

ТЕХНИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Выбор подходящего анализатора остаточных газов

Анализаторы остаточных газов используются в вакуумных исследовательских приложениях уже в течение 25 лет. За последние 10 лет их роль изменилась, и они эволюционировали из исключительно исследовательского прибора в производственный инструмент. Применение анализатора остаточных газов на производстве может способствовать повышению производительности, увеличению выпуска годных изделий, пропускной способности и снижению издержек, а в итоге – увеличению прибыли.

Однако пользователь самостоятельно должен определить, как прибор наилучшим образом может удовлетворить потребностям конкретного приложения. В данном техническом документе рассмотрена проблема выбора анализатора остаточных газов, подходящего для конкретного приложения.

КАК РАБОТАЕТ АНАЛИЗАТОР ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ?

Анализатор остаточных газов измеряет парциальные давления отдельных газов в смеси. В состав анализатора остаточных газов входят: датчик, работающий в условиях высокого вакуума, электроника, управляющая датчиком, и программное обеспечение, выполняющееся на внешнем компьютере, для отображения данных и управления электроникой.

Датчик анализатора остаточных газов состоит из трёх компонентов:

Источник ионов: Источник ионов содержит нагреваемый катод, испускающий электроны. Эти электроны сталкиваются с молекулами газа в вакуумной системе, передавая им электрический заряд и превращая в ионы.

Квадрупольный фильтр масс: Ионы, образованные в источнике ионов, направляются электрическим полем в квадрупольный фильтр масс для разделения в зависимости от отношения их массы к заряду.

Детектор ионов: Ионы, прошедшие через квадрупольный фильтр масс, попадают в детектор и сталкиваются с чувствительным элементом, при этом происходит их нейтрализация и возбуждается ток, который позволяет идентифицировать компонент, присутствующий в газовой смеси, а величина создаваемого тока пропорциональна количеству определённого газа в смеси.

Блок электроники анализатора остаточных газов, в котором реализована конструкция «интеллектуального датчика», интерпретирует выходной сигнал датчика для отображения в системном ПО на внешнем компьютере. Это системное ПО используется для мониторинга и статистического управления технологическим процессом, а также для выполнения процедур техобслуживания, например калибровки по массам.

В КАКИХ СЛУЧАЯХ ИСПОЛЬЗУЮТ АНАЛИЗАТОР ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ?

Анализатор остаточных газов используют для решения различных задач.

- **Обнаружение течи.** Анализатор остаточных газов способен непрерывно контролировать содержание гелия (или любого другого пробного газа), выполняя функцию проверки герметичности камеры. ПО выдаст предупреждение (звуковое и визуальное), чтобы оповестить пользователя в случае превышения предварительно заданного уровня содержания гелия.
- **Мониторинг фона и характеристик техпроцесса.** Анализаторы остаточных газов можно использовать для определения характеристик фоновой газовой среды в технологической камере. Если известен ожидаемый состав фоновой среды и уровни содержания газов, тогда анализатор остаточных газов можно использовать для отслеживания отклонения содержания газов от этих уровней.
- **Мониторинг техпроцесса.** Анализатор остаточных газов может непрерывно осуществлять мониторинг техпроцесса и немедленно сообщать обо всех нарушениях или отклонениях от нормального состояния техпроцесса. Комплексное ПО может осуществлять обратную связь и передавать полученные данные оборудованию для выполнения соответствующих операций.
- **Контроль загрязнения.** Анализатор остаточных газов можно использовать для обнаружения непредвиденных и нежелательных веществ в системе. Источники этих загрязняющих веществ могут быть совершенно различными. ПО анализатора остаточных газов содержит библиотеку известных спектров, по которым можно определять посторонние и неизвестные вещества.
- **Управление техпроцессом.** Данные, полученные анализатором остаточным газом, можно использовать для управления техпроцессом. Например, реле, срабатывающие по уставкам, запрограммированные для замыкания при достижении предварительно заданных парциальных давлений, могут управлять клапанами или аналоговые выходные сигналы можно подавать ПЛК.

ФАКТОРЫ

Прежде чем рекомендовать или конкретизировать анализатор остаточных газов необходимо проанализировать несколько факторов.

- **Диапазон давления.** Стандартные датчики анализаторов остаточных газов работают при давлении меньше 10⁻⁴ торр. (Однако, прибор Transpector XPR3 компании INFICON работает при давлении до 2 x 10⁻² торр.) Поэтому, если рабочее давление в системе превышает данное значение, потребуется реализовать некоторую схему понижения давления до уровня вакуума, необходимого для нормальной работы датчика анализатора остаточных газов. Как правило, используется простой способ ограничения проводимости – подача пробы к датчику через диафрагму (маленькое отверстие).
- **Диапазон масс.** Диапазон масс будет зависеть от конкретных газов, содержание которых в среде системы представляет интерес. Датчики характеризуются максимальным значением атомной единицы массы, например датчик 100 а.е.м. способен обнаруживать газы, молекулы которых имеют массу в диапазоне 1-100 а.е.м. Аналогично, датчик 200 а.е.м. (или 300 а.е.м.) рассчитан на обнаружение газов с молекулярной массой в диапазоне 1-200 а.е.м. (или 1-300 а.е.м.). Атомную единицу массы отдельных соединений можно определить по периодической системе химических элементов, в которой указан молекулярный вес

каждого элемента. Газы могут быть атомарными: состоящими из одного отдельного элемента (например азота, 14 а.е.м.); или молекулярными, состоящими из комбинации атомов (например H₂O).

