

研究简报

一种新型的整体式镓离子源的研制

陈春华 王 纯 张立宝 马祥彬 李金荣

(中国科学院半导体研究所)

1983年12月22日收到

本文叙述了一种比较新颖的整体式液体镓离子源的制备工艺及挂镓方法;测量了在不同温度下的电流-电压关系;以及在特定电压下,电流随时间的缓慢变化;对于针尖的几何形状,即顶点处的曲率半径对电流-电压关系的影响,用两种典型的针尖作了比较;试验还表明,这种源结构比较简单,容易实现和掌握,其寿命可达110小时以上。

一、引 言

场致发射液体金属离子源,由于具有亮度高($\sim 10^6 \text{A/cm} \cdot \text{Sr}$)^[1]、有效源尺寸小($50 \sim 5000 \text{\AA}$)^[2]、寿命长、能散度较小($5 \sim 100 \text{eV}$, $10 \mu\text{A}$ 耐为 12eV)^[2,3]、结构简单、无气体负载等一系列优点,从而引起人们极大的兴趣。在微细加工和表面显微分析等领域,已开始广泛应用。

我们在已研制成功的单针式镓源^[4]的基础上,对另一新型的整体式镓源进行了研制。

这种源的主要特点是,作为核心部分的发射体,将贮存液镓的螺旋线圈和针尖一次成形,连为一体。

实验表明,这种新型的整体式镓离子源,制备工艺简单,挂镓方式经济,一样具有国外同类型离子源的特性和优点。

二、源的结构及制备工艺

源的整体结构如图1所示,它由发射体、加热丝及装有电极的法蓝盘和带孔吸极膜片所组成。

对于发射体针尖的制备,表面清洁处理及液体金属涂敷等工艺要求很严。否则,不能使液体金属很好地浸润发射体,形成连续而稳定的发射,影响源的特性及使用寿命。其工艺过程如下:

用机械方法将选用的钨丝绕制成所需要的形状后,电解腐蚀去掉氧化皮,进行表面抛光,并使其头部形成锥体;然后用交流进行表面致粗,在针尖表面腐蚀出顺针轴方向的沟槽。这些沟槽能使镓很好地浸润钨针,使之顺畅地流向顶部。图2是两种形式的发射体全貌。

挂镓之前,将发射体放在 CCl_4 溶液里煮沸两遍,再用去离子水煮若干遍,烘干后备

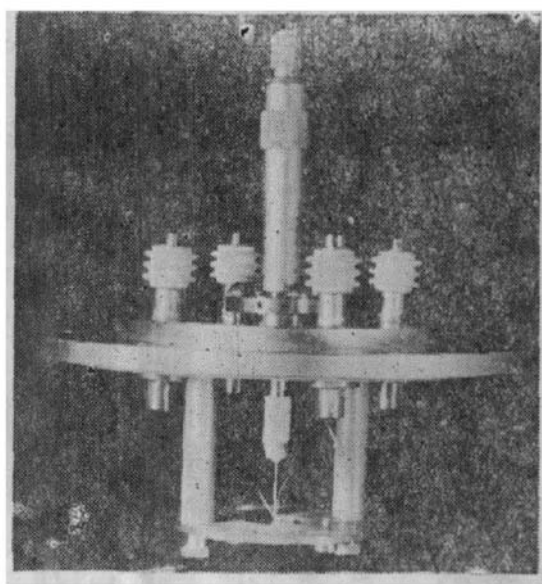


图1 源的整体结构(1/3 倍)

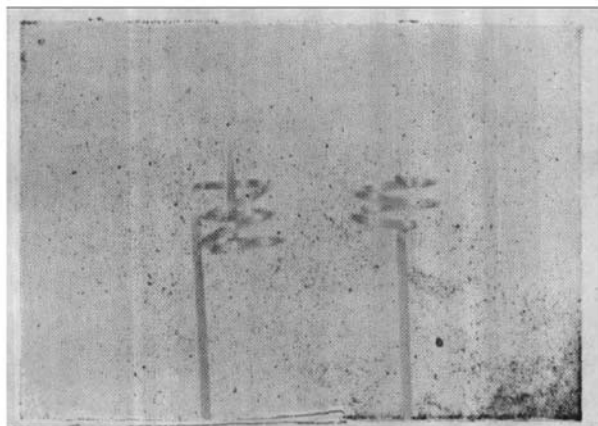


图2 发射体表面处理后的放大照片(2 倍)

