

# 一种铯离子源\*

范荣团 王智敏  
(中国科学院电子学研究所)

(一) 引言 在光电发射体以及光电器件的研究中,都要应用碱金属源. 碱金属源分为中性源和离子源两大类. 在研究 III-V 族光电发射体中多用离子源<sup>[1]</sup>作为碱金属源. 碱金属离子源还用于原子碰撞和离子碰撞研究中<sup>[2]</sup>以及在低气压 ( $p \approx 10^{-5}$  托) 情况下伴随电击穿现象的研究中,此时把平稳的离子流作为研究用的一种探针. 所以,研究如何获得碱金属离子源是有意义的. 我们为了研究光电发射体的需要,研究了一种铯离子源.

(二) 离子源的描述 把高纯度的  $Al_2O_3$  电泳于钨螺旋上作为载体,将其浸入  $Cs_2CO_3$  的饱和溶液中,直至  $Al_2O_3$  吸饱这种溶液为止. 约需十分多钟. 然后取出在大气中烘干. 烘干后立即装架即成为一铯离子源如图 1 所示. 源做成后放在真空中保存待用.

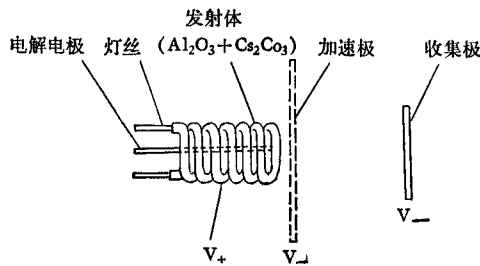


图 1 铯离子源  
Fig. 1 Cesium ion source

这种源工作时,发射体加正电压,加速极加负电压,收集极加更负电压. 钨灯丝和电解电极之间加一可调直流电压. 若铯离子发射体与收集极间距离较近时,就可以不要加速极,即发射极为正电压,收集极为负电压. 这么一来,其离子束斑尺寸与发射面的尺寸相当. 若为了使离子斑尺寸可调并可偏转,就需要加离子透镜和偏转系统,对离子束进行会聚和偏转.

我们知道,  $Cs_2O_3$  被加热到  $600^\circ C$  以上时便分解成  $Cs^+$  和  $CO_3^{2-}$ ,  $Cs^+$  在离化电压和加速电压作用下发射出来. 我们还知道,一种原子的离化电位 ( $V_i$ ) 比某一种固体的逸出功低时,当这种原子从那种固体表面逸出时就会被离化<sup>[3,4]</sup>. 就我们的情况,铯原子的离化电位为  $3.9eV$ ,  $Al_2O_3$  的逸出功大于  $5eV$ . 因此,铯从  $Al_2O_3$  表面逸出时,铯将被离

\* 1982年2月16日收到.

化而成为  $\text{Cs}^+$ 。所以,这也是一种离化方式,也是  $\text{Cs}^+$  的又一种来源。

(三) 铯离子源试验 实验中将装有铯离子源的试验管接于无油超高真空系统中排气。当真空度达  $10^{-7}$  托时,加热烘烤试验管,在  $380-400^\circ\text{C}$  保温 6—8 小时后降至室温。将铯离子源的钨丝加热去气,并在等于或略高于产生铯离子的温度  $600^\circ\text{C}$  下保温几分钟,待真空度达到  $10^{-7}-10^{-8}$  托时,停止加热。

铯离子源的工作条件是:灯丝通电 (1.3—2A) 加热到  $600^\circ\text{C}$  以上;电解电极与灯丝之间加电解电压,电压在 0—45V 可调,加速极上加  $-90-180\text{V}$ ,收集极加  $-225\text{V}$ 。所产生的铯离子流与其它条件的变化情况如表 1 所示。

表 1 铯离子流  
Tab. 1 Cesium ion current

管号	电解电压 (V)	加速电压 (V)	加热电流 (A)	铯离子流 (A)
1	45	180	1.3	$7 \times 10^{-4}$
2	45	180	1.4	$6 \times 10^{-7}$
3	45	100	1.8	$4 \times 10^{-5}$
4	45	90	1.3	$7.4 \times 10^{-6}$
5	45	180	1.5	$3 \times 10^{-6}$
6	45	180	1.4	$4 \times 10^{-8}$

