

一种小型化过程检测质谱仪的设计与研制

沈 辉^{1,2}, 于佳佳^{1,2}, 侍 尉^{1,2}, 庞骏德^{1,2}, 陈延龙^{1,2}, 景加荣^{1,2}

(1. 上海裕达实业有限公司, 上海 200240; 2. 上海卫星装备研究所, 上海 200240)

摘 要: 质谱仪是气体监测与分析的一种重要仪器。相比于传统气体传感器检测方式, 质谱仪具有检测范围广、灵敏度高、响应速度快等优点。本文研制了一台小型化过程检测质谱仪, 采用双灯丝电子轰击电离源及四极杆作为质量分析器, 检测器部分采用法拉第筒与电子倍增器双模式, 电控单元以高频 FPGA 测控系统、大电流灯丝驱动电源、宽质量范围射频电源及高增益复合跨导放大器为核心。试验测试结果表明, 该小型质谱仪各项性能指标优越, 已达到市场上主流商品的水平, 可广泛用于各类气体检测场合。

关 键 词: 过程检测; 质谱仪; 四极杆; 分辨率

中图分类号: TH84

文献标识码: B

文章编号: 1002-0322(2024)02-0053-05

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2024.02.09

Design and Development of Miniaturized Process Mass Spectrometer

SHEN Hui^{1,2}, YU Jia-jia^{1,2}, SHI Wei^{1,2}, PANG Jun-de^{1,2}, CHEN Yan-long^{1,2}, JING Jia-rong^{1,2}

(1. Shanghai Yu Da Industrial Co., Ltd., Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Institute of Spacecraft Equipment, Shanghai 200240, China)

Abstract: Mass spectrometer is an important instrument for gas monitoring analysis in many fields. It has the advantages of wide detection range, high sensitivity and faster response speed compared to the traditional gas sensor. A miniaturized process mass spectrometer is developed with a dual filament electron bombardment ionization source and a quadrupole as mass analyzer. The detector works in dual mode of Faraday cup and electron multiplier. The electronic control unit core is combined with a high frequency FPGA system, high current filament power supply, wide mass range RF power supply and high gain composite transconductance amplifier. The test results show that the miniaturized process mass spectrometer has superior properties which has reached the level of mainstream mass spectrometer in the market, and can be widely used in various gas detection occasions.

Key words: process detection; mass spectrometer; quadrupole rod; resolution

在工业生产中常常需要对生产过程进行在线分析, 以确保生产过程安全、可靠, 提高生产效率, 减少污染排放等。例如: 在石油化工领域, 在环氧乙烷/乙二醇生产过程中, 需要对工艺过程中的各类气体组分进行快速分析, 以保证催化剂的使用寿命, 确保反应过程安全、高效; 在半导体制造领域, 集成电路封装工艺在真空环境下进行, 需要对封装过程的真空环境进行实时监测, 确保集成电路封装中不引入水汽等杂质, 以免影响集成电路的使用寿命; 在食品药品冻干领域, 冻干机导热硅油的泄漏是影响冻干品质的主要原因, 对冻干机内硅油等杂质的泄漏检测是保证

冻干品质的重要手段; 而在发酵生产过程中, 则需要对产生的各种气体进行监测, 以控制和优化发酵工艺^[1-10]; 在航空航天领域, 对航空航天器进行真空热试验时, 需要对真空环境进行实时监测, 对可能存在的污染源进行有效地分析与判断, 确保航空航天器不受环境污染, 同时在载人航空航天器中需要对航空航天舱内密闭空间的气体环境进行在线监测, 保障人员安全^[11-12]。

传统的工业过程气体检测方法是使用各类气体传感器, 其缺点是针对性较强, 一种传感器只能检测单组分气体, 而对多组分气体检测时需要布置大量的传感器, 检测过程响应较慢, 且定