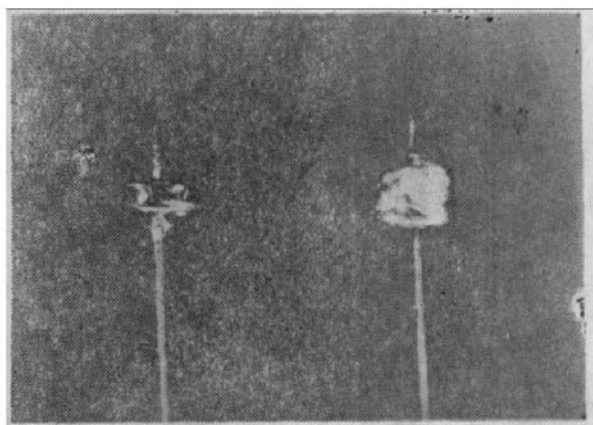


图3 挂镓后的钨针发射体(2 倍)

用；然后在清洁的房间将盛有镓的容器浸在开水中，待镓熔化后，将发射体插入，使液体镓进入螺线圈内，拿出后放在室温下凝固(室温应低于 29°C)；接着将挂好镓的钨针发射体安装到法蓝盘上，并装上加热丝。当真空达到 10^{-5} 托时，加温持续 10 多分钟，这以后可以清楚地看到，原来暗淡的镓表面变得非常光亮平滑，于是镓对钨针作到了很好地浸润。图 3 是挂镓后的钨针发射体的照片。

三、实验结果

我们进行了电流-电压特性、温度对电流-电压特性的影响、工作寿命以及电流随时间缓慢变化等试验。

图 4 为两种不同曲率半径的针尖的电流-电压曲线。

在实验过程中，加热温度控制在 200°C 左右，这样液体流动性较好。从图中可以看出，针尖曲率半径 r_t 较小，则阈值电压较低，反之则较高。图中所列举的例子中， $r_t = 4\mu\text{m}$ 时， $V_t = 5.1\text{kV}$ ；而 $r_t = 8\mu\text{m}$ 时， $V_t = 6\text{kV}$ 。然而，后者却比前者的伏安特性曲线显得更陡一些，即电流随电压的变化要快一些。

在几种不同加热温度下,分别对电流-电压特性进行了测量,其结果示于图 5 中。从图中可以看出,在我们所选温度范围 (86°C — 273°C) 内,温度对 I - V 特性的影响不太大,所测得的关系曲线非常靠近,尤其在阈值电压附近,测试点几乎重合。可见,在这个温度范围内,温度对束流的影响甚小。这和我们在以前测试的束流随温度的变化关系^[4]是一致的。

