

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРЦИАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ В ДИАПАЗОНЕ 10^{-4} - 10^{-6} тор

В.Г. Лужецкий, В.А. Каплин, А.И. Трубецкой
(Новосибирск)

При проведении ряда физико-химических экспериментов возникает необходимость стабилизации парциальных давлений различных компонентов газовой смеси. Например, в микроволновом электронике применяются технологические процессы получения защитных диэлектрических и металлических плёнок из газовой фазы. Свойства плёнок сильно зависят от парциального состава газов в зоне активации. Изменение давлений происходит из-за перебоев в работе откачных систем, нестабильного образования продуктов реакции и селективной откачки насосов. Кроме того, для некоторых технологических операций требуется кратковременно устанавливать новое значение парциального давления, что трудно обеспечить ручным регулированием.

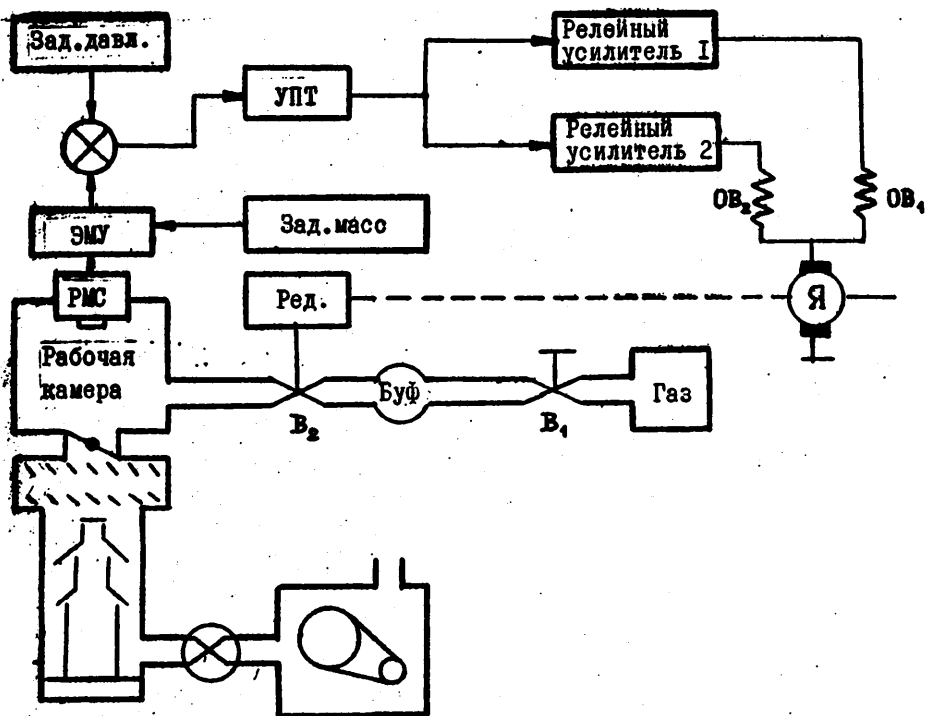
Сложность создания автоматических систем регулирования парциальных давлений обусловлена отсутствием надежных регулирующих элементов и датчиков контроля парциального состава газовой смеси. Из датчиков для этих целей пригодны пока только динамические масс-спектрометры, которые, однако, требуют тщательного изготовления основных деталей и их сборки. Наиболее перспективным измерительным прибором являются радиочастотные масс-спектрометры (РМС). Масс-спектрометры позволяют опреде-

для парциального состава газовой смеси при давлениях от 10^{-4} до 10^{-10} тор и ниже. Достоинством их является и то, что они могут одновременно использоваться как для анализа газового состава, так и для регулировки парциальных давлений многокомпонентных смесей газов. Выбор режима работы РМС определяется конкретными требованиями технологического процесса.

На рисунке представлена упрощенная блок-схема регулирования парциального давления смеси для одного газа. Откачка газов из рабочей камеры осуществляется с помощью механического форвакуумного и масляного насосов. Для удаления паров масла используется ловушка, охлаждаемая жидким азотом. Внутри камеры установлена измерительная головка масс-спектрометра. Газ вводится через два игольчатых вентиля, между которыми установлен буферный баллон. Введение баллона и ручного игольчатого вентиля необходимо для улучшения параметров системы регулирования. Второй вентиль выполняет роль регулирующего элемента. Ось этого вентиля соединена с осью редуктора, приводимого во вращение реверсивным двигателем постоянного тока. Система работает в релейноследящем режиме. Коллекторный ток масс-спектрометра, пропорциональный парциальному давлению, поступает на электрометрический усилитель, а с него на сравнивающий элемент. На второй вход этого элемента подается напряжение с датчика давлений. Разностное напряжение поступает через усилитель постоянного тока на входы двух релейных усилителей, подключенных через обмотки возбуждения к якорю двигателя. С помощью этих усилителей обеспечивается реверсирование двигателя. В зависимости от знака рассогласования двигатель вращается в соответствующую сторону, поддерживая давление постоянным.

Настройка на различные компоненты газов осуществляется задачиком масс, представляющим собой регулируемый с высокой точностью стабилизированный источник напряжения. Величина требуемого давления устанавливается задатчиком давлений, который также состоит из регулируемого источника эталонных напряжений. В качестве измерительного датчика используется радиочастотный масс-спектрометр типа Беннета. Настройка РМС производится установкой разгоняющего потенциала. Формула настройки имеет

$$\text{вид:} \quad M = \frac{0,266 U_p}{(fB)},$$



где U_p - разгоняющий потенциал (в); f - частота (мгц),
 B - расстояние между сетками в каскаде (см), M - массовое число положительного однозарядного иона в а.е.м.

Применяемый в нашем случае масс-спектрометр имеет следующие характеристики:

- Диапазон анализируемых масс $I_2 + 60$ а.е.м.
- Разрешающая способность > 45 на уровне 0,1 высоты пика.
- Рабочий диапазон давлений $5 \cdot 10^{-5} + 10^{-7}$ мм рт.ст.
- Чувствительность (по аргону) 10^{-9} мм рт.ст.
- Предельная скорость развертки (анализа) спектра

0,1 сек/пик, что соответствует времени развертки спектра из 50 масс за 5 сек.

- Суммарная нестабильность парциального тока $\leq 5\%$.

На основе рассмотренной блок-схемы был изготовлен в полупроводниковом варианте макет устройства. В рабочей камере регулировалось парциальное давление в диапазоне $(5 \cdot 10^{-5} + 10^{-6})$ тор. В камеру напускался воздух, азот и аргон. Погрешность регулирования не превышала 5%, а время регулирования - 5 сек для случая скачкообразного изменения давления, равного 50% от установленного значения.