

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное агентство по образованию

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Кафедра вакуумной электроники

Масс-спектро스코пия остаточных газов.
Квадрупольный масс-анализатор

Лабораторная работа
по курсу: Вакуумная электроника

Работу выполнил
студент 654 группы
Нехаев Александр

Долгопрудный
2018 г.

Содержание

1. Цели и задачи исследования	2
2. Лабораторная установка	2
3. Теоретическая часть	3
3.1. Основные характеристики масс-спектрометров	3
3.2. Виды масс-спектрометров	3
3.3. Квадрупольный масс-анализатор	4
4. Практическая часть	5
4.1. Ход работы	5

1. Цели и задачи исследования

- 1) Ознакомиться с работой квадрупольного масс-анализатора;
- 2) Исследовать масс-спектр остаточных газов в вакуумной установке;
- 3) Напустить в вакуумный объем газ из баллона, исследовать масс-спектр газовой смеси;
- 4) Расшифровать спектры, определить каким газам соответствует максимальное количество пиков

2. Лабораторная установка

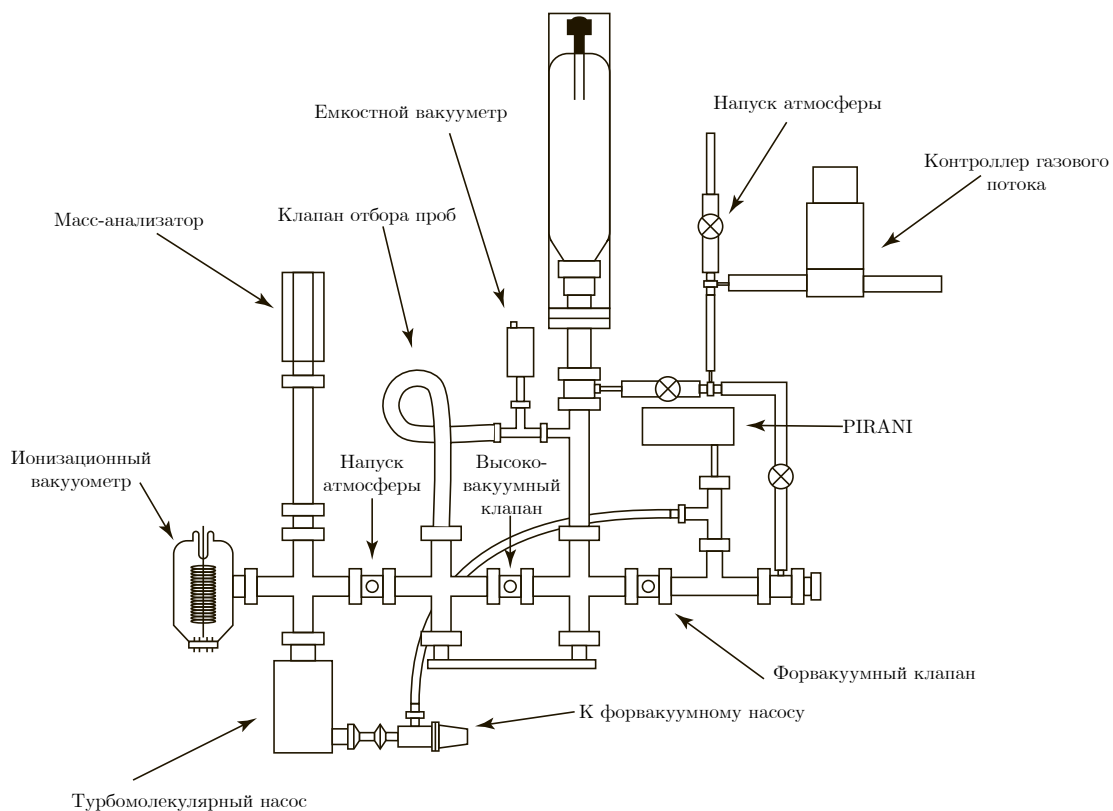


Рис. 1: Схема лабораторной установки.

3. Теоретическая часть

Масс-спектрометрия определяет массу или отношения массы иона к его заряду (m/Z), а также относительное количество ионов, полученное при ионизации исследуемого вещества или уже присутствующих в изучаемой смеси. Совокупность значений m/Z и относительных величин токов этих ионов, представленная в виде графика или таблицы, называется масс-спектром вещества.

Приборы, в которых регистрация осуществляется электрическими методами, называются масс-спектрометрами, а приборы с регистрацией ионов на фотопластинках - масс-спектрографами. Масс-спектральные приборы состоят из источника ионов, разделительного устройства (масс-анализатора), детектора (приемника ионов), системы откачки, обеспечивающей глубокий вакуум во всей системе, и блока обработки данных (рис. 2).



Рис. 2: Блок-схема масс-спектрометра

Масс-спектрометр работает в условиях достаточно высокого вакуума (10^{-5} - 10^{-6} Торр и выше). Создать вакуум необходимо для уменьшения рассеяния ионного пучка на молекулах остаточных газов, иначе ухудшается разрешающая способность масс-спектрометра.

3.1. Основные характеристики масс-спектрометров

- 1) *Чувствительность*. Относительную чувствительность масс-спектрометра определяется, как отношение числа зарегистрированных ионов к числу атомов введенной пробы. За абсолютный порог чувствительности принимают минимальное количество исследуемого вещества (выраженное в молях), которое доступно для регистрации в масс-спектрометре. За относительный порог принимают минимум массовой или объемной доли вещества (выраженной в %), которые обеспечивают регистрацию выходного сигнала при отношении сигнал-шум 1:1.
- 2) *Разрешающая способность (R)*. Она характеризует способность анализатора разделять ионы с незначительно отличающимися друг от друга массами и определяется отношением значения массы иона M к ширине его спектрального пика Δ (выраженной в а.е.м.) на определенном уровне высоты пика (обычно 50%): $R = M/\Delta M$. Например, $R=10000$ означает, что масс-анализатор может разделять ионы с массами 100,00 и 100,01 а.е.м.

