МАСС-СПЕКТРОМЕТР С ВРЕМЕННО́Й РАЗВЁРТКОЙ

В реферируемых статьях описываются два масс-спектрометра с временно́й развёрткой. Один из них предназначается для разделения тяжёлых изотопов, для которых обычные методы дают значительно меньшую относительную разрешающую силу (этот метод также пригоден для мгновенной развёртки всего спектра масс), другой метод — для анализа смесей, имеющих быстро меняющийся состав.

Первый метод разделения основан на постоянстве периода вращения заряда, движущегося в однородном магнитном поле:

$$T = \frac{2\pi}{(e/m)H} = 655\,\frac{M}{H} \text{ микросекунд,} \qquad (1)$$

где T — период вращения заряда, движущегося в общем случае по спирали, шаг которой $v_{\parallel} T$, где $v_{\parallel}$ — составляющая скорости вдоль поля $\frac{e}{m}$ — отношение заряда к массе, H — величина магнитного поля в гауссах, M — масса в атомных единицах.

Как видно из уравнения (1), T не зависит от скорости и угла, под которым заряженная частица впускается в магнитное поле, поэтому для частиц с одинаковым отношением $\frac{e}{m}$ T постоянно.

В сконструированном спектрометре магнитное поле направляется вдоль трубки; впущенные в это поле расходящимся пучком ионы движутся по спиралям, фокусируясь после каждых 360°. Коллектором собираются ионы, сделавшие одинаковое число оборотов. Так как период вращения линейно возрастает с массой, то расстояния между импульсами на экране осциллографа, присоединенного через усилитель к коллектору, будут пропорциональны массам ионов. Это дает высокую разрешающую силу для тяжелых ионов, для которых применявшиеся до сих пор методы давали уменьшение точности. Расстояния между двумя соседними пиками масс при поле в 100 гаусс равны примерно 7 микросекундам. Применяя пульсирующее отклоняющее электрическое поле, нетрудно измерить это расстояние с точностью до $\frac{1}{10}$ микросекунды.

Предложенный метод разделения изотопов не налагает жестких требований к монохроматичности ионов, к аксиальности их пучка и к величине щели источника ионов. Все это сильно повышает светосилу установки. В то же время наличие мгновенной развертки существенно упрощает усиление ионных токов. Щель источника может быть любой формы, а ее линейные размеры ограничиваются лишь радиусом и однородностью магнитного поля. Если R_0 — радиус поля, R — максимальный радиус траектории ионов, то полуширина пучка ионов может быть: $\frac{R_0 - R}{R}$ радиан.

Разумные размеры установки и достижимая величина вакуума налагают ограничения на радиус спирали, а тем самым и на величину магнитного поля и на скорость ионов. Величина магнитного поля, ограничивающаяся сверху временем обращения ионов, а снизу величиной радиуса, должна быть порядка 100 гаусс. Скорость ионов должна быть меньше 100 *эв*.

Авторы указывают, что применить этот метод к определению абсолютных значений масс, так же как и к измерению относительных значений больших разностей масс, будет очень трудно, и более обещающим является измерение небольших разностей масс тяжелых изотопов. При этом они рекомендуют собирать ионы, сделавшие несколько оборотов.

С последним замечанием нельзя согласиться, так как это не только ничем не оправдывается, но, с одной стороны, ведет к увеличению и без того большой длины трубки спектрометра, а с другой стороны, к невозможности вышеуказанных измерений. Измерение масс изотопов всего спектра становится возможным, если собирать ионы после первого оборота, так как при этом на коллектор не будут попадать одновременно ионы с кратным отношением масс, сделавшие разное число оборотов Чтобы получить на экране осциллографа одновременно весь спектр, следует перевести развертку осциллографа с одной строки на несколько, число которых определится отношением времени полета изотопов наи-

большей массы к длине (в микросекундах) строки развёртки при рабочей частоте развёртки.

Во втором спектрометре развёртка во времени производится на основании соотношения $\frac{mv^2}{2} = eV$, откуда

$$m \sim Vt^2, \tag{2}$$

где V — разность потенциалов поля, а t — время.

Недостатки этого метода очевидны. Но благодаря своей простоте установка может найти применение там, где нужны лишь качественные измерения.

Рабочая часть трубки спектрометра имела 317 *см*. Вакуум $\sim 10^{-5}$ рт. ст. поддерживался парой двухступенчатых ртутных насосов с ловушкой, заполненной жидким азотом. Напряжение ускоряющего поля (320—480 *в*) подавалось от батареи с делителем. Импульс на отклоняющих пластинах был 5 *мксек*, однако наблюдавшаяся ширина импульса на экране осциллографа была 20–30 *мксек*. В ширину этого импульса попадало около 10 массовых единиц в области лёгких масс и >50 — в области тяжёлых масс. Авторы полагают, что причиной этого было либо недостаточная монохроматичность ионов, либо то, что ионы проходят пути разной длины. Однако, как они заявляют, этот прибор был с некоторым успехом применён для определения загрязнений в летучих галоидах.

Б. А. Шуляк

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. S. A. Goodsmit, Phys. Rev. **74**, 622 (1948).
2. A. E. Cameron, D. F. Eggers, Rev. of Sciv Instr. **19**, № 9 (1948).
3. W. Stephens, Phys. Rev. **69**, 619 (1946).