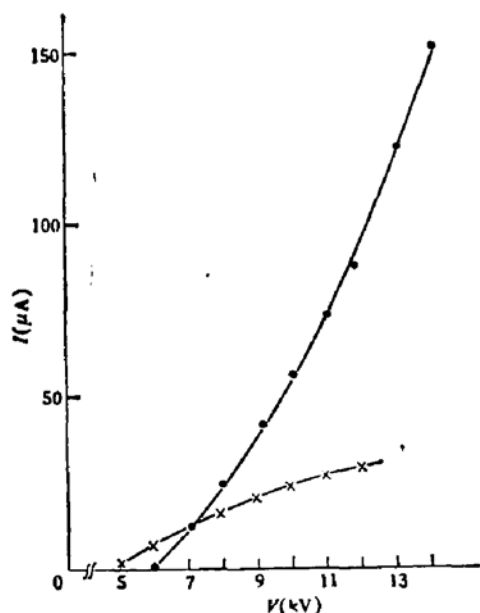


图 4 不同几何尺寸的针尖的电流-电压特性曲线的比较

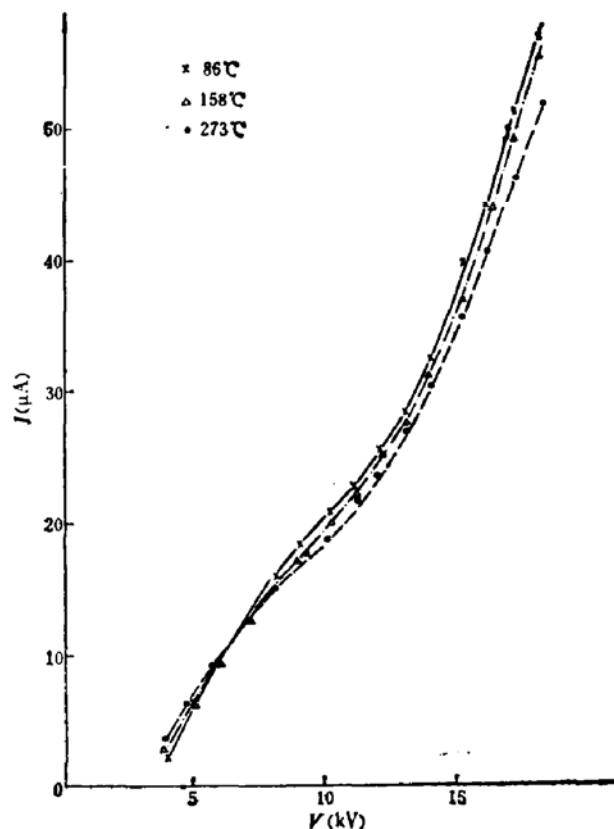


图 5 在不同加热条件下的 I - V 特性曲线

在 8kV 、 $15\mu\text{A}$ 的情况下,对本离子源的寿命进行了测量,累积工作时间达 110 小时以上,此时在螺旋线圈内尚存留有三分之一左右的镓,假如全部耗完,估计可以达到 200 小时左右。

在测试过程中,我们观察到了束流随时间缓慢降低的现象。图 6 所示即为我们所观察到的比较典型的变化过程。

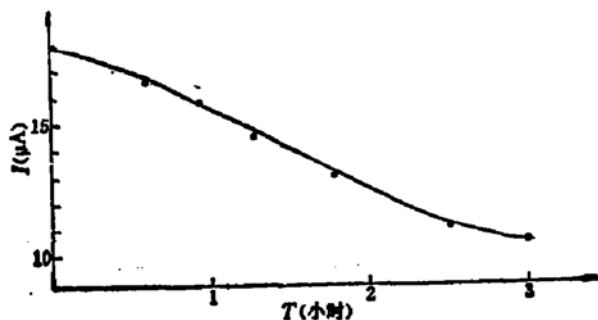


图 6 束流随时间的缓变现象

为了使束流恢复到原来的大小，我们用瞬间提高电压的办法增加电流。上述这种现象和解决的办法同文献[3]报道的相吻合。至于减少的原因，Dixon 和 Engel 等人^[3]认为是由于从各种电极上溅射出来的材料对金属镓的玷污以及负离子发射（如 Ga^- ）所致。当然，对这个问题的明确认识及其更彻底的解决，有待进一步的研究和讨论。

参 考 文 献

- [1] R. L. Seliger, J. W. Ward, V. Wang and R. L. Kubena, *Appl. Phys. Lett.*, **34**, 310 (1979).
- [2] 何喜冠, 微细加工技术, 电子工业部 48 所, No.1, 54—65 (1983).
- [3] A. J. Dixon and A. Von Engel, *Low-Energy Ion Beams 1980*, *Inst. Phys. Conf. Ser.*, No. 54, p.p. 292—296.
- [4] 马祥彬等, 半导体学报, **5**, 211 (1984).

Investigation on a Novel Integral Liquid Gallium Ion Source

Chen Chunhua, Wang Chun, Zhang Libao, Ma Xiangbin and Li Jinrong
(*Institute of Semiconductors, Academia Sinica*)

Abstract

The technique of making a novel integral liquid gallium ion source and the method of coating with gallium are described. The current vs. voltage relationships under various temperatures are measured. The current changes slowly with time under a definite voltage. The influence of the geometry of the needle tip, i.e. the radius of curvature at its apex, on the I-V relationship is investigated by comparison of two typical needle tips. The experiments show that the construction of this source is simple, thereby it can be easily made and mastered, and its lifetime can reach over 110 n.