

## 应用说明

# 为半导体和工业制造选择合适的气体分析仪

## 引言

残余气体分析仪（RGA）已不再仅仅是实验室工具，它们已成为帮助半导体工厂和工业制造商实现最佳运行的关键设备。通过监测和分析真空系统内的气体成分，残余气体分析仪（RGA）有助于确保制造质量和效率。

如今的残余气体分析仪（RGA）注重灵敏度、准确性和易用性，但并非所有产品都性能一致。选择合适的残余气体分析仪（RGA）取决于具体的应用场景、目标和要求。

本技术说明旨在帮助用户了解残余气体分析仪（RGA）的基础知识和关键差异点，以便为每种独特的应用选择最合适的仪器。

## 残余气体分析仪（RGA）的工作原理

残余气体分析仪（RGA）测量混合物中各种气体的单独离子电流。在半导体制造中，残余气体分析仪（RGA）能够检测并量化可能影响质量和产量的痕量污染物，例如水蒸气或氧气。通过及早识别污染物，残余气体分析仪（RGA）可以确保真空环境的纯度和最终产品的质量。

一套残余气体分析仪（RGA）系统由三个主要组件构成：用于检测气体的高真空传感器、控制设备的电子元件以及解读和显示收集到数据的软件。

### ■ 传感器

残余气体分析仪（RGA）传感器包含三个关键部分：

- **离子源**：离子源内有一个加热灯丝，灯丝材质为钨或氧化钇涂层钨。灯丝发射电子，电子与真空系统内的气体分子发生碰撞，使气体分子电离并产生带电粒子。
- **四极杆质量过滤器**：随后，离子被导入四极杆质量过滤器，在此根据离子的质荷比进行分选，仅允许特定质荷比的离子通过。
- **离子检测器**：通过四极杆质量过滤器的离子撞击到离子检测器上。撞击后，离子被中和并产生与存在的气体成分数量成正比的电流，从而识别出特定气体。

这种结构化的设计确保了对真空系统内气体成分进行精确且可靠的分析，使残余气体分析仪（RGA）成为各种工业应用中不可或缺的工具。

### ■ 电子元件

电子模块配备了先进的电子设备，旨在提升在严苛应用环境中的性能和可靠性。电子元件的主要特点包括：

- **射频稳定性**：射频稳定性通过最大限度地减少信号漂移和噪声，确保测量结果的一致性和准确性，这对于在环境条件波动的情况下维持数据完整性至关重要。

- **高精度模数转换器：**英福康（INFICON）残余气体分析仪（RGA）采用高精度模数转换器，能以极高的准确性将模拟信号转换为数字数据，这对于获取详细且可靠的测量数据以进行精确的气体成分分析至关重要。
- **快速数据采集速度：**电子元件设计支持快速数据采集，可实现实时监测和分析，这对于需要即时反馈和调整的应用（如半导体制造和真空工艺）来说至关重要。
- **多功能输入 / 输出 (I/O) 能力：**电子元件具备多功能输入 / 输出 (I/O) 能力，可与各种系统和设备无缝集成，确保能适应不同的运行要求和环境。

这些先进的电子元件辅以我们直观的系统软件，简化了集成和操作流程。

#### ▪ 软件

残余气体分析仪（RGA）电子模块采用尖端的“智能传感器”设计，能高效处理传感器的输出信号，以便与英福康（INFICON）直观的系统软件以及用户的外部计算机无缝集成。这款先进的软件为用户提供实时过程监测、强大的统计过程控制、传感器自动化、与设备和工厂系统的集成以及简化的维护程序（如质量校准），确保仪器发挥最佳性能和可靠性。

随着制造业朝着更高精度和更复杂性的方向发展，实时、高分辨率的过程洞察变得比以往任何时候都更加重要。借助智能传感器集成的故障检测与分类（FDC）系统，正在重新定义生产效率和提升的标准。英福康（INFICON）的 FabGuard® 故障检测与分类（FDC）平台，结合 SmartFDC® 人工智能 / 机器学习引擎和 SmartSensors™ 智能传感器，正是现代过程控制领域这一变革的典范。



传统的工具级数据（如温度、压力和工艺配方状态）已不足以检测那些影响产量的复杂、细微偏差。FabGuard® 通过将数百种传感器类型（包括残余气体分析仪（RGA）、光学发射光谱仪（OES）、石英晶体微天平（QCM）和高速模拟输入 / 输出设备）直接集成到其数据采集框架中，扩大了监测范围。这些传感器实时测量物理和化学现象，实现了与晶圆加工结果直接相关的精确虚拟计量和故障检测。智能传感器（SmartSensors™）通过将智能信号处理和特定领域模型与有关腔室化学和物理特性的传感器数据相结合，进一步拓展了这一能力。

将残余气体分析仪 (RGA) 传感器数据与设备和过程数据相结合, 进一步增强了 FabGuard® 过程控制的效能。高带宽的残余气体分析仪 (RGA) 传感器可直接测量腔室化学特性和过程动态。这为 FabGuard® 的过程控制提供了同步的、事件驱动的数据流, 可用于:

