

实验 E3 材料真空兼容性测试和等离子特性研究

【实验目的】

1. 学习基本的真空知识和技术，掌握真空的获得和测量方法。
2. 通过真空气体放电实验，验证帕邢定律。
3. 了解四极杆质谱仪工作原理，掌握质谱仪的操作，进行真空系统检漏和真空环境分析。
4. 研究等离子体特性，获得等离子体基本参数。
5. 使用质谱仪测试不同材料在真空中的脱气性质，了解材料的真空兼容性。
6. 深入探讨四极质谱仪工作原理。

【实验内容】

1. 使用机械泵和分子泵获得高真空。(参考附件 1-宜准 VQP1 真空平台使用说明及附件 2-宜准 VQP1 真空平台主要参数。)
2. 通过真空气体放电实验，测量击穿电压与电极间隙和气压之间的关系，验证帕邢定律。(参考附件 3-宜准帕邢实验。)
3. 使用四极质谱仪，进行真空系统检漏和真空环境分析。(参考附件 4-宜准四极质谱实验。)
4. 利用光纤光谱仪研究气体放电产生的等离子体光谱特性，获得等离子体基本参数。
(选做)
5. 用质谱仪测试不同材料在真空中的脱气性质，了解材料的真空兼容性。(选做)
6. 研究四极电场特性及其中离子运动方程，深入探讨四极质谱仪工作原理。(选做)

【仪器用具】

上海宜准公司 VQP01 真空平台。(针对帕邢实验、四极质谱仪测试、质谱图分析等多项实验项目而设计的一台综合性实验装置，该装置由放电腔体、机械泵、分子泵、高压电源、四极质谱仪、真空计以及击穿电压测量系统等装置构成。)

【实验安全注意事项】

1. 操作前请检查真空腔体是否密封，检查高压电源开关、分子泵电源开关是否断开，

以及应急按钮是否断开。

2. 注意高电压电源使用安全。（高压电源受真空计控制，实验前请确认真空计是否通电；通电情况下请勿插拔高压电源后面板高压输出接口，切勿接触后侧电力控制部分；实验前请检查高压电源调节旋钮，务必置零；实验过程中请勿接触高压电源后面板以及高压电源内侧结构。）
3. 若实验中用到分子泵，需机械泵先抽真空压强低于 10 pa 以下才能开启分子泵电源。
4. 若实验中用到四极质谱仪，开启四极质谱仪时保证真空压强低于 $5.0\text{E-}2\text{ Pa}$ 。

【实验原理】

真空的获得和测量：在给定空间内，气体压强低于一个大气压的气体状态，称之为真空。真空的获得就是人们常说的“抽真空”，即利用各种真空泵将被抽容器中的气体抽出，使该空间的压强低于一个大气压。真空测量是指用特定的仪器和装置，对某一特定空间内真空高低的测定，这种仪器或装置称为真空计（仪器、规管）。

固体对气体的吸附及气体的脱附：气体吸附就是固体表面捕获气体分子的现象，吸附分为物理吸附和化学吸附。其中物理吸附没有选择性，任何气体在固体表面均可发生，主要靠分子间的相互吸引力引起的。物理吸附的气体容易发生脱附，而且这种吸附只在低温下有效；化学吸附则发生在较高的温度下，与化学反应相似，气体不易脱附，但只有当气体和固体表面原子接触生成化合物时才能产生吸附作用。气体的脱附是气体吸附的逆过程。通常把吸附在固体表面的气体分子从固体表面被释放出来的过程叫做气体的脱附。

气体放电、等离子体和帕邢定律：气体放电的基本过程是利用外（电）场加速电子使之碰撞中性原子（分子）来电离气体。等离子体由离子、电子以及未电离的中性原子（分子）的集合组成，整体呈中性的物质状态。气体放电是产生等离子体的一种常见形式。帕邢定律是表征均匀电场气体间隙击穿电压、间隙距离和气压间关系的定律。

四极质谱仪：四极杆上加有直流和射频交流分量电压（势），使得一定质量电荷比的离子可稳定的通过四极杆质量过滤器（离子能够稳定地通过四极电场），而不会撞上或逸出四极杆，可将离子根据质量电荷比进行过滤分类，归纳成质谱。

【思考题】

1. 为什么机械泵先抽真空压强低于 10 pa 以下才能开启分子泵电源？
2. 为什么开启四极质谱仪时保证真空压强低于 $5.0\text{E-}2\text{ Pa}$ ？
3. 为什么气体放电产生的等离子体能发出辉光？
4. 四极质谱仪中四极电场特性如何？其中离子作何运动？

【参考文献】

1. 赵宝升编著,《真空技术》,科学出版社,1998 年。
2. 李潮锐等编,《物理学实验教程(近代物理实验)》,中山大学出版社,2004 年。
3. 上海宜准电子科技有限公司,VQP01 真空机组和平台使用说明书,2018 年。