数	元 件	参 数
R_2	10兆欧姆	R_{13}	20千欧姆	C_7	1000微微法拉	D_3	2CP21F
R_3	150欧姆	R_{14}	5.1千欧姆	C_8	0.1微法拉/470伏	D_4	2AP15
R_4	2.4千欧姆	R_A	10×4.7 千欧姆	C_9	2400微微法拉/500伏	D_5	2CZ13G
R_5	510欧姆	R_B	10×47 千欧姆	C_{10}	1微法拉/400伏	D_6	2CZ13G
R_6	1.5千欧姆	R_C	10×470 千欧姆	BG_1	3DK4C	DW_1	$2 \times 2CW21K$
R_7	10千欧姆	C_1	200微法拉(钽电容)	BG_2	3DK4C	DW_2	2CW21C
R_8	1.5千欧姆	C_2	0.022微法拉	BG_3	3DK4C	SRC_{1-2}	3CT5/800伏
R_9	4.7千欧姆	C_3	0.1微法拉	BG_4	3AX25	BX	0.2安
R_{10}	27欧姆	C_4	3—5微法拉	TG_1	BT33	MD	SD-02马达
R_{11}	36千欧姆	C_5	30微微法拉	D_1	2AP15		
R_{12}	27千欧姆	C_6	0.47微法拉	D_2	2AP15		

CO₂ 激光器平凹谐振腔的实验选择

南开大学物理系光学专业 CO₂ 激光组

对于封离式 CO₂ 激光器,目前大多采用平凹谐振腔,即输出镜为锗平行平面镜(一般不镀膜),全反射镜为镀金凹面镜。考虑到放电管的直径和长度以及锗镜两反射面的平行度,凹面反射镜取多大的曲率半径才能得到谐振腔的最佳匹配,从而得到最大的基模激光功率输出呢?对以上问题我们进行了实验选择。得到的结果是,当凹面镜的曲率半径 R 为腔长 L 的1.3至2.3倍时,都可以得到较大的基模功率输出。

做实验用的激光器的凹面反射镜是可调可更换的。因而每更换一个凹面反射镜,都可以调得相应的最佳耦合,并调节激光器的工作电流,测得相应的最大输出功率。

对于这个结果,曾在两只长度相差很大的激光器上得到。我校七一届学员的毕业实践工作所用的激光器腔长2米,放电管内径12毫米,最大输出功率130瓦;七二届学员毕业实践工作所用的激光器腔长450毫米,放电管内径6毫米,最大输出功率12瓦。在这两个实验中所得的输出功率与凹面反射镜的曲率半径的关系规律是完全一致的。下面仅就两米长激光器的结果进行分析。

图1是 CO₂ 激光器输出功率与凹面镜曲率半径 R 的实验曲线。由图1可以看出,对于2米腔长的激光器, R 在2米以下时,属于非稳定腔,输出功率迅速下降, R 在2.5米到4.5米之间时,功率输出达到极大值,同时光斑模式基本上是基模。当 R 再增大时,不但输出功率降低,而且模式也变得很坏。

根据谐振腔的理论计算, R 越大,模体积越大,输

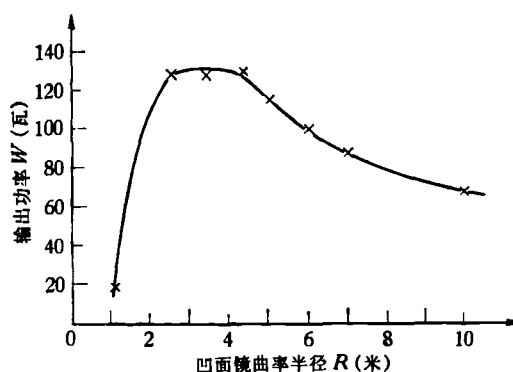


图1 CO₂ 激光器输出功率与凹面镜曲率半径 R 的实验曲线 (腔长2米,放电管内径12毫米,锗镜两面平行度误差30秒)

出功率越大。 R 为10米的模体积为 R 是2.5米的模体积的两倍,但实验结果的输出功率却与此相反。另外,两者在凹面镜上的光斑尺寸均为4.1毫米,它们对于同一个放电管的口径应有相同的选模效果。但是 R 为2.5米时能得到基模输出,而 R 为10米时,则为杂模输出。

我们知道,当 R 增大时,谐振腔的衍射损失增大。但这个增大的量,对于实验中所选用的 R ,只差百分之几。而 R 为10米时与 R 在2.5米与4.5米之间时输出功率相差40%左右。因此认为在谐振腔的损耗中,逸出损耗为主。

