

аппарата относительно вектора скорости, получая информацию об эволюциях космических аппаратов в пространстве.

Список использованных источников

1. Новиков Л.С., Сёмкин Н.Д., Куликаускас В.С.//Физика и химия обработки материалов № 6, 1989.
2. Сёмкин Н.Д. Измерительные преобразователи пылевых и газовых частиц аэрокосмических систем. Учебное пособие – Самара: СГАУ, 1998 – 142 с.
3. Сёмкин Н.Д. Проектирование масс –спектрометров для космических исследований. Учебное пособие – Самара: СГАУ, 2000 – 164 с.

УДК 669.713.7

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИОННОЕ ЗЕРКАЛО ВО ВРЕМЯПРОЛЁТНОМ МАСС-СПЕКТРОМЕТРЕ

Пияков И.В., Воронов К.Е.

Во времяпролётных масс-спектрометрах часто применяют ионные зеркала. Благодаря ионному зеркалу ионы дважды проходят бесполевое пространство, что даёт возможность уменьшить габариты масс-спектрометра. К тому же нелинейное ионное зеркало способствует фокусировке ионных пакетов, что в значительной мере исключает влияние начального энергетического разброса. При отражении в ионном зеркале ионы с большей энергией имеют большую длину пути в нём, соответственно и большее время пролёта. Увеличение времени пролёта в ионном зеркале должно компенсировать разницу времён пролёта ионов с меньшей и большей скоростью. Следует отметить, что нелинейность можно обеспечить путём подачи на сетки зеркала различных по величине напряжений либо сетки расположить в пространстве на разном расстоянии друг от друга. И в том и другом случае достаточно сложно точно изготовить ионное зеркало по расчётным параметрам. Одним из вариантов решения этой проблемы может быть моделирование ионного зеркала динамическим электрическим полем. Вектор отражающего поля должен быть направлен в сторону, противоположенную движению ускоренных ионов. Модуль поля должен уменьшаться со временем. Такие параметры обеспечат следующее: более лёгкие ионы приобретут большую скорость и попадут в зеркало раньше чем более тяжёлые ионы, таким образом, под действием более сильного отражающего поля они развернутся намного быстрее, чем более тяжёлые ионы под действием меньшего по величине отражающего поля. Благодаря этому, при правильном выборе закона изменения тормозящего поля, обеспечивается временная компенсация начального энергетического разброса. Наиболее удобным является квадратичный закон отражения (рис. 1):

$$E_{отр}(t) = at^2 + bt + c, \quad (1)$$

где a, b, c - коэффициенты, зависящие от параметров масс-спектрометра (рис. 1).

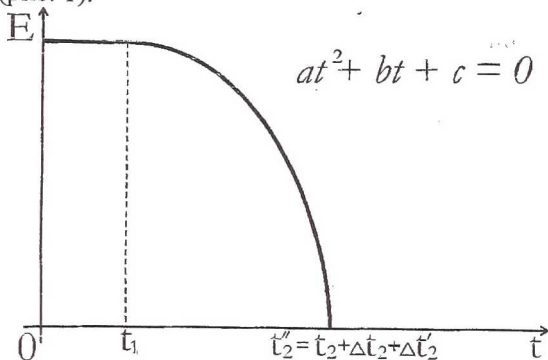
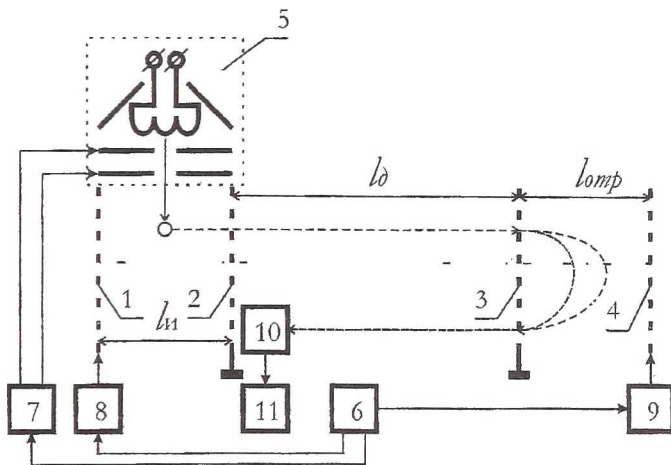


