

多孔钨铯离子源的研制

中国科学院西安光机所

江丕苏 侯 洵 张焕文

《摘要》本文介绍了我们研制的多孔钨铯离子源,这种铯源较其它类型的铯源去气充分,控制方便,制作简单。

引 言

铯是光阴极制备中必不可少的激活材料,纯度和可控性是评价铯源的主要指标。目前常用的镍通道源有两大特点:只能在生成铯原子的反应温度以下去气,因而去气不充分,使用时纯度难以保证铯原子弥漫整个系统空间,影响器件和探测器的性能。另外,使用时常需烘烤整个系统,而在负电子亲和势阴极制备时却需要室温激活[1]。分子束源在实现室温激活方面有所改进,但在可控性方面仍不能令人满意。在进铯使光电流至峰值处停止进铯后,残余的铯蒸汽会使光电流下降10~20%[2]。解决这些问题的一个较好的方法就是采用铯离子源。在铯离子源中,铯以离子形式逸出,可用电场定向控制,还可用电场方便地控制离子流的导通和截止状态。离子流大小可调,由离子流大小可确定进铯量。好的离子源比常用的铯中性源去气充分,所以研制铯离子源是改进光电阴极工艺的一个重要步骤。

常用的铯离子源有碳酸铯源和多孔钨源,国内已研制成功碳酸铯源[3]。但据我们的经验,这种源的三氧化二铝载体不易充分去气,且加热后变得酥脆,成块脱落,使源失效。此外,初次使用时中性铯原子蒸发量较大,国外报导过多孔钨铯离子源[4, 5]。看来性能较好,所以我们对这种源进行了研制。

原 理

多孔钨铯离子源基于表面离化效应。即:

一个低离化能 V_i 的原子与一个高逸出功的表面接触时,原子的价电子会转移到表面上。原子被离化。见图1。由于原子价电子能级展宽

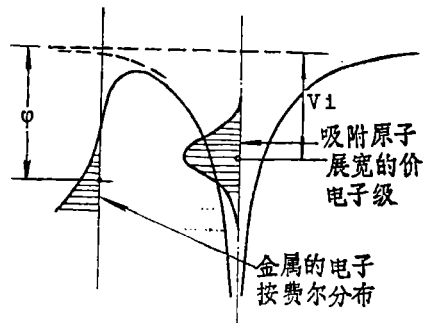


图1 表面离化效应

及表面电子按费米分布,表面的电子也有可能运动到吸附的粒子上。电子占据在粒子上(粒子为原子)的几率 P_a 与占据在表面上(粒子为离子)的几率 P_i 之比由玻尔兹曼分布决定

如果粒子在表面的复盖度很低。各粒子之间互相不影响其吸附状态,则表面的原子密度 n_a 与离子密度 n_i 之比为

$$\frac{n_a}{n_i} = \frac{P_a}{P_i}$$

表面逸出的原子通量 r_a 与离子通量 r_i 就分别正比于 n_a 和 n_i ,而离化效率 η_i 就可由Saha-Langmuir方程得到

$$\eta_i = \frac{V_i}{V_a + V_i} = \frac{n_i}{n_a + n_i} = \left\{ 1 + 2 \exp \left[e \frac{V_i - \phi}{kT} \right] \right\}^{-1}$$

取铯的 $V_i = 3.9 \text{ eV}$ 、钨的 $\phi = 4.6 \text{ eV}$ 、 $T =$

1300°K: 得 $n_i = 0.996 = 99.6\%$ 。可见离化效率是很高的。

离子流在表面温度 T 大于临界温度 T_c 、引出极电压 V 大于临界电压 V_D 时达到饱和, 这被认为是表面复盖度足够低的标志。所以 $T > T_c$ 、 $V > V_D$ 是(2)式成立的条件[6]。 T_c 由到达表面的原子流强度决定、 V_D 由电极结构决定。

结构及性能

我们研制的多孔钨铯离子源结构如图2所示。镍管内径为1.2mm, 里面装有能生成铯原子的反应物, 镍管

一端封死, 另一端与多孔钨材料相接, 由引线引入电流使镍受

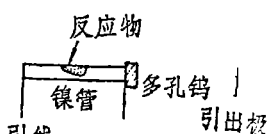


图2 多孔钨铯离子源结构示意图

热。管里生成铯原子, 铯原子通过多孔钨向外扩张, 在扩散过程中被离化, 引出极在多孔钨表面形成的电场将铯离子引出。

铯离子流可达 10^{-7} A, 在 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ A下可维持若干小时, 暴露大气后还可重复使用。在工作状态下去气一小时, 产生的气体总压强为 4×10^{-10} 托(扣除本底压强), 其中 H_2O 、 CO 和 CO_2 在 $1.0 \sim 1.5 \times 10^{-9}$ 托, 其它气体有 H_2 、 O_2 和一些碳氢化合物分压强在 10^{-11} 托以下, 没有测到铯中性原子。可以预料, 若延长去气时间, 残余气体的分压强还会减小。离子流随镍管加热电流的变化如图3所示。加热电流在7~8 A之间时, 多孔钨表面处于临界

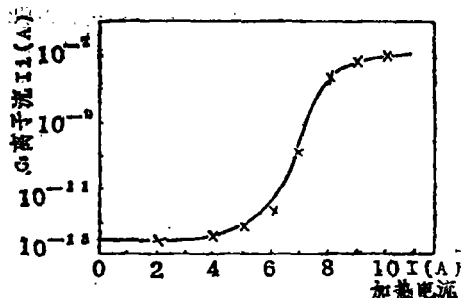


图3 铯离子流随加热电流的变化

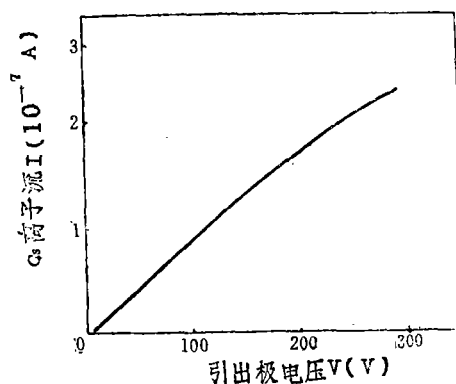


图4 铯离子流随引出极电压的变化

温度。离子流随引出极电压的变化如图4所示。可见, 对我们的实验结构, 300V引出极电压时还没达到饱和离子流状态。但是在这个区域内离子流的大小很容易调节, 在实验中也并没有发现明显的铯中性原子蒸发。

结论

我们研制的多孔钨铯离子源可以在高于产生铯原子的温度下去气, 所以去气充分, 有利于减小残余气体分压强。离子流的大小调节很方便, 制作也很简单。

在实际应用时, 还应加上几个电极, 以在保证足够强的引出电场的情况下能够按需要调节离子能量, 而且能使离子束截面具有较好的均匀性。

参考文献

- [1] D.G. Fisher IEEE Trans. on ED-21, 541, 1974,
- [2] W.Klein Rev. Sci. Inst. 42(2), 1082, 1971
- [3] 范荣团、王智敏、电子科学学刊, 5(4), 259, 1983.
- [4] 美国专利 3672992
- [5] H.L. Daley and J. Brewer ION BEAMS with Applications to Ion Implantation, 1973 John Wiley and Sons, New York. London