在理论计算中,只涉及锗镜的一个表面。实际上对于不镀膜的锗平行平面镜来说,它的两个表面对于激光振荡都是有贡献的。而在实际加工中,又不可能使

锩镜的两个表面严格平行,都存在一小的夹角(如我们实验中用的锩镜平行度误差为 30 秒)。这样在激光振荡时,锩镜的两个表面分别与凹面镜形成两组振荡模。这两组振荡模在凹面镜上的偏离量设为 δ

$$\delta = n\alpha R,$$

式中 n 为锩的折射率, α 为锩镜两表面的夹角, R 为全反镜的曲率半径。

从上式看出, δ 与 R 成正比。当 R 大到一定程度,使得 δ 超过放电管径所允许的偏离量时,则光束逸出腔外,谐振腔的逸出损耗增大,使输出功率下降。在我

们的实验中, R 在 2.5 米到 4.5 米之间时, δ 都小于允许偏离量,因而逸出损耗小,输出功率达到极大值。用同样的原理亦可说明,当 R 较大时,光斑的模式也越来越坏。

因此当设计激光器时,要注意两个镜片与放电管的匹配问题。我们认为,虽然 R 取在腔长的 1.3 倍至 2.3 倍都可以,但是考虑到 R 较小时,将使光束的发散角变大,所以 R 在这个范围之内尽量取大些为宜。另外,锩镜的两面平行度误差越小,光束的质量越好,取在十几秒左右是合适的,而且工艺上是可以达到的。

一个真空紫外三电极真空火花光源

韦 钦 许芝华 彭建怀

(中南矿冶学院)

随着科学技术和国防工业的高速发展,很多新领域、新技术、新材料对真空紫外光谱学提出了新的要求。例如:借助于真空紫外光谱学去研究地球物理和天体物理学中太阳辐射的问题;热核反应中高温等离子体的状态和参数也可以在真空紫外光谱区内进行探索^[1,2];近年来,高功率、高效率的激光器的研制也需要在真空紫外光谱区域内进行检验^[3,4];某些工业产品也要求在真空紫外区域内展开对吸收和发射光谱化学分析的探讨,从而进一步去解决同一试样中气体、非金属、金属杂质元素的同时测定问题。另一方面,其他学科的技术不断提高和普及,又给真空紫外光谱学提供了重要的技术装备,这样,进一步研究真空紫外的光源,对解决上述课题是十分必要的,条件也是成熟的。

真空紫外光谱范围从 2000 Å 至 10 Å,在这个波段,由于技术上的困难,发展比较缓慢。例如许多物质都吸收真空紫外线,目前获得透过特性最好的是 LiF 晶片,其最低透过极限也只达到 1050 Å,1050 Å 以下的真空紫外线完全被 LiF 所吸收。因而,在真空紫外光谱仪的光学系统中,不能采用平行光管的聚焦方式,一般采用凹面光栅的罗兰结构,所以造成光源光强很大损失。另一方面,空气中氧强烈吸收真空紫外线,因此,光源和光谱仪的光学系统、接收检测装置都要置于真空之中。在真空度达 5×10^{-4} mmHg 的情况下使光源直接接触造成了困难。从研制光源考虑,必须研制在真空中易于直接触发的高度稳定光源。

空心阴极和三电极真空火花光源,目前都被较好地用于真空紫外光谱区域内进行发射和吸收光谱的定量分析工作^[5,6,8-12]。三电极真空火花光源的优点是:能量高,稳定性好,操作简便,结构简单,能在保持真空

状态下更换试样,是适合于真空紫外光谱区域内进行对难熔金属中非金属、气体、金属杂质元素的定量分析的光源。Romand, J. 等人^[7,8]已经使用了这种光源,对硫、磷、碳、硅、氮、氧进行了同时测定,获得比较满意结果。我们利用了这种光源,在 JJC-5M 真空光栅光谱仪上(光谱波段 2000—500 Å;光栅刻线 1200 条/毫米;凹面光栅直径 2.999 米;色散率 2.8 Å/毫米;仪器用罗兰结构聚焦)设计和安装这种光源,进行了光源电子线路、放电参数、光源结构、谱线辨认、光源稳定性、绘制 Si、Al 杂质元素的定量分析工作曲线等工作,得到比较满意的结果。可以认为,这种光源完全能够用于真空紫外发射光谱的定量分析工作。同时,也可以用于高功率、高效率的激光器件的研制和检验,用于等离子体状态和地球物理以及天体物理学某些问题的研究。现简介如下。

一、基本原理和光源结构

在真空紫外光谱区域内,空气中的氧强烈地吸收真空紫外线,要获得真空紫外的元素高次离子化谱线光谱,必须把光源和仪器的光学系统、接收检测装置置于 10^{-3} — 10^{-6} mmHg 真空中,这就造成了真空放电的困难。直接用真空火花在几毫米的间隙放电,也需要很高的电压(大约 15kV 以上),同时,放电很不稳定。为了准确地控制放电电压,保证放电的稳定,罗曼德(Romand J.)^[9]提出了一个三电极真空火花光源,这种光源的原理如图 1 所示。利用分析电极 A' 上安装试样,这个电极和高压直流、高压脉冲大电容器 C 相连接(15kV—25kV;1—4μF),通过触发电极 A ,由小电容