Рисунок 1 – Зависимость напряжённости электрического поля в динамическом ионном зеркале от времени



1 – ускоряющая сетка, 2,3 – заземлённые сетки, 4 – тормозящая сетка, 5 – электронная пушка, 6 – устройство синхронизации, 7 – блок управления электронной пушкой, 8 – генератор выталкивающих импульсов, 9 – генератор отражающих импульсов, 10 – приёмник ионов, 11 – устройство обработки и индикации

Рисунок 2 – Времяпролётный масс-спектрометр с динамическим ионным зеркалом

Пусть времяпролётный масс-спектрометр (рис.2) имеет следующие регулировки:

1. Спектр масс от m_1 до m_2 .
2. Вылетая в бесполевого пространство, ионы имеют значения скоростей V_1 и V_2 соответственно.

3. Ионы массой m_1 вылетают в бесполевое пространство во время t_1 , а ионы массой m_2 - во время t_2 .

Согласно рис. 1 ионы придут в зону действия зеркала во время:

$$\begin{cases} t'_1 = \frac{l_0}{V_1}, \\ t'_2 = \frac{l_0}{V_2}. \end{cases} \quad (2)$$

Под действием отражающего поля на них будет действовать ускорение:

$$w = \frac{q}{m} E_{\text{ОТР}}(t), \quad (3)$$

где q - заряд иона; m - масса иона.

Торможение ионов до нулевой скорости происходит за время Δt , которое можно выразить из закона сохранения энергии:

$$\frac{q}{m} \int_{t'}^{t'+\Delta t} E_{\text{ОТР}}(t) dt = V. \quad (4)$$

Проинтегрировав (4) и проведя некоторые математические преобразования, получим:

$$\frac{a}{3} \Delta t_1^3 + \left(at'_1 + \frac{b}{2} \right) \Delta t_1^2 + \left(a(t'_1)^2 + bt'_1 + c \right) \Delta t_1 - \frac{m_1 V_1}{q} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{a}{3} \Delta t_2^3 + \left(at'_2 + \frac{b}{2} \right) \Delta t_2^2 + \left(a(t'_2)^2 + bt'_2 + c \right) \Delta t_2 - \frac{m_2 V_2}{q} = 0.$$

Решая уравнения (5), можно получить значения Δt_1 и Δt_2 - разность между входом иона в ионное зеркало и его полной остановкой. Аналогично определяется и время ускорения иона ионным зеркалом $\Delta t'_1$ и $\Delta t'_2$. Таким образом становится известным время, когда ион снова вернётся в бесполевое пространство l_0 (рис. 2):

$$\begin{aligned} t''_1 &= t'_1 + \Delta t_1 + \Delta t'_1, \\ t''_2 &= t'_2 + \Delta t_2 + \Delta t'_2. \end{aligned} \quad (6)$$

Поскольку во время прохождения бесполевого пространства скорость не изменится, то и в приёмник они попадут в той же последовательности, что и вышли из ионного зеркала.

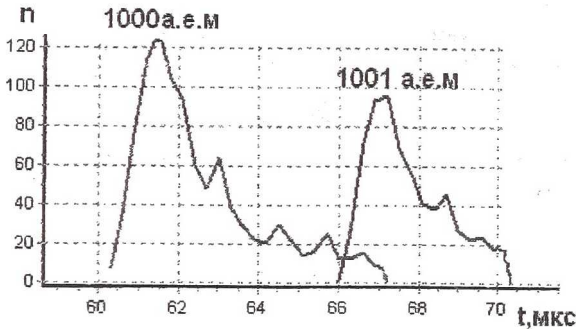
Моделирование масс-спектрометра с ионным зеркалом осуществляется по той же схеме, что и масс-спектрометр с прямым движением ио-

нов. Отличий лишь в том, что надо отслеживать положение иона по продольной оси (координата Z). В том случае если ион находится в ионном зеркале, то формулы следующие:

$$V_Z(t_{II} + N\Delta t) = V_Z(t_{II} + (N-1)\Delta t) - \frac{W_Z(t_{II} + (N-1)\Delta t)(\Delta t)^2}{2}, \quad (7)$$

$$V_R(t_{II} + N\Delta t) = V_R(t_{II} + (N-1)\Delta t) - \frac{W_R(t_{II} + (N-1)\Delta t)(\Delta t)^2}{2}.$$

Условием окончания расчёта является отрицательная $Z < 0$.



