

# LaMo阴极材料的制备与对比测试

陶小平

王绍虎 余增亮

(中国科学技术大学国家同步辐射实验室 合肥 230029) (中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031)

**摘要** 对LaMo阴极材料的制备进行了探索性的尝试,并对从美国购进的LaMo阴极材料和自制的LaMo材料的发射特性及用于强流离子源的弧放电性能进行了对比测试,取得了较好的实验结果。

**关键词** 强流离子源, LaMo阴极, LaB<sub>6</sub>阴极, 测试

**中图分类号** O462.1

强流离子源技术的不断发展,对强流离子源阴极的要求也越来越高。它不仅要求阴极工作温度低,发射能力强,耐离子轰击,且要求它发射稳定,抗中毒,污染极小,寿命长,容易加工制作等。显然,传统的阴极是很难满足这些要求的,像金属阴极(如钨阴极)的发射比低,加热功率大,工作温度高达2400—2600K,加热后发脆,使用寿命短;氧化物阴极的发射比较高,但暴露大气后极易中毒,离子的轰击会破坏其发射性能,降低发射比,长脉冲运行时发射性能也下降<sup>[1]</sup>。LaB<sub>6</sub>阴极虽然其发射性能和抗中毒性能比传统的钨阴极和氧化物阴极要好,但在高温下其表面容易生成的硼与其它金属的化合物,抑制了电子从其表面的发射,发射能力会大大降低,以至不能继续使用,而Mo(常作屏蔽罩)和W(常作热灯丝)在离子源的放电室内又是必要的材料,可见LaB<sub>6</sub>阴极已难以满足强流离子源发展的要求<sup>[2]</sup>。

LaMo阴极是国际上最新发展起来的一种用于强流离子源的新型阴极,80年代末,国外一些同类实验室已将LaMo阴极用于强流离子源<sup>[3,4]</sup>,并获得了理想的实验结果。LaMo阴极的制备及用于强流离子源,国内尚未见报道。本工作对LaMo阴极材料的制备进行了探索,并与美国的LaMo阴极材料进行了对比测试,结果表明,LaMo阴极是一种有效的热阴极发射体,且该阴极用于强流离子源时,离子源放电起弧正常,使用寿命大大延长(相对于LaB<sub>6</sub>阴极)。

## 1 LaMo阴极材料的制备与对比测试

文献[5]显示,LaMo阴极材料按重量比为98%的钼(Mo)和2%的三氧化二镧(La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)粉末混合,均匀研磨,在碳载体中高压压制,高温烧结而成。X射线荧光分析表明,LaMo阴极材料含90%的Mo和9%的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,同时还含微量的Si、Al、Cu、Fe、P等元素。

我们把按文献[5]上的比例配制的材料称为材料A,把按测试结果配制的材料称为材料B,而把从美国引进的材料称为样品。材料A:将重量比为98%的Mo和2%的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末均匀混合,研磨,在 $5.065 \times 10^7$  Pa的压力下制成直径为10mm、厚度为5mm的圆柱体块状材料。材料B:将重量比为90%的Mo和10%的La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末均匀混合,其它步骤与材料A相同。

由于Mo的化学稳定性较差,材料A和材料B分别在真空度为 $10^{-4}$  Pa的离子源的阴极室

内(潘宁型离子源LaMo阴极结构如图1所示)高温烧结2h和4h(烧结温度可达到1600℃), 得到初步的LaMo阴极材料A、材料B, 并对制备材料A、材料B的发射特性进行了测试, 测试装置示意图如图2。

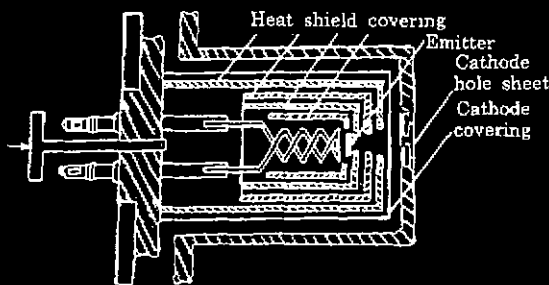


图1 LaMo阴极结构示意图  
Fig.1 LaMo cathode structure

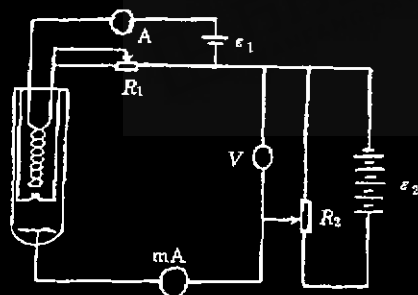


图2 热阴极发射测试装置示意图  
Fig.2 Delineation of hot cathode emitting test unit

图3为烧结2h的材料A与样品的发射特性曲线。图3表明材料A有电流发射, 但其发射能力比样品LaMo要小。图4是烧结时间对材料A发射特性的影响。如加热灯丝电流 $I_f = 65\text{A}$ 。

