

新型静电离子导入器的研制

张义军, 潘 洋, 齐 飞

(中国科学技术大学国家同步辐射实验室, 安徽 合肥 230029)

Design and Manufacture of a Novel Electrostatic Ion Guide

ZHANG Yi-jun, PAN Yang, QI Fei

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

Abstract: A novel electrostatic ion guide(EIG) was designed and manufactured according to the simion simulation. Favorable focusing effect with high transmission efficiency was achieved by optimizing different parameters. EIG was used to ensure the vacuum difference between electrospray ionization(ESI) and time of flight mass spectrometry(TOF MS), and achieve ion-neutral molecular separation as well.

Key words: electrostatic ion guide; simion; simulation; ESI; TOF MS

中图分类号: O 657.63 文献标识码: A 文章编号: 1004-2997 (2009) 增刊-0001-02

离子导入器是一种重要的离子运输装置,是连接电喷雾等电离源和质谱仪之间的桥梁。在保证质谱仪工作高真空的差分效果,离子导入器可以实现对离子进行较长距离的运输和冷却,对喷雾源喷出物进行脱溶剂,使离子和中性分子有效分离^[1-2]。本研究采用 simion 电子光学模拟,优化设计出一套合理的结构参数,并进行机械设计,研制了一套适用于同步辐射光电离质谱装置的新型静电离子导入器(EIG)。

1 电子光学模拟

simion 是一个电场磁场电子光学模拟软件,具有强大的功能,能够模拟 8 Kgu^3 空间内的离子在电磁场中的各种行为。本研究利用 simion 程序,分步模拟离子从大气环境进入质谱仪的全过程,在保证有效聚焦和高传输效率的前提下,得到了最佳的模拟计算结果。

2 结果与讨论

2.1 模拟结果

该离子导入器主要由 3 部分构成,示于图 1。

1) 引入透镜 EIL1。由电极板和 skimmer 组成,用来从大气到真空的初次差分,同时对离子进行聚焦;

2) 离子导入器核心 EIG。由一个直径 37 mm 的圆筒和中心导线组合而成,二者加不同电压,离子在进入后将沿着它的中心导线做螺旋进动;

3) 出口聚焦透镜 EIL2。由于离子通过 EIG 后将发散出射,此透镜采用多级极板,加之合适电压对其进行聚焦,从而保证离子能够以较细束斑出射。

EIL2 出口直径为 3 mm,长 20 mm,以保证它和 TOF 之间的真空差分效果。

作者简介: 张义军(1981~),男(汉族),安徽人,博士研究生,从事质谱分析研究。E-mail: yijun@mail.ustc.edu.cn

通信作者: 齐 飞(1968~),男(汉族),安徽人,研究员,从事燃烧诊断、质谱分析研究。E-mail: fqj@ustc.edu.cn

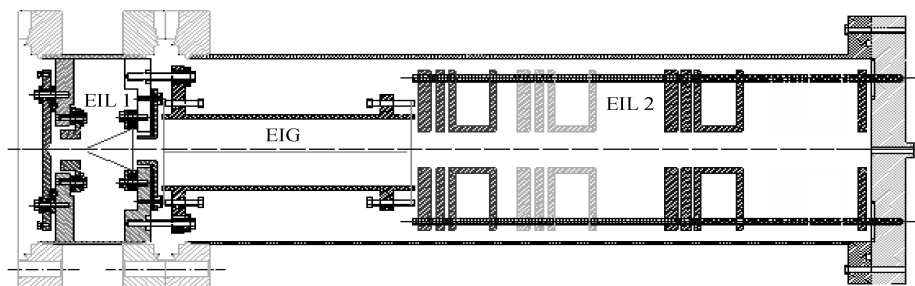


图 1 离子导入器结构示意图

Fig.1 The structure for EIG

模拟的关键步骤是建立合理的 EIG 模型。本实验采用偏心处理, 即离子导入器的核心 EIG 中心与入射透镜 EIL1 和出射透镜 EIL2 的中心错开 Δr_0 , 这样离子束才能顺利通过。模拟表明, $\Delta r_0 = 1.5 \text{ mm}$ 传输效率最佳。

EIG 引出后的离子分散非常严重, 示于图 2。综合模拟给出聚焦方案 EIL2, 保证离子能够聚焦为一束直径不超过 3mm 的离子流, 同时出射速度以不超过 $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 进入 TOF 的拉出场, 示于图 3。

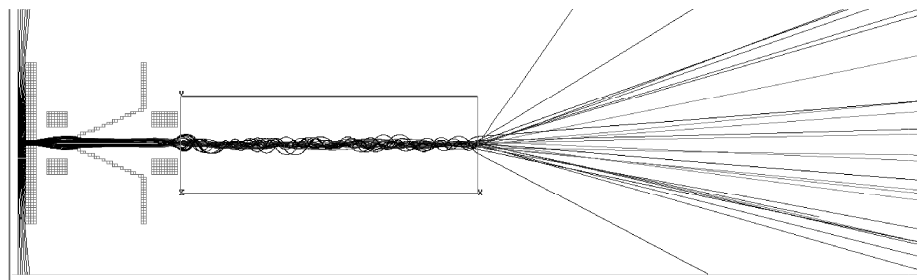


图 2 离子导入器未加聚焦透镜 EIL2 时, 尾部剧烈发散

Fig.2 Ions radiate at the end of EIG without EIL2

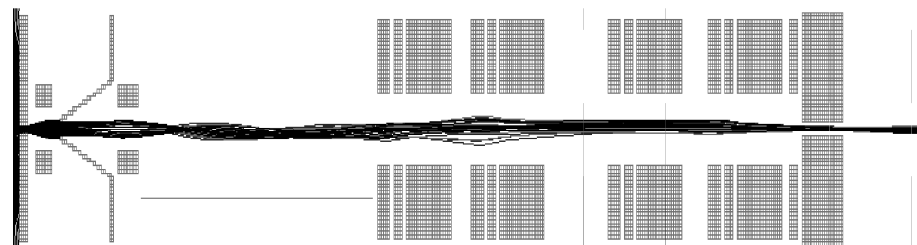


图 3 离子导入器最佳理论模拟效果

Fig.3 The optimal simulation for EIG with simion

2.2 机械设计和分析

机械设计主要依据理论模拟的结果进行, 此外还需考虑电极之间绝缘和支撑。由于 ESI 生成的离子从大气进入质谱, 真空度跨越约 9 个量级, 所以还必须考虑真空差分问题。设计过程中我们选用三级差分抽气方式。

该离子导入器可以与现有同步辐射光电离腔体配合使用。由于同步辐射真空紫外光波长可调, 是一种软电离方式, 可选择性地将电喷雾和激光解吸产生的气相中性分子在大气压环境电离和解离。把这些离子有效传输至质谱进行检测, 将对研究有机、生物分子的光电离和光解离过程有重要意义。

3 结论

采取 simion 电子光学模拟了一种静电离子导入器, 并进行机械设计。它的完成对同步辐射光电离质谱技术在有机, 生物分子的光电离和光解离研究有重要意义。

(下转第 8 页)