расстояние от выталкивающей сетки до зоны ионизации: 10 мм; расстояние от зоны ионизации до бесполевого пространства: 10 мм; длина бесполевого пространства: 200 мм; длина отклоняющих пластин: 15 мм; длина ионного зеркала: 50 мм; диаметр датчика: 50 мм; ширина зоны ионизации: 1 мм; температура : 297 К; Время T: 50 мкс; Время t_0 : 5 мкс; Время ионизации: 0.2 мкс

Рисунок 3 – Спектры ионов 999 и 1000 а.е.м. для масс-спектрометра с динамическим ионным зеркалом

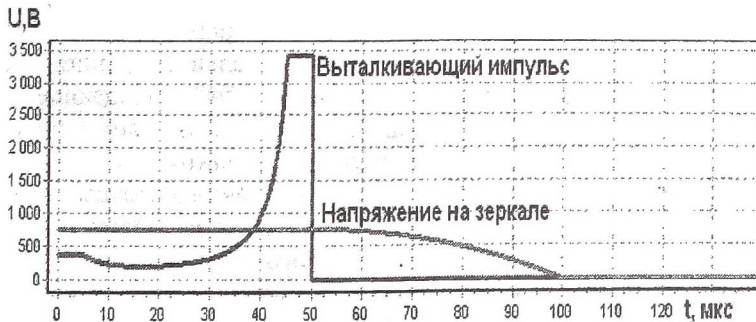


Рисунок 4 – Форма выталкивающего и тормозящего импульсов для масс-спектрометра с динамическим ионным зеркалом

Спектры ионов в масс-спектрометре с зеркалом приведены на рис. 3., напряжения на сетках – на рис.4.

Потери ионов для массы 999 а.е.м. составили 0,87 %, для массы 1000 а.е.м. – 1,11 %, для массы 1001 а.е.м. – 1,35 % на каждый 1 см длины датчика при диаметре 5 см.

Список использованных источников

1. Сысоев А.А., Чупахин М.С. Введение в масс-спектрометрию. М.: Атомиздат, 1977.
2. Сысоев А.А., Самсонов Г.А. Теория и расчёт статических масс-анализаторов. Ч. 1, М.: Изд. МИФИ, 1972.
3. Сёмкин Н.Д., Воронов К.Е., Мясников С.В. Аналитический расчёт распределения электростатического нелинейного масс-рефлектора / ВИНТИ, Деп.; №3225-В97 от 31.10.97.
4. Способ формирования массовой линии ионов во времяпролётном масс-спектрометре. Сёмкин Н.Д., Юсупов Г.Я., Бочкарёв В.А., Семенчук С.М. Патент, МПК Н 01 J 49/40 №1691905, Россия, бюл. №42 от 15.11.91.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АППАРАТНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СЕРВЕРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Санников М.А., Зеленский А.В.

Задача определения аппаратной конфигурации сервера информационной системы весьма сложна и неоднозначна из-за большого количества факторов, в том числе скрытых, и большого количества связей между указанными факторами, в том числе неявных. Она имеет множество способов решения и множество самих решений. Сложность заключается в определении именно оптимальной конфигурации, полностью отвечающей поставленной задаче, с некоторым запасом на увеличение объёма информации, при этом должен преследоваться минимум финансовых ресурсов для приобретения, требуемого аппаратного обеспечения. Ясно, что можно, и даже нужно, выбрать компьютер с некоторым запасом по производительности, объёму памяти и возможностью масштабирования системы в будущем, при этом определение, хотя бы приблизительной границы, данного запаса является довольно трудной задачей, почти не поддающейся математическому описанию. Если же аппаратная конфигурация, будет подобрана без данного запаса, или ещё хуже, с дефицитом, хотя бы одного системного ресурса, то это повлечёт за собой лавинообразный процесс, когда недостающий ресурс будет компенсироваться за счёт других, а те в свою очередь будут являться причиной другого дефицита и т.д. Примеры влияние такого процесса на параметры производительности сервера информационной системы наглядно представлено в технической документации СУБД Oracle, где рост времени отклика на запрос от конечного пользователя в зависимости от нехватки аппаратных ресурсов носит экспоненциальный характер.