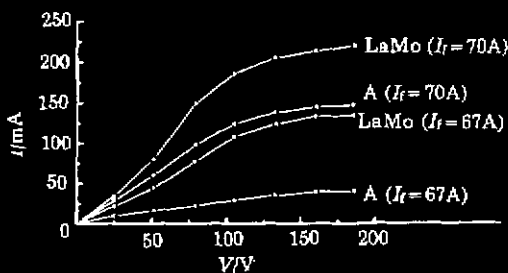


图3 烧结2h的材料A与样品的发射特性曲线  
Fig.3 The emitting curves of material A (sintered 2h) and sample

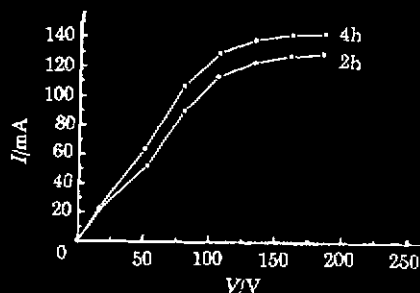


图4 烧结时间对制备材料A发射特性的影响  
 $I_f = 65\text{A}$   
Fig.4 Effect of sintering time on the emitting characteristics of prepared material A

烧结时间为2h, 饱和发射电流 $I = 125.5\text{mA}$ ; 烧结时间为4h,  $I = 139.5\text{mA}$ 。究其原因制备阴极材料A所需的原材料Mo和 $\text{La}_2\text{O}_3$ 在高温条件下长时间烧结才能发生充分的反应, 烧结成接近样品LaMo的合金材料。图5为材料A和材料B的发射特性曲线。图5表明, 不同的Mo和 $\text{La}_2\text{O}_3$ 的混合比例均有电流发射, 材料A的发射能力稍强于材料B的发射能力, 这说明混合比例对制备材料的发射电子能力有影响。

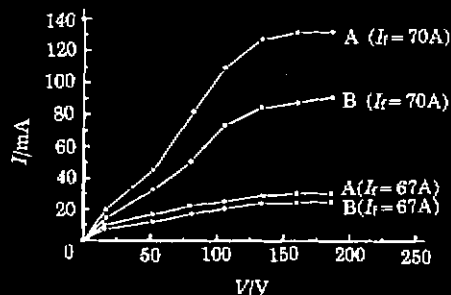


图5 制备材料A和材料B的发射特性曲线  
Fig.5 Emitting characteristic curves of prepared material A and B

将制备的材料A和材料B分别用于中国科学院等离子体物理研究所的50keV离子注入机的强流离子源阴极上进行测试, 结果如图6和图7, 测试结果表明, 这种阴极在强流离子源上放电起弧比较正常, 弧流较稳定, 这说明制备的阴极材料具有一定的发射能力。

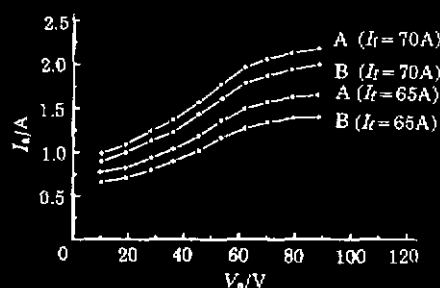


图6 制备材料A和材料B的弧放电特性曲线  
Fig.6 The arc discharge curves of prepared material A and B

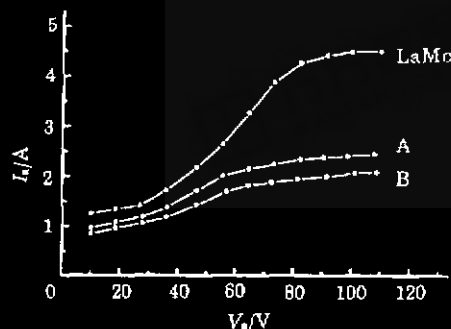


图7 制备材料与样品LaMo阴极的弧放电曲线  
Fig.7 The arc discharge curves of prepared materials and sample LaMo cathode

## 2 结论

我们对制备LaMo阴极进行了一些探索,取得了较为理想的实验结果,但制备的阴极材料与样品LaMo阴极相比,尚有一定的差距,存在着制备LaMo阴极所需的Mo、La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>以及微量元素的配方比例和制备、烧结工艺等技术难点。

## 参 考 文 献

- 1 LIU Xueque. Cathode electronics (in Chinese). Beijing: Science Press, 1957. 69-78
- 2 Ehlers K W, Leung K E. Rev Sci Instr, 1979, 50(10):1353-1355
- 3 Leung K N, Pincosy P A, Ehlers K W. Rev Sci Instr, 1984, 55(7):1064-1068
- 4 Tsai C C, Menon M M, Ryan P M, et al. Rev Sci Instr, 1982, 53(4):417-423
- 5 Goebel D M, Forrester A T, Johnston S. Rev Sci Instr, 1980, 51(11):1468-1470

## Preparation and comparative test of LaMo cathode material

TAO Xiaoping

(National Synchrotron Radiation Laboratory, University of Science and  
Technology of China, Hefei 230029)

WANG Shaohu YU Zengliang

(Institute of Plasma Physics, the Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)

## Abstract

An attempt for preparing LaMo cathode materials was carried out. Experimental tests were also made to compare the emission characters and the arc-discharging behaviour of the prepared materials and the LaMo sample imported from the USA. Some good results were obtained.

**Key words** High current ion source, LaMo cathode, LaB<sub>6</sub> cathode, Test

CLC O462.1