

强流离子源新型 LaMo 阴极实验研究

陶小平

彭士香

(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 对从美国购进的强流离子源新型 LaMo 阴极的发射特性以及用于强流离子源阴极的放电性能进行了测试. 实验结果表明了 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, 离子源工作稳定, 放电起弧正常, 使用寿命大大延长(相对于 LaB₆ 阴极). 从实际应用来看, LaMo 阴极确是强流离子源的一种有效的新型阴极.

关键词 强流离子源 LaMo 阴极 LaB₆ 阴极

1 引言

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, 而且要求它发射稳定, 不中毒, 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), 它的发射比(又称发射电流密度 j , 单位是 A/cm^2 , 即在一定的温度下, 发射体单位表面积所发射的电子流)低, 加热功率大, 工作温度高达 2400K—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^[1]. 虽然 LaB₆ 阴极的发射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一层硼与其它金属的化合物, 如 W-B 化合物和 B-Mo-La 化合物, 这些化合物杂质抑制了电子从其表面的发射, 其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 LaB₆ 阴极已难以满足强流离子源的发展要求^[2].

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. LaMo 阴极用于强流离子源, 国内尚无报道. 但 80 年代初, 国外一些同类实验室已将 LaMo 阴极用于强流离子源^[3,4], 获得了理想的实验结果.

本文对从美国购进的 LaMo 阴极材料的发射特性及用于强流离子源的弧放电性能进行了测试, 结果表明这种新型阴极作为强流离子源阴极的有效性.

2 实验结果

LaMo 阴极材料和 LaB₆ 阴极材料在高温下能产生热电子发射,加上直流电压后即能接收到阴极发射的电子流.为了进行研究,设计了如图 1 的热阴极发射测试装置,图 2 为阴极结构.将两块直径为 10mm,厚度为 4mm 的 LaB₆ 和 LaMo 碟形发射体用于所设计的阴极结构装置上,测试两种阴极的电子发射性能.在气压基本保持稳定(保持在 2.0×10^{-3} Pa)的情况下,改变加热灯丝电流,从而改变加热功率和阴极工作温度,测得多组接收电压 U/V 和接收电流 I/mA 数值,绘出的发射特性曲线如图 3.图 4 为灯源功率分别为 $P_1 = 627.2W$ 和 $P_2 = 540.8W$,工作气体氮气气压为 6.5×10^{-2} Pa 时,LaMo 和 LaB₆ 阴极离子源的弧放电特性曲线(弧压和放电弧流大小分别用 U 和 I_a 表示).

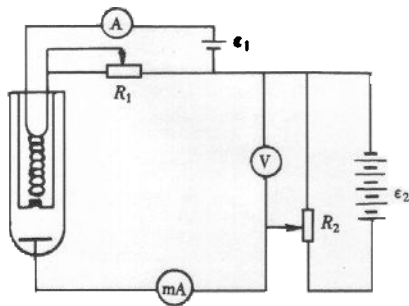


图 1 热阴极发射测试装置示意图

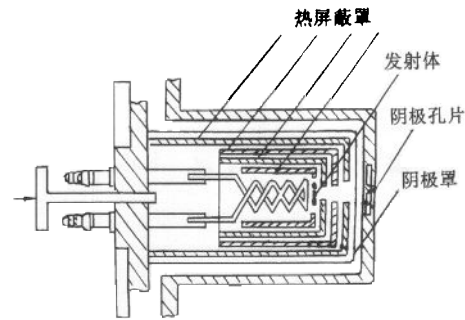


图 2 LaMo 阴极结构示意图

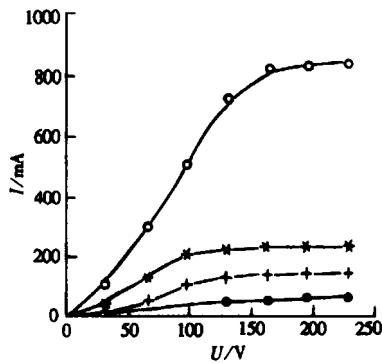


图 3 LaMo 和 LaB₆ 发射特性曲线

—○— LaB₆ ($P_1 = 627.2W$), —*— LaB₆ ($P_2 = 540.8W$),
—+— LaMo ($P_1 = 627.2W$), —·— LaMo ($P_2 = 540.8W$).