- 实时和逐批次的统计过程控制 (SPC) 与控制
- 预测性维护 (例如, 腔室清洁终点监测)
- 防止影响产量的偏差 (例如, 真空完整性问题、压力漂移)

随着工厂追求零缺陷制造以及自适应、自主化的过程控制, 像配备 SmartFDC® 和智能传感器 SmartSensors™ 的 FabGuard® 这样的传感器驱动型故障检测与分类 (FDC) 平台, 正成为下一代智能工厂的基础。

## 为何使用残余气体分析仪 (RGA) ?

残余气体分析仪 (RGA) 是现代真空应用中不可或缺的工具, 具有一系列功能, 可增强过程控制、质量保证和系统完整性。以下是残余气体分析仪 (RGA) 表现出色的一些关键应用场景:

- **泄漏检测:** 残余气体分析仪 (RGA) 通过持续监测氦气或其他示踪气体来进行腔室泄漏检测。当氦气水平超过设定阈值时, 软件会发出声音和视觉警报。
- **过程表征和背景监测:** 残余气体分析仪 (RGA) 对工艺腔室的背景环境进行表征。建立基线水平后, 它会监测偏差, 确保过程的一致性。
- **过程监测:** 残余气体分析仪 (RGA) 提供过程的实时监测, 并立即报告任何异常或偏差。集成软件可以将此信息反馈给系统, 以便采取即时纠正措施。
- **污染控制:** 残余气体分析仪 (RGA) 识别系统内意外和有害的物质。利用全面的已知光谱库, 软件有助于精准定位和识别来自各种来源的污染物。
- **过程控制:** 残余气体分析仪 (RGA) 数据可用于过程控制。设定点继电器可编程为在特定分压下启动, 以控制阀门; 同时, 模拟输出可集成到可编程逻辑控制器 (PLC) 中, 实现自动化调整。

## 选择残余气体分析仪 (RGA) 的关键因素

在推荐或指定残余气体分析仪 (RGA) 之前, 需要考虑几个关键因素, 以确保其最适合具体应用。

### 质量范围

质量范围决定了残余气体分析仪 (RGA) 能够检测哪些气体。传感器以原子质量单位 (AMU) 来标定, 原子质量单位 (AMU) 定义了残余气体分析仪 (RGA) 能够检测和分析的离子质量范围。半导体制造可能需要检测氢气 (2 AMU)、氦气 (4 AMU)、水蒸气 (18 AMU)、氮气 (28 AMU)、氧气 (32 AMU) 和氩气 (40 AMU) 等气体。质量范围为 1-100 AMU 的残余气体分析仪 (RGA) 适用于检测这些气体。

为确保气体分析的准确性和全面性, 应确保残余气体分析仪 (RGA) 涵盖特定应用所需的质量范围。

气体	质量单 AMU 数值	气体	质量单 AMU 数值	气体	质量单 AMU 数值
----	---------------	----	---------------	----	---------------

氢气 - H <sub>2</sub>	2	空气	28	二氧化碳 - CO <sub>2</sub>	44
氦气 - HE	4	一氧化碳 - CO	28	丙烷 - C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44
甲烷 - CH <sub>4</sub>	16	乙烷 - C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	丁烷 - C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58
氨气 - NH <sub>3</sub>	17	硅烷 - SiH <sub>4</sub>	32	三氟化氮 - NF <sub>3</sub>	71
水 - H <sub>2</sub> O	18	氧气 - O <sub>2</sub>	32	戊烷 - C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72
氟气 - NE	20	盐酸 - HCl	36	氙气 - Xe	132
氢氟酸 - HF	20	氩气 - Ar	40		
氮气 - N <sub>2</sub>	28	机械泵油	43		

#### ■ 灵敏度和检测极限

灵敏度指残余气体分析仪（RGA）检测真空系统内气体浓度微小变化的能力。对于痕量污染物可能影响过程或产品质量的应用，高灵敏度至关重要。检测极限表示残余气体分析仪（RGA）能够可靠检测到的气体最低浓度。

需考虑应用中涉及的特定气体及其预期浓度范围。半导体制造可能需要十亿分之一（ppb）级别的灵敏度，而其他应用可能只需要百万分之一（ppm）级别的灵敏度。法拉第杯（FC）检测器和电子倍增器（EM）检测器的选择取决于所需的灵敏度。法拉第杯（FC）适用于许多应用场景，而电子倍增器（EM）则能提供更高的灵敏度，可检测极低浓度的痕量气体。

#### ■ 工作压力范围

标准残余气体分析仪（RGA）传感器通常在低于  $10^{-4}$  托的压力下工作，以确保气体分析的准确性和可靠性，因为较高的压力会干扰电离、离子过滤和检测过程。高压残余气体分析仪（RGA）采用先进技术，工作压力可达  $2 \times 10^{-2}$  托，使其非常适合真空条件苛刻或需要在较高压力下进行实时监测的应用。

如果系统的工作压力超过标准阈值，则需要采用减压方法，使残余气体分析仪（RGA）传感器保持在最佳真空范围内。一种常用方法是使用减压入口，该入口采用限流技术。这种方法通过一个小孔将样品抽取到传感器，即使在较高压力下也能确保测量的准确性。

