

10;12

Новый монополярный масс-анализатор на гиперболической электродной системе

© Э.П. Шеретов, В.С. Гуров, М.В. Дубков, О.В. Корнеева

Рязанская государственная радиотехническая академия

Поступило в Редакцию 14 июля 1999 г.

Приведено описание варианта монополярного масс-спектрометра (развитие идеи квадрупольного) с улучшенными характеристиками.

Монополярный масс-анализатор, предложенный Цаном [1], состоит из стержневого электрода круглого 1 или гиперболического 2 сечения и углового электрода 3, образованного двумя перпендикулярными плоскостями (рис. 1). Существенным недостатком такого монополя является недостаточно хорошая форма массового пика, связанная с наличием хвостов со стороны тяжелых масс, что ограничивает разрешение, относительную чувствительность и возможность анализа малых компонент.

Проведенные нами ранее теоретические расчеты [2] показали, что трансформация углового электрода 3 в гиперболический 4 (рис. 1) приводит к существенному улучшению формы массового пика и увеличению разрешения монополя при сохранении его чувствительности. Геометрия стержневого электрода и радиус поля R_0 электродной системы остаются при этом неизменными, сохраняется и квадратичное распределение потенциала в такой электродной системе. Улучшение параметров связано с тем, что в новом монополе отсутствует приосевая область, где электрическое поле равно нулю, и ионы вводятся в анализатор с начальными координатами $y_0 \geq r_0$, где r_0 — геометрический параметр гиперболического углового электрода, уравнение которого имеет вид: $y^2 - x^2 = r_0^2$ (случай $r_0 = 0$ соответствует угловому электроду известного монополя Цана). Так, увеличение геометрического параметра r_0 углового электрода от 0 до $0.05 R_0$ позволяет увеличить относительную чувствительность по крайней мере в $10^2 \div 10^3$ раз. При этом разрешение, определяемое по уровню 0.01, возрастает приблизительно в $2.5 \div 3$ раза.

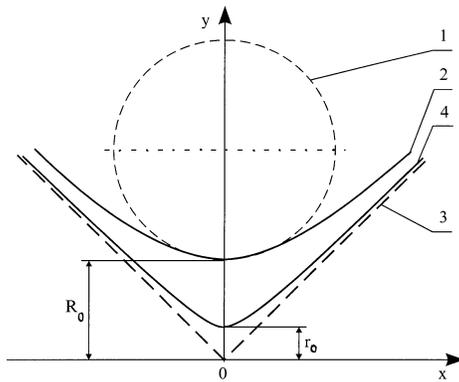


Рис. 1. Геометрия монополярных масс-анализаторов: 1, 3 или 2, 3 — монополярный Цана; 2, 4 — новый монополярный на гиперболической электродной системе.

Реализовать на практике новую геометрию монополя оказалось возможным только используя оригинальную технологию электролитического формирования сложнопрофильных электродных систем, разработанную нами в рамках международной космической программы "Венера-комета Галлея" [3].

Изготовленный монополярный электрод имеет длину электродной системы 200 мм, радиус поля $R_0 = 6$ мм и геометрический параметр углового электрода $r_0 = 0.1R_0$. Электроды выполнены тонкостенными из меди толщиной 1 мм и покрыты защитным слоем золота. Масса анализатора в сборе равна 180 г.

Ионы из ионного источника, энергия которых могла меняться от 2 eV и выше, вводились в масс-анализатор параллельно стержневому электроду вблизи оси через круглое отверстие диаметром 1 мм в диафрагме толщиной 6 мм. Выходная диафрагма имела треугольное отверстие площадью 36 мм². Для питания электродной системы использовался разработанный ВЧ-генератор с гармоническим сигналом, регулируемой амплитудой до 450 В и частотной разверткой спектра масс. При сканировании спектра масс частота изменялась в диапазоне от 900 до 4500 кГц.

Типичный фрагмент спектра масс остаточного газа в металлической вакуумной системе, откачиваемой электроразрядным насосом, полученный на новом монополе для входной энергии ионов 8 eV при значении тангенса угла наклона рабочей прямой $\lambda = a/q = 0.144$, приведен на рис. 2, а. Экспериментальные значения разрешения, найденные по

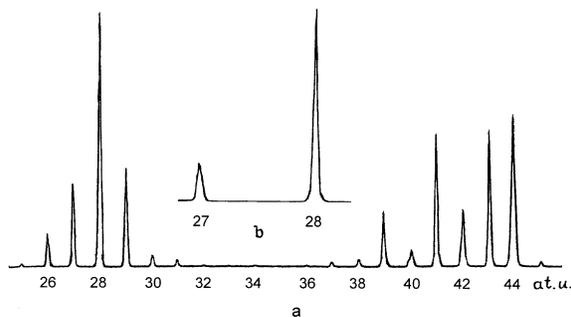


Рис. 2. Фрагменты масс-спектров, полученные на новом монополе при входной энергии ионов 8 eV и значения $a/q = 0.144$ (а) и $a/q = 0.173$ (b).

массовому пику 28 и для $\lambda = 0.173$ (рис. 2, b), составляют 825 по уровню 0.5, 410 по уровню 0.1 и 200 по уровню 0.01, что значительно лучше, чем известно из литературы [1,4].

Было проведено непосредственное экспериментальное сравнение формы массового пика нового монополя с монополем традиционной геометрии длиной 200 mm и радиусом поля 6 mm, изготовленным по такой же технологии в нашей лаборатории. Такое сравнение показало следующее. При одном и том же режиме работы монополей и одинаковой входной энергии ионов разрешение нового монополя на различных уровнях его определения (0.5, 0.1, 0.01 и 0.001) выше в 3–4 раза по сравнению с обычным монополем, а полученная относительная чувствительность выше в 10^2 раз и достигает 10^{-5} .

Это открывает широкие перспективы использования таких приборов для микроанализа, а сочетание высоких аналитических характеристик с малыми габаритами и массой, что обеспечивается новой технологией их изготовления, делает их особенно привлекательными для использования в условиях передвижных лабораторий.

Список литературы

- [1] Von Zahn U. // Rev. Sci. Instrum. 1963. V. 34. P. 1–4.
- [2] Шеретов Э.П., Гуров В.С., Дубков М.В. // Труды междунар. науч.-техн. конф. "Научные основы высоких технологий". Новосибирск, 1997. Т. 1. С. 63–66.
- [3] Sheretov E.P., Gurov V.S., Dubkov M.V. // Proceedings of the 14th International Mass Spectrometry Conference. Helsinki, 25–29 August 1997. P. 229.
- [4] Dawson P.H., Whetten N.R. // Dyn. Mass Spectrom. 1970. P. 1–60.