从表 1 可见,在同样工作条件下,离子流相差约达四个数量级,这是因为:(1)加热灯丝上电泳上的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  载量相差较多;(2)吸附的  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$  不一样多;(3)加热灯丝的功耗不同,亦即加热电流相同,加热温度不一样。加热温度对离子流的影响见文献 [5]。从我们的实验中也可看到灯丝加热电流的影响。如表 2 所示。

表 2 铯离子源的灯丝电流对离子流的影响  
Tab. 2 Effect of the heating current of the cesium ion source on the cesium ion current

管号: 4	灯丝电流 (A)	1.2	1.3	1.32
	铯离子流 (A)	$2.0 \times 10^{-7}$	$7.4 \times 10^{-6}$	$14 \times 10^{-6}$

当加热电流一定时,铯离子流则随电解电流而改变。如表 3 所示。

表 3 电解电流对铯离子流的影响  
Tab. 3 Effect of the electrolytic current on the cesium ion current

电解电流 ( $\mu\text{A}$ )	20	30	40	50
铯离子流 (A)	$4 \times 10^{-7}$	$6 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$

注:第 5 号试验管灯丝电流为 1.3A。

另外,从实验中还发现,电解电流不能过大,就我们制作的铯离子源来说,一般不能大于 50mA。电解电流太大就会造成  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层被击穿,严重时可见放电火花,将烧坏铯离子源。

我们还把已产生过铯离子的源,暴露在大气中一个星期后,发现其  $\text{Al}_2\text{O}_3$  涂层由原来的白色变成灰色。将此源重新排气,再一次进行产生铯离子试验,离子流基本不变。如

表 4 铯离子源暴露大气前后的铯离子流  
 Tab. 4 Cesium ion current of the cesium ion source before and after being exposed to atmosphere

暴露大气前	加热电流 (A)	1.2	1.3	
	铯离子流 (A)	$2.5 \times 10^{-7}$	$8 \times 10^{-6}$	
暴露大气后	加热电流 (A)	1.2	1.3	1.32
	铯离子流 (A)	$2 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$7.4 \times 10^{-6}$

表 4 所示。

我们还做了使同一离子源产生铯离子后(如加热电流 1.4A, 铯离子流  $6 \times 10^{-7}$ A), 再多次暴露大气, 每次 10 分钟, 然后在高真空下产生铯离子流, 在加热电流为 1.4A 的情况下, 铯离子流仍为  $6 \times 10^{-7}$ A。并且同时发现产生铯离子流时的真空度, 一次比一次好。

关于这种结构的铯离子源的寿命, 我们做了如下实验: 电解电压 45V, 收集极电压 -180V, 加热电流 1.3A。在这种情况下, 能产生  $10^{-4}$ A 的离子流维持 1 小时之久, 才看出逐步下降至  $10^{-5}$ A、 $10^{-6}$ A 数量级。在我们用铯离子源做光阴极的实验中, 发现铯离子流只要  $10^{-7}$ A 量级便能满足光阴极的制作所需的铯量。一个铯离子源的铯离子流随时间的变化如图 2 所示。

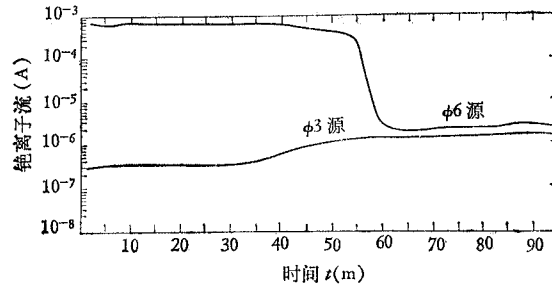


图 2 铯离子流随工作时间的变化

Fig.2 Lifetime of the cesium ion source

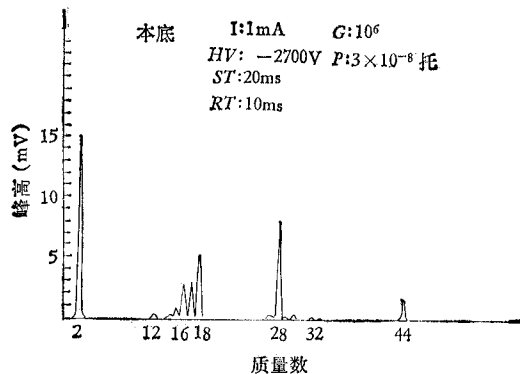


图 3 真空系统的本底残气的质谱图

Fig. 3 Mass-spectra of the residual gases at back ground pressure in the experimental vacuum system

从图 2 可见,对一铯离子源来说(即源体大小为一定)引出大量铯离子流(如  $10^{-4}$ A 量级,图 2a) 工作时间短。而在小离子流下(如  $10^{-7}$ A 图 2b) 工作时间长能达数小时之久。在实验中还发现,灯丝加热电流的稳定性很重要,不然会使铯离子流发射不稳。

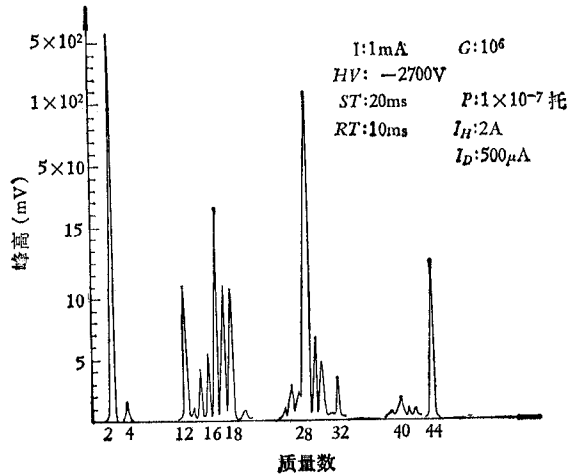


图 4 铯离子源工作时的质谱

Fig. 4 Mass-spectra of the cesium ion source during operation

符号说明:  $I$ : 发射电流;  $HV$ : 倍增器高压;  $ST$ : 扫描时间;  $RT$ : 上升时间;  $G$ : 增益;  $P$ : 真空度;  $I_H$ : 铯离子源加热器加热电流;  $I_D$ : 离子源电解电流

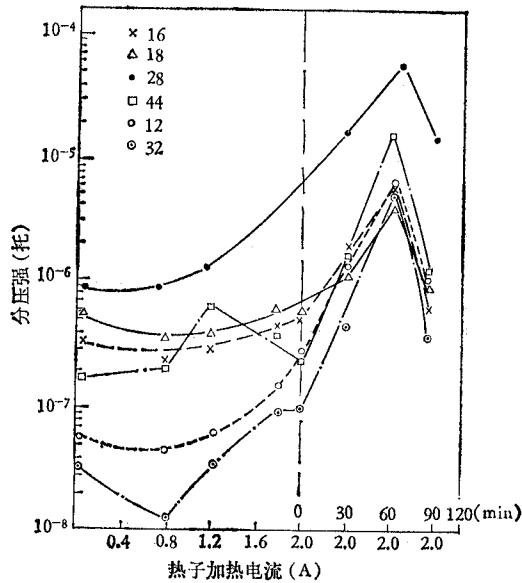


图 5 铯离子源工作时释放气体的分压强随加热电流的变化

Fig. 5 Variations of the partial pressures of liberated gases from the cesium ion source with the heating current during operation

**(四) 铯离子源的质谱分析** 为了知道铯离子源工作时放出何种气相物质,我们对它进行了工作时逸出气体的质谱分析,测试分析系统见文献[6]。

把铯离子源接到无油超高真空系统上,在高真空下经长时间烘烤后(380°C, 10 小时),真空度达  $3 \times 10^{-8}$  托或更高。这时的残气质谱如图 3 所示。