В таблице приведены некоторые распространённые газы и их атомные единицы массы.

Газ	атомная единица массы (а.е.м.)
Водород - H ₂	2
Гелий - He	4
Вода - H ₂ O	18
Неон - Ne	20
Фтористоводородная кислота - HF	20
Азот - N ₂	28
Воздух	28
Угарный газ - CO	28
Силан - SiH ₄	32
Кислород - O ₂	32
Хлористоводородная кислота - HCl	36
Аргон - Ar	40
Масло механического насоса	43
Углекислый газ - CO ₂	44
NF ₃	71
Ксенон - Xe	132

- Предел чувствительности.** В анализаторах остаточных газов используются детекторы двух типов: цилиндр Фарадея (ЦФ) и вторично-электронный умножитель (ВЭУ). Цилиндр Фарадея представляет собой простую металлическую пластину или электрод в форме чашки, который позволяет обнаруживать парциальное давление не меньше 3 x 10⁻¹³ торр. Максимальная рабочая температура цилиндра Фарадея составляет 250°C (200°C для датчиков серии Comrast). С другой стороны ВЭУ работает как усилитель, чтобы обеспечить более высокую чувствительность, и способен обнаруживать парциальное давление в диапазоне 10⁻¹⁴-10⁻¹⁵ торр (при максимальном допустимом приложенном напряжении). Максимальная рабочая температура ВЭУ составляет 150°C. Требования конкретного техпроцесса определяют выбор используемого детектора: ЦФ или ВЭУ. Цилиндр Фарадея подходит для многих приложений. Однако при более низком давлении фона и более жёстких требованиях к обнаружению необходимо использовать ВЭУ.

АНАЛИЗАТОРЫ ОСТАТОЧНЫХ ГАЗОВ КОМПАНИИ INFICON

Анализаторы остаточных газов серии Transpector® компании INFICON удовлетворяют требованиям большинства приложений в самых разных отраслях.

Открытый источник ионов. Датчики 100, 200 и 300 а.е.м. с цилиндром Фарадея или ВЭУ в качестве детектора, в зависимости от требуемых рабочего давления и предела чувствительности.

XPR «расширенный диапазон давления». Датчик 100 а.е.м. предназначен, главным образом, для мониторинга техпроцессов в полупроводниковой отрасли при рабочем давлении до 20×10^{-3} торр и требуемом уровне обнаружения загрязнения вплоть до 10 PPM. Модель XPR работает без внешних насосов (дифференциальной откачки).

Закрытый источник ионов. В датчиках 100, 200 и 300 а.е.м. использована комбинация детекторов ЦФ и ВЭУ, обеспечивающая высокие эксплуатационные характеристики прибора для специализированных приложений и мониторинга загрязнения на уровне PPM и ниже. Закрытый источник ионов работает при относительно высоком давлении, что снижает маскирующие эффекты от фонового присутствия остаточных продуктов, позволяя осуществлять отбор пробы при давлении в диапазоне от атмосферы до высокого вакуума.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Пакет ПО **TWare 32™** под Windows совместим с ОС Win 95, Win 98, Win NT, Win 2000 и Windows XP и обеспечивает взаимодействие между анализаторами остаточных газов компании INFICON и внешним компьютером. С внешнего ПК пользователь может анализировать тренды, спектры, выполнять калибровку и проверку герметичности. С одного ПК можно контролировать один прибор по интерфейсу стандарта RS232 или несколько приборов по сетевому интерфейсу стандарта RS485.

32-разрядный DDE-драйвер является приложением динамического обмена данными, осуществляющим взаимодействие с другими программами Windows для обмена данными. Например, DDE-драйвер может импортировать данные, полученные анализатором остаточных газов, в таблицу Excel для последующего анализа.

ПО **FabGuard™** используется в приложениях мониторинга полупроводниковых техпроцессов, где требуется непосредственное подключение к технологическому оборудованию. FabGuard представляет собой комплексное ПО, взаимодействующее с различными датчиками, в том числе с анализаторами остаточных газов, и технологическим оборудованием для анализа и согласования данных.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Требования техпроцесса определяют выбор конкретного анализатора остаточных газов для достижения максимального преимущества от его применения. Имеется широкий набор приборов, рассчитанных на разные диапазоны давления и массы, обладающие разной чувствительностью и пригодные для применения в самых различных областях: от мониторинга техпроцессов до проверки герметичности.

Примечание. Фактическое значение минимального обнаруживаемого парциального давления зависит от типа впуска, размера диафрагмы, фоновых газов, уровня вакуума, режима техпроцесса и др.

