

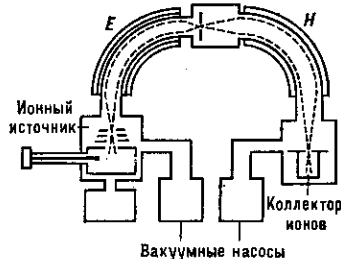
где m_b — масса иона в а. е. м.; e — его заряд в единицах элементарного электрич. заряда; r — радиус центр. траектории в см; V — ускоряющий потенциал в В; H — напряжённость магн. поля в Э. Развёртка масс-спектра производится изменением H или V . Первый метод предпочтительнее, т. к. в этом случае по ходу развёртки не изменяются условия «вытягивания» ионов из источника.

Разрешающая способность статич. М.-с. определяется из соотношения

$$R = \frac{r}{\sigma_1 + S_1},$$

где σ_1 — ширина пучка в месте, где он попадает в щель приёмника S_2 . Если бы фокусировка ионов была идеальной, то в случае $X_1 = X_2$ (рис. 3) σ_1 была бы в точности равна S_1 . В действительности $\sigma_1 > S_1$, что уменьшает разрешающую способность М.-с. Одна из причин уширения пучка — неизбежный разброс по кинетич. энергии у ионов, вылетающих из источника. Др. причины — рассеяние ионов из-за столкновений с молекулами остаточного газа, а также эл.-статич. «расталкивание» ионов в пучке. Для ослабления влияния этих факторов применяют т. н. наклонное вхождение пучка в анализатор и криволинейные границы магн. поля. В нек-рых М.-с. используют неоднородные магн. поля, а также ионные призмы (см. *Электронные призмы*). Для уменьшения рассеяния ионов стремятся к созданию высокого вакуума (давление $p \sim 10^{-6}$ Па $\approx 10^{-8}$ мм рт. ст.) на всём пути ионов от источника до коллектора. Для ослабления влияния разброса по энергии применяют М.-с. с двойной фокусировкой, в к-рых в щель S_2 фокусируются ионы с одинаковыми m/e , вылетающие не только по разным направлениям, но и с разными энергиями. Для этого ионный пучок пропускают через магнитное и отклоняющее электрич. поля спец. формы (рис. 4).

Рис. 4. Схема масс-спектрометра с двойной фокусировкой. Пучок ускоренных ионов, вышедших из щели источника ионов, проходит через электрическое поле E цилиндрического конденсатора, который отклоняет ионы на 90° , затем через магнитное поле H , отклоняющее ионы ещё на 60° , и фокусируется в щель коллектора.



В динамич. масс-анализаторах для разделения ионов с разными m/e используют, как правило, разные времена пролёта определ. расстояния, а также воздействие на ионы импульсных или радиочастотных электрич. полей с периодом, меньшим или равным времени пролёта ионов через анализатор. Наиб. применение нашли время-пролётные, радиочастотные, квадрупольные, магниторезонансные М.-с. и М.-с. ионно-циклотронного резонанса.

Во время-пролётном М.-с. (рис. 5) ионы, образованные в источнике, коротким электрич. импульсом «впрыскиваются» в виде ионного пакета через сетку 1 в анализатор 2, представляющий собой эквидотенциальное пространство. В процессе дрейфа к коллектору 3 исходный пакет «расслаивается» на неск. пакетов, каждый из к-рых состоит из ионов с одинаковыми m/e . Расслоение обусловлено тем, что в исходном пакете энергии всех ионов одинаковы, а их скорости и, следовательно, времена пролёта t через анализатор длиной L обратно пропорциональны \sqrt{m} :

$$t = L/\sqrt{m/2eV}.$$

Последовательность ионных пакетов, приходящих на

коллектор, образует масс-спектр, к-рый регистрируется. Разрешающая способность R с таким анализатором пропорциональна L и невелика ($\sim 10^3$).

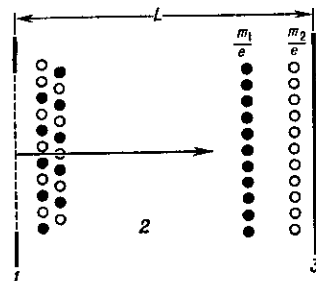


Рис. 5. Схема время-пролётного масс-спектрометра. Пакет ионов с массами m_1 и m_2 (чёрные и белые кружки) движется в дрейфовом пространстве анализатора так, что тяжёлые ионы (m_1) отстают от лёгких (m_2).

Вариантом время-пролётного анализатора является т. н. масс-рефлектор, позволяющий существенно увеличить разрешающую способность за счёт применения эл.-статич. зеркала 3 (рис. 6). Ионы в пакете обладают тепловым распределением по энергии, соответствующим тем-ре исходного газа. Это приводит к уширению пиков на коллекторе. Эл.-статич. зеркало 3 масс-рефлектора компенсирует это уширение, увеличивая в каждом пакете время прихода на коллектор более медленных ионов и уменьшая — более быстрых. При тех же длинах дрейфа разрешающая способность (R) масс-рефлектора в неск. раз лучше R обычного время-пролётного М.-с.

В радиочастотном масс-анализаторе (рис. 7) ионы приобретают в ионном источнике энергию eV и проходят через систему последовательно

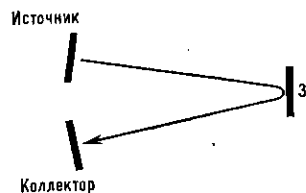
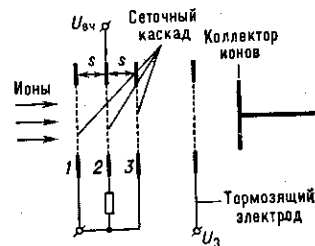


Рис. 6. Ионные траектории в масс-рефлекторе.

Рис. 7. Схема радиочастотного масс-анализатора. Ионы с определённой скоростью и, следовательно, определённой массой, ускоряясь внутри каскада ВЧ-полей, получают прирост кинетической энергии, достаточный для преодоления тормозящего поля и попадания на коллектор.



расположенных сеточных каскадов. Каждый каскад представляет собой три плоскопараллельные сетки 1, 2, 3, расположенные на равном расстоянии друг от друга. К ср. сетке относительно двух крайних приложено электрич. ВЧ-поле $U_{ВЧ}$. При фиксированных частоте ω этого поля и энергии ионов eV только ионы с определённым m/e имеют такую скорость v , что, двигаясь между сетками 1 и 2 в полупериоде, когда поле между ними ускоряет ионы, они пересекают сетку 2 в момент смены знака поля и проходят между сетками 2 и 3 также в ускоряющем поле. Т. о., они получают макс. прирост энергии и попадают на коллектор. Ионы др. масс, проходя эти каскады, либо тормозятся полем, т. е. теряют энергию, либо получают недостаточный прирост энергии и отбрасываются в конце пути от коллектора высоким тормозящим полем U_3 . В результате на коллектор попадают только ионы с определ. значением m/e . Масса таких ионов определяется из соотношения

$$m = aV/s^2\omega^2,$$

где a — постоянная прибора, s — расстояние между сетками. Перестройка анализатора на регистрацию ио-