

где  $\tau = r^2 + r_s^2 + (z - z_s)^2$ ;  $A = \alpha - \alpha_s$ .

Суммирование производится с учетом экранирования поверхностей друг другом.

$$u = \begin{cases} u_{r\alpha} + u_{z\alpha}, & \text{при } |z - z_s| > \Delta z_s, |r - r_s| > \Delta r_s \\ u_{z\alpha}, & \text{при } |z - z_s| \leq \Delta z_s \\ u_{r\alpha}, & \text{при } |r - r_s| \leq \Delta r_s, \end{cases} \quad (13)$$

где  $\Delta z_s$ ,  $\Delta r_s$  - толщина и ширина кольца элемента конструкции.

Для нахождения значения напряженности поля в необходимой точке воспользуемся выражением:  $\vec{E} = \text{grad } u$ .

Данные интегралы расходятся в точках  $z = z_s$ ,  $r_s^2 + r^2 = 2r_s r$  (при  $\alpha - \alpha_s = 0$ ). Данный результат соответствует эффекту острия так как мы приняли, что заряды распределены в дельта- слое непрерывно. Решение интегралов в данных случаях возможно только в смысле главного значения Коши.

#### Список использованных источников

1. Силадьи М. Электронная и ионная оптика. - М:Мир, 1990.-639с.
2. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. М: Физ.-мат. литература, 1960.-748с.

УДК 621.37/39

## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

Занин А.Н., Пияков И.В.

В настоящее время в различных областях науки и техники все более широко начинают применяться приборы для определения состава газов. Большинство масс-спектрометров обладают относительно большими массой и габаритами. В связи с этим появился интерес к времяпролетным масс-спектрометрам. На рисунке 1 приведена схема одного из вариантов.

Принцип работы заключается в следующем. В начальный момент времени  $t=0$  происходит ионизация газа, находящегося в пространстве  $L_{13}$  между выталкивающей пластиной и заземляющей сеткой 1. Ионизация длится в течение времени  $\tau$ . Одновременно на выталкивающую пластину подается импульс длительностью  $T$ , такой при котором поле в пространстве  $L_{13}$  описывается выражением [1]:

$$E(t) = \begin{cases} E_0, 0 \leq t \leq t_0 \\ \frac{m_0}{q} \times \frac{TL_{12}}{t(T-t)^2}, t_0 \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса иона, на которую настроен масс-спектрометр;  
 $q$  – заряд иона;  
 $t_0$  – время, в течение которого поле постоянно (как правило  $t_0 = T/10$ ).

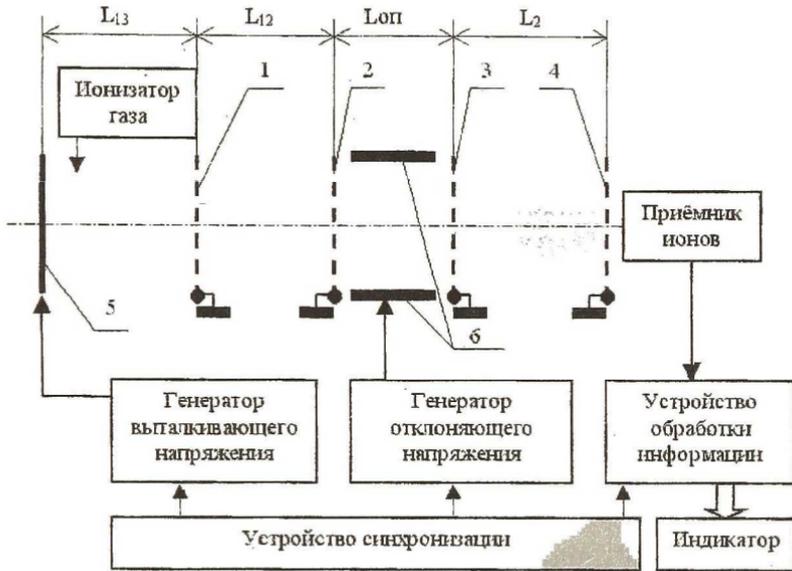


Рисунок 1 – Схема масс-спектрометра

(1,2,3,4 – заземляющие сетки, 5 – выталкивающая пластина, 6 – отклоняющие пластины)

Такая форма напряжения способствует фокусировке ионных пакетов, которые в момент времени  $t_1$  попадают в бесполевое пространство со скоростью  $V_{12}$  [1]:

$$V_{12} = \int_0^{t_1} \frac{q}{m} E(t') dt' \quad (2)$$

После интегрирования получим, что возможны два варианта:  $t_1 < t_0$  и  $t_1 > t_0$ .

$$V_{12} = \begin{cases} V_0 + \frac{qt_1 U_0}{mL_{13}}, & 0 \leq t \leq t_0 \\ V_0 + \frac{qt_0 U_0}{mL_{13}} + \frac{L_{12} m_0}{m} \left[ \frac{1}{T} \ln \left( \frac{t_1}{t_0} \right) + \frac{1}{T} \ln \left( \frac{T-t_1}{T-t_0} \right) + \ln \left( \frac{(T-t_1)^2}{(T-t_0)^2} \right) \right], & t_0 \leq t \leq T. \end{cases}$$

Время  $t_1$  определяется из выражения [1]:

$$L_{01} = V_0 t_1 + \int_0^{t_1} \int_0^{\tau} \frac{qE(t')}{m} dt' d\tau.$$

Поскольку ионы имеют разные массы и разные начальные скорости, то во время прохождения бесполевого пространства  $L_{12}$  увеличится расстояние между ионными пакетами: более легкие массы получают большее ускорение и быстрее придут в конечную точку.

