

多孔钨铯离子源*

赵守珍 周清 姜永丰
(南开大学,天津) (天津师范大学,天津)

摘要 在光电阴极的制备及对光电阴极作表面分析中,铯离子源较中性铯源具有一定的优点。根据表面电离的原理,铯离子源使用了多孔钨、铯盐及其还原剂。本文介绍了铯离子源的制备,报告了实际测量结果。

关键词 铯离子源;表面电离;多孔钨;离子电流

1. 引言

目前所使用的常规铯源,在光电阴极激活期间,铯会弥漫在整个激活空间。在制造带有萤光屏的微光夜视器件、变象管及像增强器时,防止萤光屏铯化是一个十分重要的问题。其次,当对光电阴极进行表面分析时,若将分析室和制备室分成两个真空室,将样品进行机械传送,这无疑会增加大量的设备。如将两室合为一室,弥漫的铯同样会附着在分析探头的表面,影响了仪器的性能。由于铯离子带正电,在电场的作用下,离子的定向运动代替了原子的扩散运动。因此,铯离子源可以克服常规铯源存在的缺点,具有广泛的用途。

2. 原理

从表面电离^[1]的效应可知,一个具有较低电离能的原子与一个具有较高逸出功的材料表面接触时,在一定的温度下,一部分原子的外层电子会转移到材料表面而导致该原子的电离,在电场作用下可形成离子流。沙哈-朗缪尔方程对此作了数学描述:

$$n_i = \left[1 + 2 \exp \left(\frac{eV_i - e\phi}{KT} \right) \right]^{-1}$$

式中, V_i 为原子的电离电位, ϕ 为材料的逸出功, n_i 为原子的电离率, T 为材料所处的温度。由上式看出,由铯和钨组成一个电离系统,可得到电离率很高的离子源(在一定的温度下)。

3. 铯离子源的制备

铯离子源载体是多孔钨^[2,3]。它由2—14 μm 的钨粉在一定压力和温度下烧制成棒状,浸铜后,车制成直径为3 mm,厚度为1 mm的圆饼状,然后用硝酸浸泡和高温加热,去掉多孔钨中的铜。钨饼用激光束焊接在镍管的一端,镍管的壁厚约0.1 mm,长度为40 mm。为防止在高温下铯从接缝中逸出,要适当选择激光束的参数,使二者的焊接为熔融焊接^[4]。

铯离子源的整体装配图如图1所示。镍管内装有重铬酸铯及锆铝还原剂,总重量在

* 1988年7月25日收到。

220 mg 左右, 铯盐和还原剂的重量比为 1:6, 锆铝之重量比为 84:16。装好上述材料后, 将镍管的另一端密封。镍管外装有绝缘套筒和加热丝。绝缘套筒的壁厚要尽量薄, 以方便地控制反应温度。钨饼前部装有离子光学系统, 它是由控制极、第一引出极和第二引出极组成。因为被激活的光电阴极具有一定面积, 故离子束是弱聚焦的。装配时要保证镍管与各电极同轴, 控制好各电极之间的距离。

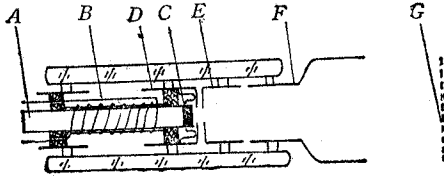


图1 铯离子源结构图(A 无缝镍管, B 加热炉丝, C 多孔钨, D 控制极, E 第一引出极, F 第二引出极, G 收集极)

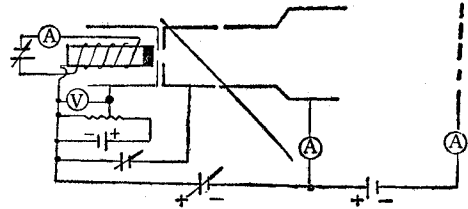


图2 铯离子源测量线路图

4. 测量结果及分析

测量线路图如图2所示。经过对玻壳、电极的去气, 首先测量其二极管特性。以发射极为地电位, 其它各电极保持同一可变的负电位, 改变加热电流, 测量的 $I-V$ 曲线示于图3。在加热电流小于 2.2A 时, 基本上测不出离子电流; 加热电流为 2.5A (估计温度高于 700°C), 收集极电压为 -45V 时, 多孔钨发射离子流的平均密度可达 2—4 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。从图上看, 这时离子发射并未进入饱和区。在电压大于 -0.3V 时, 电流方向发生反转, 即电流是由电子引起的。其原因很可能与铯在钨面上的吸附有关。

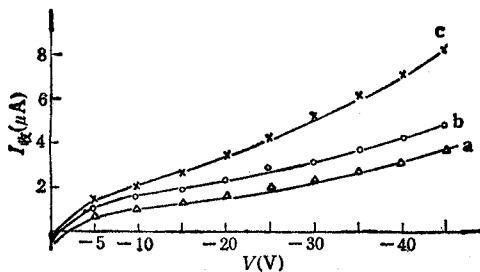


图3 铯离子源的二极管伏安特性
(加热电流: (a) 2.35A (b) 2.4A (c) 2.5A)

