

нов др. масс осуществляется изменением либо нач. энергии ионов (V), либо частоты ω поля.

В квадрупольном масс-анализаторе (рис. 8) разделение ионов осуществляется в попе-

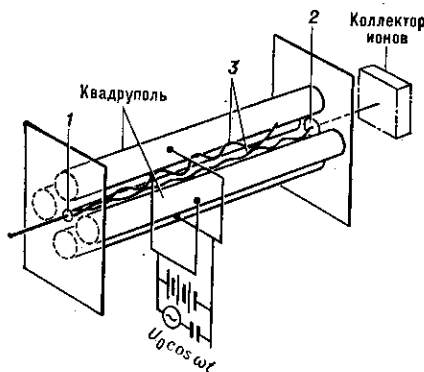


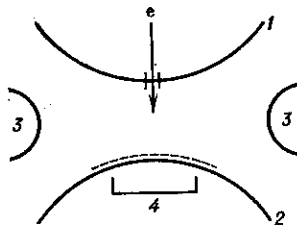
Рис. 8. Схема квадрупольного масс-анализатора.

речном электрич. поле с гиперболич. распределением потенциала. Поле создаётся квадрупольным конденсатором, между парами стержней к-рого приложены постоянное и ВЧ-напряжения. Пучок ионов вводится в вакуумную камеру анализатора вдоль оси квадрупольного конденсатора через отверстие 1. При фиксиров. значениях частоты ω и амплитуды U_0 перем. напряжения только у ионов с определ. значением m/e амплитуда колебаний в направлении, поперечном оси анализатора, не превышает расстояния между стержнями. Такие ионы за счёт нач. скорости проходят через анализатор и, выходя из него через отверстие 2, регистрируются, попадая на коллектор ионов. Сквозь квадруполь проходят ионы, масса к-рых удовлетворяет условию

$$m = aU_0/\omega^2,$$

где a — постоянная прибора. Амплитуда колебаний ионов др. масс нарастает по мере их движения в анализаторе так, что эти ионы достигают стержней и нейтрализуются. Перестройка на регистрацию ионов др. масс осуществляется изменением амплитуды U_0 или частоты ω перем. напряжения. Разрешающая способность квадрупольных М.-с. $R \sim 10^3$.

Рис. 9. Трёхмерная квадрупольная ионная ловушка: 1 — гиперболический электрод с отверстием для ввода ионизирующих электронов e ; 2 — гиперболический электрод с сеткой; 3 — кольцевой гиперболический электрод; 4 — коллектор ионов.



Вариантом квадрупольного анализатора служит т. н. трёхмерная квадрупольная ловушка (рис. 9), представляющая собой два гиперболоида вращения, ограниченных по бокам кольцевым электродом 3, также с гиперболич. сечением внутр. поверхности. Электроды 1 и 2 заземлены, на электрод 3 подаётся ВЧ-напряжение. В электроде 1 имеется отверстие для ввода ионизирующих электронов; электрод 2 выполнен в виде сетки, за к-рой расположен коллектор 4. Ионы образуются внутри ловушки электронным ударом (импульсно включается электронный пучок). После импульса прикладывается ВЧ-напряжение, изменением амплитуды к-рого осуществляют развёртку масс-спектра. Из-за симметрии ловушки ионы попадают как на верхний, так и на нижний электроды. В приведённой на рис. 9 конструкции регистрируется $1/2$ сигнала.

Трёхмерная ловушка объединяет в себе ионизатор и анализатор.

В магниторезонансном масс-анализаторе (рис. 10) используется постоянство вре-

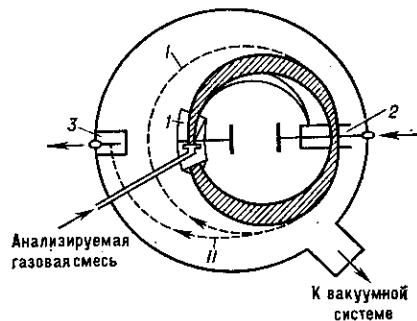
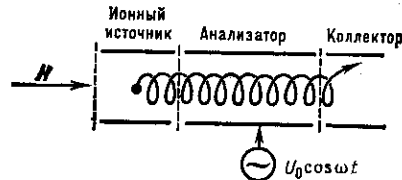


Рис. 10. Магниторезонансный масс-анализатор (магнитное поле перпендикулярно плоскости рисунка).

мени облёта ионами массы m круговой траектории. Из ионного источника 1 близкие по массе ионы (область траекторий к-рых заштрихована), двигаясь в однородном магн. поле, попадают в модулятор 2, где формируется тонкий пакет ионов, к-рые за счёт полученного в модуляторе ускорения начинают двигаться по окружности большего радиуса. Разделение по массам осуществляется в результате ускорения «резонансных» ионов, циклотронная частота к-рых ω_c равна частоте ω поля модулятора или $\omega = n\omega_c$ (n — целое число). Такие ионы в течение неск. оборотов ускоряются модулятором и, двигаясь по окружностям всё большего радиуса, попадают на коллектор 3. Масса регистрируемого иона обратно пропорциональна ω . Разрешающая способность $R \sim 2,5 \cdot 10^4$.

В М.-с. ионно-циклотронного резонанса (рис. 11) происходит резонансное поглощение ионами эл.-магн. энергии при совпадении циклотронной частоты ионов с частотой перем. электрич. поля в анализаторе. Это позволяет идентифицировать ионы с данной величиной m/e по резонансному поглощению. Ионы движутся в однородном магн. поле H по спирали с циклотронной частотой орбитального движения $\omega_c = eH/mc$ и попадают на коллектор. Для улучшения характеристик применяют сверхпроводящие

Рис. 11. Масс-спектрометр ионно-циклотронного резонанса.



соленоиды, в к-рых поглощающая ячейка с источником ионов и коллектором находится в магн. поле напряжённостью до 10^5 Э. Разрешающая способность $R \sim 10^6$.

При исследованиях, в к-рых требуется сочетание высокой разрешающей способности с большой чувствительностью, широким диапазоном измеряемых масс и воспроизводимостью результатов измерений, применяют статич. масс-анализаторы. Динамич. М.-с. используются в след. случаях: время-пролётные — для регистрации процессов длительностью от 10^2 до 10^{-8} с; радиочастотные (малые массы, размеры и потребляемая мощность) — в космич. исследованиях; квадрупольные (высокая чувствительность) — при работе с молекулярными пучками; магниторезонансные — для измерения очень больших изотопных отношений; М.-с. ионно-циклотронного резонанса — для изучения ион-