На отклоняющие пластины все время подано напряжение, создающее в пространстве  $L_{0П}$  электрическое поле, под действием которого все ионы отклоняются от прямолинейной траектории на участке  $L_2$ . В то время, когда между отклоняющими пластинами находится сепарируемая пачка ионов напряжение снимается и отклонение не происходит. Таким образом, происходит сепарация одного ионного пакета. Последовательно программируя прибор на разные величины масс можно определить, присутствуют ли частицы (атомы или молекулы) данной массы в исследуемом газовом потоке.

Время прихода ионов в пространство между отклоняющими пластинами вычисляется по формуле:

$$t_{0П1} = t_1 + \frac{L_{12}}{V_{12}}$$

Время вылета из этого участка:

$$t_{0П2} = t_1 + \frac{L_{12} + L_{0П1}}{V_{12}}.$$

Принцип сепарации показан на рисунке 2. Здесь  $P1$  – вероятностное распределение ионов двух различных масс за первой сеткой;  $P2$  – вероятностное распределение ионов двух различных масс за второй сеткой;  $P3$  – вероятностное распределение ионов сепарируемой массы после отклоняющего пространства;  $P4$  – вероятностное распределение ионов сепарируемой массы в приемнике.

Как видно из схемы устройства, величина напряжения на выталкивающей сетке зависит от расстояния  $L_{13}$ . Таким образом для тяжелых молекул ( $m > 1000$  а.е.м.) это расстояние лучше уменьшить, тем самым уменьшая величину выталкивающего напряжения.

Основную погрешность в измерения вносит начальный разброс ионов по скоростям. Принято считать, что они подчиняются распределению Максвелла:

$$f(v_0) = \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \cdot e^{-\frac{mv_0^2}{2kT}}, \quad (3)$$

где  $k$  – постоянная Больцмана;

$T$  – температура (К).

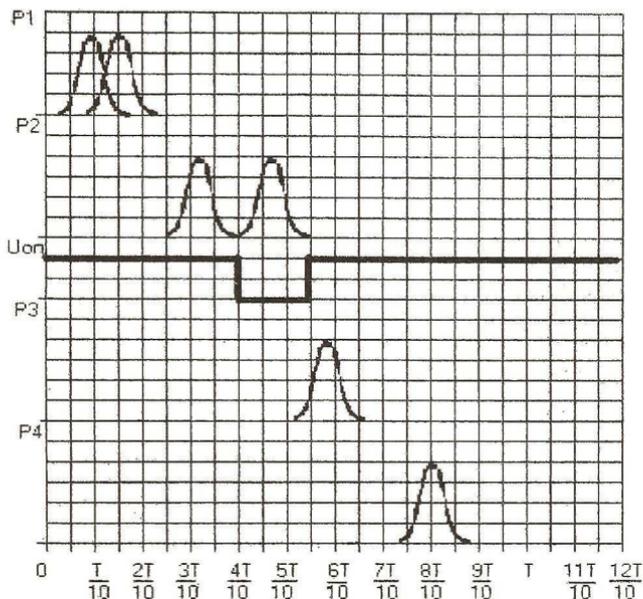


Рисунок 2 – Принцип сепарации ионов

Как видно из (4) ширина распределения зависит от температуры, следовательно, наиболее точные результаты получатся при более низкой температуре. Это не всегда выполнимо и приходится производить фокусировку ионного пакета. В какой-то мере этому способствует закон (1).

Представленная конструкция прибора ориентирована в первую очередь на тяжелые массы ( $\sim 1000 \div 10000$  а.е.м.). Прибор для работы с элементами таблицы Менделеева описан в [1].

#### Список использованных источников

1. Патент №1691905 (Россия) Семкин Н.Д., Юсупов Г.Я., Бочкарев В.А., Семенчук С.М. – Способ формирования массовой линии ионов во времяполетном масс-спектрометре. Опубликовано 15.11.91. Бюл. №42.
2. Сысоев А.А., Чупахин М.С. Введение в масс-спектрометрию. М.: Атомиздат, 1977г.,

## ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ В ЖИДКОСТИ

Строгонов С. И.

В авиационной технике широко распространены гидросистемы, в особенности на самолете ТУ-154. В процессе эксплуатации в рабочих жидко-