接着将离子源通电加热直至接近于铯离子产生的温度,并维持 2 小时,待真空度达  $5 \times 10^{-7}$  托时,停止通电加热。当真空度回到  $10^{-8}$  托量级时后使铯离子源在工作,并得到它的典型质谱图,如图 4 所示。由图可见,释放出的主要是质量数为 2、12、16、18、28、32、44 的气体。也即是氢、碳、氧、一氧化碳、氮、二氧化碳等。但从谱图 5 可见,随着加热电流的增加,离子源释放出的气体量增加。当电流加到 2A,保持一段时间后(约 1—2 小时),释放出的气体量随加热时间的延长而成倍下降。

从以上关于气体质谱的分析中,可见以  $m/e$  为 28 和 44 的谱峰为高,这是 CO 和 CO<sub>2</sub>。我们认为 Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 的 [CO<sub>3</sub>] 的分解产物(与本底谱比较,增值的质量数是 12, 28 和 44)。因为, Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 加热到 600°C 以上就分解成 Cs<sup>+</sup> 和 CO<sub>3</sub><sup>-</sup>。

**(五) 结束语** 我们用文中所描述的铯离子源做了几次光阴极试验,确定了铯离子源放出的铯离子流为  $10^{-7}$ A 量级时,保证光阴极激活顺利进行。小于此量级时铯的供应量跟不上形成光阴极时对铯的需要量。高于此量级时,由于铯量过多,则产生漏电。

这种铯离子源的优点是制造简单,离子流易于控制(可以通过调整灯丝加热电流或电解电压或加速电压),能多次暴露大气反复使用,而最大优点是方向性强。它不像制作光阴极时通常用的“加热扩散式碱金属源”那样,铯蒸汽向各个方向扩散,充满整个真空室或器件造成污染。而本离子源只沿离子枪轴向发射离子流,使离子沉积到所需要沉积的面上、避免了器件的污染。

这种铯离子源产生的铯离子较纯,没有其他不纯物逸出。这从铯离子源工作时的质谱分析中(我们画了从 0—200—300 质量数的谱图)仅见有 H<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 等微量气体和水汽(如图 4)。从质谱分析实验中可见,可以通过长期烘烤和给离子源灯丝加热除气,使上述残气的分压强降低。但还应设法除去含碳化合物的产生,这对研制 III-V 族负电子亲和势光阴极是很必要的。

从我们用此源实际试作光阴极的实验中发现产生的铯量有富余(我们用 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 载体直径为 6mm 和 3mm 的两种铯离子源)。

本项工作中得到科仪厂庞世瑾、杨自建同志在质谱分析方面的帮助和支持,并得到周俊才、徐仲华、方华、张婉英、石文栋、董勤珍、韩宝玉、刘玉等同志在工艺方面的帮助和支持,在此一并表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [1] A. H. Sommer, *Photoemissive Materials—Preparation, Properties and Uses*, John Wiley & Sons, Inc. 1968.
- [2] D. B. Medved, et al., *Bull. Am. Phys. Soc.*, **10**(1965), 718.
- [3] K. H. Kingdon and I. Langmuir, *Proc. Roy. Soc. (London)*, **A107**(1925), 61.
- [4] M. N. Saha, *Phil. Mag.*, **46**(1923), 534.
- [5] A. L. Eichenbaum and M. E. Moi., *Rev. Sci. Inst.*, **35**(1964), 691.
- [6] 范荣团、王智敏、杨自建, *电子科学学刊* **5** (1983), 54.

## A CESIUM ION SOURCE

Fan Rongtuan    Wang Zhimin

*(Institute of Electronics, Academia Sinica)*

In this paper, the structure, the conditions of operation and the performances of a cesium ion source have been described. And the mass-spectrums of residual gases during operation have been shown. The experimental results show that there are some advantages of this cesium ion source, such as having a simple structure, easy to operate, well directed, and giving a reproducible yield for practical uses. It is a practical cesium ion source with good directivity.