阴极特性如下:

(1) LaMo 和 LaB₆ 阴极的发射能力有所不同.在相同的工作温度下,LaMo 阴极的发射能力要弱于 LaB₆ 阴极,实验证明,增设阴极区的辐射热屏,可提高阴极工作温度,增强 LaMo 阴极的发射能力,图 1 为设计的 LaMo 阴极结构.

(2) LaMo 阴极工作的稳定性较好.从弧放电曲线可知,当弧压超过某一阈值时,

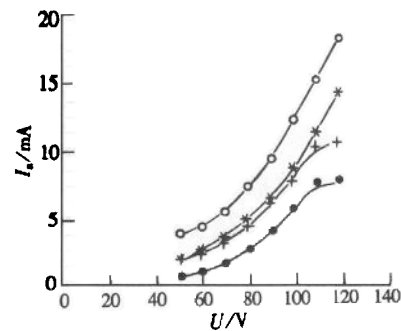


图 4 LaMo 和 LaB₆ 阴极的弧放电特性曲线
图示同图 3.

LaMo 阴极离子源的弧流稳定, 引出的离子束流品质好.

(3) LaMo 阴极比 LaB₆ 阴极具有更长的使用寿命. 在相同的工作条件下, 测算知 LaMo 阴极连续工作 100 小时后, 发射性能下降了 2.4%, 而 LaB₆ 阴极的发射性能下降了 14.1%, 高温下 LaB₆ 阴极的表面污染物严重影响其使用寿命.

(4) LaMo 比 LaB₆ 阴极材料具有更好的延展性, 便于机械加工, 用后不发脆, 在高温下极难与其它金属起化学反应.

(5) LaMo 阴极的结构比较复杂, 而且成本高. 由于发射比不大, 工作温度高, 必须设法提高加热效率, 增设热屏蔽, 另外, 温度的升高, 也会给阴极带来一些麻烦, 如材料的热承受能力和冷却系统的改善等.

3 结论

本文通过实验, 对 LaMo 阴极的发射特性以及用于强流离子源的弧放电性能进行了研究. 采用 LaMo 作为强流离子源的阴极, 尽管它的发射能力比 LaB₆ 弱一些, 但它不易中毒, 离子源工作稳定, 使用寿命大大延长(相对于 LaB₆ 阴极), 不污染离子源, 且加工性能好, 确是强流离子源的一种有效的新型阴极.

作者对中国科学院等离子体物理研究所的王绍虎和余增亮两位研究员在本工作中给予的指导和帮助表示衷心的感谢!

参考文献(References)

- 1 LIU XueQue. Cathode Electronics(in Chinese), Beijing: Science Press, 1957. 69—78
(刘学恣. 阴极电子学. 北京: 科学出版社, 1957. 69—78)
- 2 Leung K N, Pincosy P A, Ehlers K W. Rev. Sci. Instrum., 1984, **55**(7): 1064—1068
- 3 Goebel D M, Forrester A T, Johnston S. Rev. Sci. Instrum., 1980, **51**(11): 1468—1470
- 4 Tsai C C, Menon M M, Ryan P M et al. Rev. Sci. Instrum., 1982, **53**(4): 417—423

Experimental Study on a New LaMo Cathode of High Current Ion Source

TAO XiaoPing

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

PENG ShiXiang

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

Abstract The emission character and discharge character of a purchased LaMo cathode material applied in high current ion source are measured. It is found that the LaMo cathode is an efficient heat cathode emitter. When used in high current ion source, the cathode arc is in normal operation and the lifetime of cathode is longer than that of LaB₆. From the practical use of this cathode, the LaMo cathode is indeed a new kind applicable cathode of high current ion source.

Key words high current ion source, LaMo cathode, LaB₆ cathode