

小型带电粒子发射枪的研发^{*}

郭方准, 石晓倩, 王润成

(大连交通大学机械工程学院, 辽宁 大连 116028)

摘 要: 本文介绍了电子和氩离子两种不同电荷的小型发射枪, 根据电子枪的用途, 以电荷中和低能量电子枪、脉冲式电子枪和高能量电子枪为例, 详细介绍了发射枪的构造、工作原理和粒子轨迹。根据氩离子的产生方式, 介绍了冷阴极离子枪、热阴极离子枪和等离子体源。掌握小型带电粒子发射枪的原理和构造, 可以针对基础科研、半导体产业、生命科学和国防航天领域的具体应用进行产品开发。

关 键 词: 电子; 离子; 等离子体; 电磁透镜; 静电透镜

中图分类号: TL82

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)04-0029-07

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.04.06

Development of Compact Emission Guns for Charged Particles

GUO Fang-zhun, SHI Xiao-qian, WANG Run-cheng

(School of Mechanical Engineering, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028, China)

Abstract: The basic principles, particle trajectories and structures of the compact emission guns for electrons and argon ions are introduced respectively. The typical electron guns are used for charge neutralization, pulse emission and high energy electron diffraction. The types of argon ion gun are usually classified to cold cathode, hot cathode and plasma sources. The compact emission guns are playing important roles in the development and application of scientific research, semiconductor industry, life sciences, defense and aerospace.

Key words: electron; ion; plasma; electromagnetic lens; electrostatic lens

在外力(比如光、热、电场、高频电磁波等)作用下, 中性原子可以释放出电子, 同时自身成为带正电荷的离子, 电子和正离子统称为带电粒子。带电粒子在电场中受电场力的作用而做直线加速运动, 在磁场中受洛伦兹力的作用而做圆周运动。电场可以改变带电粒子的能量, 磁场只能改变带电粒子的运动方向。充分活用电场和磁场对带电粒子作用力的特点, 就可以操纵带电粒子。

发射带负电荷电子的各种电子枪, 根据其能量范围、束流特性等, 可用于电荷中和、电子激发、光子激发和原子构造检测等领域^[1-4]。发射带正电荷离子的各种离子枪, 可用于表面刻蚀、离子注入和医疗放射等领域^[5-7]。

带电粒子被人类控制, 并给人类带来科技和产业革命。我国近年来的科技实力不断提高, 已

经基本实现了各种带电粒子发射装置的国产化。本文围绕带正负两种电荷的电子和氩离子, 介绍带电粒子的产生、引出、加速、聚焦和偏转, 可在较大范围内连续调整带电粒子的能量, 做到了带电粒子发射枪的小型化、系列化和先进化。文中介绍的各种带电粒子发射枪都是本团队自主研发, 适合在超高真空环境中使用, 装置主体和控制电源中的部件完全国产化, 取代国外进口。

1 电子枪

电子的发射主要有三种方式, 分别是灯丝通电释放热电子、场致发射冷电子和光激发光电子^[8]。其中灯丝通电释放热电子的方式较为常用, 灯丝通常选用直径0.1~0.2mm的钨或钽金属丝, 也可选用钨或钽金属片释放热电子以获得更均匀和

收稿日期: 2022-02-03

作者简介: 郭方准(1970-), 男, 辽宁省大连市人, 教授, 博导。

^{*} 基金项目: 辽宁省教育厅“攀登学者”项目资助(8800002)。