

一种小型真空弧离子源的触发放电结构优化研究*

胡 圣, 郁 杰, 王 亮, 李 刚

(1.中国科学院合肥物质科学研究院, 安徽 合肥 230031; 2.中国科学技术大学, 安徽 合肥 230026)

摘 要:在对一种小型触发型真空弧离子源的研究过程中发现,稳定的触发过程对真空弧离子源的主弧形成以及后续离子引出过程是至关重要的。传统触发结构为简单的触发极、绝缘体和阴极堆叠而成的“三明治”结构,触发过程为绝缘体表面的沿面放电过程,该结构若要实现稳定的触发需要很苛刻的外加条件。优化触发结构可有效提高离子源工作稳定性,降低电源要求及成本。针对以上情况,文章提出了一种新的触发放电结构,并论证了其触发放电的稳定性。

关 键 词:沿面放电;触发型真空弧离子源;触发放电

中图分类号:O462.4

文献标识码:A

文章编号:1002-0322(2022)02-0011-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.02.03

The Optimization Study of the Trigger Structure of a Small Vacuum Arc Ion Source

HU Sheng, YU Jie, WANG Liang, LI Gang

(1.Hefei Institution of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

2.University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: On the research of a small triggered vacuum arc ion source, the trigger process is very crucial to the following processes such as arcing and extraction. The traditional trigger structure is a sandwich structure including trigger, insulator and cathode. The triggering process is the surface discharge process on the insulator surface. It needs a very rigorous condition to realize stable triggering discharge for this structure. Optimizing the trigger structure can effectively improve the stability of the ion source and reduce the cost and ability of the power source. Therefore, we propose a new trigger structure in this paper, which also demonstrates the stability of triggering discharge.

Key words: surface flashover; triggered vacuum arc ion source; triggering discharge

触发型真空弧离子源具有结构简单、可在较低击穿电压下发生真空击穿、能够产生强流金属离子束或金属气体混合离子束等特点^[1],是一种可产生低频、窄脉冲、强带电粒子束流的紧凑型离子源,工作压强为 10^{-3} Pa 量级。由于其优秀性能,该类型离子源被广泛应用于真空电弧推力器^[2]、石油测井^[3]、真空电流开关^[4]、真空电弧沉积^[5]、粒子束注入^[6]等领域,具有很高的研究价值。

触发型真空弧离子源拥有触发极、阴极和阳极三个电极^[7],基本电极结构如图 1 所示。离子源

工作时,阴极接地,触发极和阳极加正高压^[8]。在触发极正高压驱动下,阴极、绝缘体、真空三相交界处产生强电场^[9]。强场产生的场致发射电子撞击绝缘体表面,在绝缘体表面形成沿面闪络放电^[10]。闪络放电形成大电流的导电通道,使触发极和阴极导通,同时产生初始等离子体,该过程为触发过程^[11]。触发过程产生的初始等离子体在阳极电压的作用下扩散至主放电间隙,在阴极表面形成强场,导致阴极表面大量等离子体发射,在阴阳两极间产生强的主弧放电电流^[12]。

收稿日期:2021-05-10

作者简介:胡圣(1997-),男,四川省德阳市人,硕士生。

通讯作者:李刚,副研究员;王亮,高级工程师。

* 基金项目:智能导钻技术装备体系与相关理论研究(XDA14000000)。