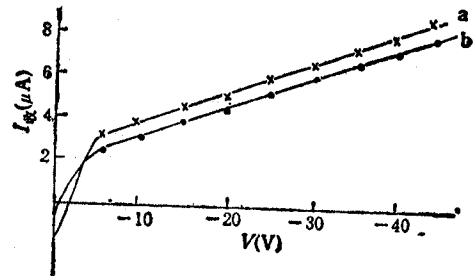


图4 铯离子源暴露大气前、后的 $I-V$ 曲线
(a) 暴露大气前 (b) 暴露大气后

在加热电流为 2.5A, 收集离子流为 8 μA 左右的情况下, 离子源连续工作 7h 后, 停止工作使离子源暴露在空气中, 这时, 凝结在玻壳上的铯膜转变成乳白色, 说明铯已氧化。1h 后重新对该离子源排气, 在真空度接近 10^{-7} mmHg 的情况下, 再次测量其 $I-V$ 曲线, 如图4所示。从图可看出, 离子源被暴露大气 1h 后, 离子流下降不多。但是, 将其暴露大气 24h 后, 就测不到离子流了。这说明, 多孔钨铯离子源工作一段时间后, 可以短时间暴露大气而不失去作用。在实际使用中具有一定意义。可以暴露大气的的原因是: 一方面是由于多孔钨中的立体通道空气流阻大, 另一方面是 Zr-Al 粉的双重作用(即 Zr-Al 粉的还原作用与吸气作用)^[3], 使得镍管内的真空度能维持 1—2h。

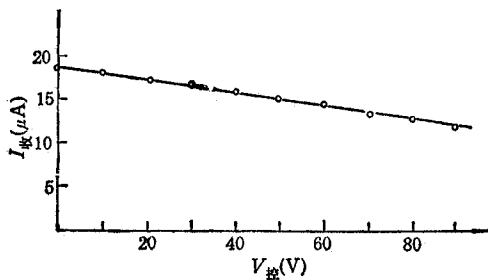


图5 控制电极电位对离子电流的影响

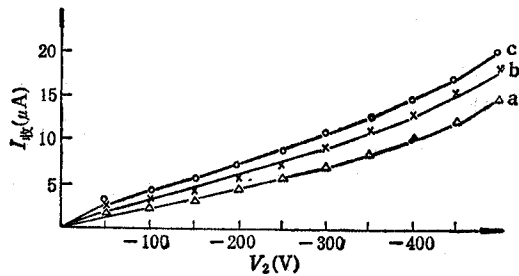


图6 第二引出极电压与离子电流的关系

($I_m=2.5A, V_1=-50V, V_2=-500V, V_i=V_2+(-125V)$) (控制极电压: a 为 45V, b 为 8V, c 为 0V)

在各极电压如图 2 所示的条件下,控制极电压和第二引出极电压对收集极离子电流的影响分别如图 5 和图 6 所示。从图 5 看出,随着控制极电位升高,收集到的离子流逐渐变小。从电流变化趋势,估计截止电位在 200V 左右,这可能是由于控制极圆孔较大引起的。图 6 是在加热电流、第一引出极电压和收集极电压和图 5 相同,控制极电位固定时,改变第二引出极电压测量的 $I-V$ 曲线。需要指出的是,在实际用于光电阴极激活时,光电阴极(相当于图 2 中的收集极)不应有电位,这时应让离子发射极处于正高电位,使加热电源的输出浮地,测量结果不受影响。

离子源的寿命实验是在排气台上断续做的。真空系统停止工作时,真空度可维持 10^{-3} mmHg。最初支取的离子流为 $10 \mu A$,在 8h 时升到 $15 \mu A$ 。以后,离子流缓慢下降在进行到 14h 时后,离子流为 $12 \mu A$ 。以后由于芯柱炸裂而终止。这说明多孔钨铯离子源可以工作较长的时间。当然,离子源的寿命最终取决于铯的储存量。

参 考 文 献

- [1] 张华顺,离子束源和大功率中性束源,原子能出版社,1987年,第二章,第五节。
- [2] 吴兆皓,电子科学学刊,8(1986)6,442—448。
- [3] D. L. Schaefer, *Rev. Sci. Instrum.*, 41(1970)2, 274—275。
- [4] 赵守珍等,真空科学与技术,9(1989)3,203—204。
- [5] 李昌全等,真空技术,5(1976)2,40—52。

A POROUS TUNGSTEN CESIUM ION SOURCE

Zhao Shouzhen Zhou Qing

(Nankai University, Tianjin)

Jiang Yongfeng

(Tianjin Normal University, Tianjin)

Abstract In the surface analysis and the manufacture of photocathode the cesium ion source shows some advantages as compared with the neutral cesium source. According to the principle of surface ionization, a cesium ion source is manufactured with porous tungsten and cesium chromate. A tablet of porous tungsten and a nickel tube are welded by a laser beam. The ion source is heated to about 1000K in terms of an indirect heating oven and its experimental results are given.

Key words Cesium ion source; Surface ionization; Porous tungsten; Ion current