### 精准重塑：英福康（INFICON）Transpector® 系列残余气体分析仪（RGA）

英福康（INFICON）Transpector® 系列残余气体分析仪（RGA）专为满足各行各业的多样化需求而设计。无论是半导体制造、真空镀膜还是研发应用，英福康（INFICON）残余气体分析仪（RGA）都能为所有关键应用提供卓越的性能和可靠性。

#### Transpector MPH/MPS | 开放式离子源 - 标准型和长寿命 Twister 型



英福康 (INFICON) 开放式离子源 (OIS) 提供多种直接浸入式传感器，能带来无与伦比的灵敏度。开放式离子源 (OIS) 专为高真空环境设计，具有更高的灵敏度，性能卓越。为确保可靠性，标准开放式离子源 (OIS) 配备双灯丝，即使其中一个灯丝出现故障，也能保证系统持续运行 —— 就像为系统配备了“备用轮胎”。为实现更高的效率，长寿命 Twister 型开放式离子源 (OIS) 延长了灯丝寿命，显著增加了维护周期之间的时间，最大限度地提高了运行时间。

### Transpector XPR3+ | 高压型 - (XPR)



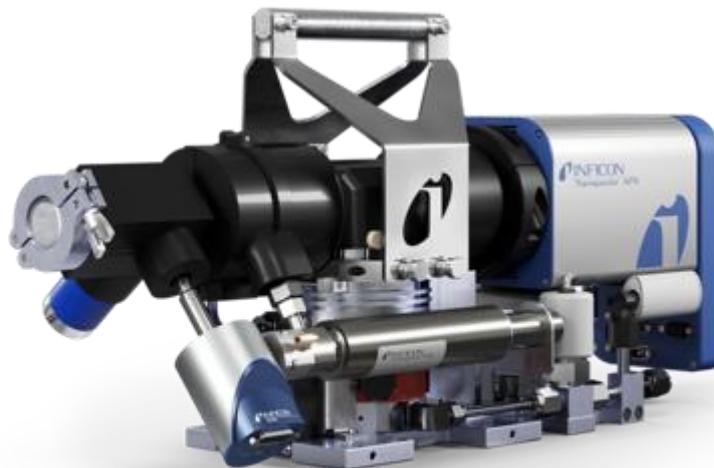
对于需要更高工作压力的应用，英福康 (INFICON) 提供高压残余气体分析仪 (RGA)，这是一种直接浸入式传感器，工作压力可达 20 毫托。该残余气体分析仪 (RGA) 专为抗污染设计，配备双离子源，能够承受溅射压力范围应用带来的挑战。

### Transpector CPX | 封闭式离子源



英福康 (INFICON) 封闭式离子源 (CIS) 提供多种差分泵残余气体分析仪 (RGA)，专为在较高压力应用中保持耐用性而设计。当与减压入口配合使用时，封闭式离子源 (CIS) 允许从大气压到高真空环境进行采样，同时减少减压系统带来的干扰。尽管封闭式离子源 (CIS) 的灵敏度较低，但与差分泵系统配合使用时，具有多功能性和可靠的性能，适用于广泛的应用场景。

#### Transpector APX | 耐苛刻化学环境型



针对苛刻化学环境应用，英福康 (INFICON) 提供差分泵残余气体分析仪 (RGA)，该仪器经过专业设计，能够承受腐蚀性环境，同时保持行业领先的精度。这些坚固的传感器采用专有 xParts 涂层，非常适合原子层沉积 (ALD)、化学气相沉积 (CVD)、等离子体增强化学气相沉积 (PECVD)、物理气相沉积 (PVD) 和蚀刻等要求严苛的半导体工艺。

## 选择合适的残余气体分析仪（RGA）的重要性

残余气体分析仪（RGA）已从专用实验室仪器发展成为半导体和工业制造中不可或缺的工具。通过提供关于腔室化学特性的精确、实时洞察，它们使工厂和制造商能够保障质量、优化流程并维护系统完整性。

选择合适的残余气体分析仪（RGA）归根结底取决于对运行环境、灵敏度要求和长期目标的理解。英福康（INFICON）Transpector® 系列残余气体分析仪（RGA）提供了从高真空灵敏度到高压耐用性的全方位解决方案，能在各种应用场景中提供可靠的性能。当与 FabGuard® 等先进平台配合使用时，残余气体分析仪（RGA）不仅仅是监测过程，更是助力下一代智能、自适应制造的核心力量。

## 探索英福康（INFICON）残余气体分析仪（RGA）解决方案

今天就联系英福康（INFICON），了解我们的解决方案如何改善您的工厂运营。网址：[www.inficon.com](http://www.inficon.com) 邮箱：[reach.china@inficon.com](mailto:reach.china@inficon.com) 英福康（INFICON）

（注：文档中部分品牌名称、产品型号、技术术语保留原文，以确保专业性和准确性；表格格式 Word 中可保持规范呈现，便于阅读和参考）。