3.2. Виды масс-спектрометров

Масс-анализаторы - это устройства для пространственно-временного разделения ионов с различными значениями m/Z в магнитном или электрическом полях или их комбинациях. Различают статистические и динамические анализаторы.

В статистических анализаторах ионы разделяются в постоянных или медленно меняющихся электрических и/или магнитных полях. Ионы с различными значениями m/Z

двигаются в таком анализаторе по различным траекториям и фокусируются либо в разных точках фотопластинки, либо на узкой апертуре детектора. При плавном изменении напряженности электрического и магнитного полей анализатора происходит сканирование спектра, т.е. последовательная фокусировка на щели пучков ионов с различными значениями m/Z .

В динамических анализаторах разделение ионов происходит под воздействием переменного электромагнитного поля с периодом изменения близким времени пролета ионов через масс-анализатор. Ионы с различными значениями m/Z разделяются, в конечном счете, по времени пролета ими определенного расстояния.

3.3. Квадрупольный масс-анализатор

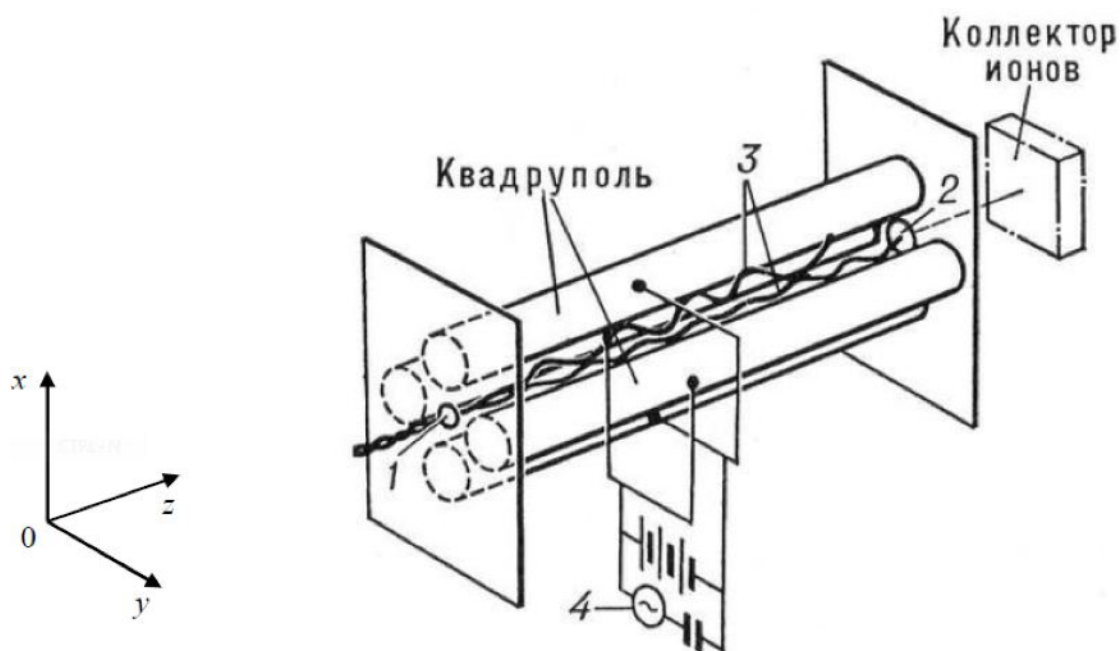


Рис. 3: Схема квадрупольного масс-анализатора: 1 - входная апертура; 2 - выходная апертура; 3 - пучок ионов в анализаторе; 4 - генератор переменного напряжения.

Квадрупольный масс-анализатор относится к анализаторам с динамическим принципом действия. Он представляет собой квадрупольный конденсатор (рис. 3), состоящий из четырех параллельных, симметрично расположенных проводящих стержней. К парам параллельных стержней приложены постоянное напряжение U_0 и переменное высокочастотное $U_\omega \cos \omega t$ (ω - частота, t - время); их суммы для каждой пары равны по величине и противоположны по знаку.

Действие такого анализатора состоит в том, что ионы, влетевшие в анализатор, движутся в камере анализатора вдоль оси Oz , параллельной продольным осям стержней, по сложным объемным спиралевидным траекториям, совершая поперечные колебания вдоль осей x и y . При фиксированных значениях частоты и амплитуды переменного напряжения ионы с определенными значениями m/Z проходят через квадрупольный конденсатор и попадают на коллектор; у ионов с другими значениями m/Z амплитуда поперечных колебаний достигает такой величины, что они ударяются о стержни и разряжаются на них. Сканирование масс-спектра производится путем изменения постоянного и переменного напряжения (или частоты генератора). Для современных квадрупольных масс-спектрометров разрешающая способность достигает значения $R = 10000$.

4. Практическая часть

4.1. Ход работы

- 1) Откачаем установку до высокого вакуума, включив последовательно форвакуумный и турбомолекулярный насосы. Убедимся по показанию вакуумметров, что вакуум не хуже, чем 10^{-4} Торр.

В представлении в виде диаграммы каждому интервалу масс длиной 1 а.е.м. отвечает одна диаграммная линия, в аналоговом режиме такому интервалу отвечает 10 точек. По горизонтальной оси указана масса ионов в а. е. м. (атомных единицах массы).

Остаточный газ в установке: