

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

10; 12

Журнал технической физики, т. 61, в. 3, 1991

© 1991 г.

ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ В ПРИСОСЕВОЙ ОБЛАСТИ  
КВАДРУПОЛЬНОГО ФИЛЬТРА МАСС

Н. В. Коненков, С. С. Силаков

Знание распределения плотности ионов в присосековой области квадрупольного фильтра масс (КФМ) важно для понимания физики работы прибора [1]. В практических приложениях эти знания полезны при конструировании коллекторного узла масс-спектрометра [2], построении и согласовании фильтров масс тандемного квадрупольного масс-спектрометра [3]. Анализ влияния объемного заряда на режим сепарации также требует предварительной информации о поперечном распределении ионов [1].

Целью данной работы является изучение плотности распределения ионов в поперечной плоскости квадрупольного анализатора, работающего в промежуточной области стабильности [4].

Плотность распределения  $n(x, y, \xi)$  ионов в поперечной плоскости  $x, y$  КФМ в момент фазы  $\xi = \omega t/2$  ВЧ поля, где  $\omega = 2\pi f$  — угловая частота, дается выражением [1]

$$n(x, y, \xi) = \frac{4 [\varepsilon_x B_x(\xi) - x^2]^{1/2} [\varepsilon_y B_y(\xi) - y^2]^{1/2}}{\pi^2 B_x(\xi) B_y(\xi)}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_x B_x$  и  $\varepsilon_y B_y$  — максимальные допустимые значения координат по осям  $x$  и  $y$  анализатора в момент фазы  $\xi$ ;  $\varepsilon_x$  и  $\varepsilon_y$  — акцептансы КФМ по  $x$  и  $y$  координатам соответственно;  $B_x$  и  $B_y$  — параметры эллипсов [5], характеризующие захват ионов по поперечным скоростям.

Наблюдение распределения плотности ионов выходного пучка требует усреднения по периодам фазы  $\xi$

$$\bar{n}(x, y) = \frac{4}{\pi^3} \int_0^\pi \frac{[B_x(\xi)/B_{0x} - x^2]^{1/2} [B_y(\xi)/B_{0y} - y^2]^{1/2}}{B_x(\xi) B_y(\xi)} d\xi, \quad (2)$$

где в качестве единицы длины выбран радиус поля  $r_0$  (радиус вписанной окружности между вершинами электродов), поскольку  $\varepsilon = r_0^2/B_0$  [5];  $B_{0x}$  и  $B_{0y}$  — максимальные значения  $B$ -параметров при изменении фазы от 0 до  $\pi$ .

Интеграл (2) рассчитывался методом трапеций в точках

$$(x_i, y_j) = (\pm 0.1i, \pm 0.1j); \quad i, j = 0, \dots, 9. \quad (3)$$

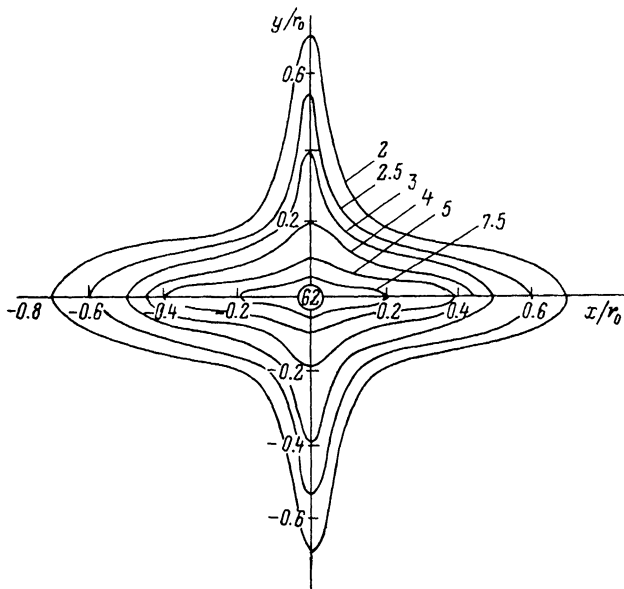
В расчетах  $B$ -параметров эллипсов захвата численным методом [5] дискретность времени  $\Delta\xi = \pi/1000$  и интервал фазы  $\Delta\xi = \pi/20$ .

Результаты расчета плотности распределения  $\bar{n}(x, y)$  представлены на рисунке для случая относительной полосы пропускания КФМ  $R = q/\Delta q = 200$  в точке  $a = 3.15879$ ,  $q = 3.23408$  ( $\beta_x = 1.9510$ ,  $\beta_y = 0.2443$ ) промежуточной области стабильности. На рисунке приведены изолинии плотности ионов, отмеченные цифрами, умноженные на  $10^4$ . Данные рисунка получены в предположении бесконечно большого времени сортировки, отсутствия влияния краевых полей, взаимодействия ионов друг с другом.

В [3] при использовании микроканальной пластины и флуоресцирующего экрана было получено, что распределение ионов по сечению выходного пучка имеет чечевицеобразную форму, вытянутую вдоль  $y$ -электродов, на которые подают отрицательный потенциал при анализе положительных ионов. Эти данные согласуются с результатами [1].

Как следует из рисунка, плотность распределения  $\bar{n}(x, y)$  в режиме сепарации промежуточной области существенно отличается от наблюдаемой в обычном режиме [1, 3]. В соответствии с (1) распределение симметрично относительно осей  $x, y$ . Преимущественная локализация ионов в КФМ происходит как по оси  $x$ , так и по оси  $y$ , что довольно неожиданно, поскольку параметры  $V_x$  и  $V_y$  сильно отличаются [4].

Для КФМ в промежуточной области стабильности характерно более слабое падение пропускания  $T$  от разрешающей способности  $R$  (ориентировочно  $T \sim R^{-1}$  [4]) по сравнению с обычно используемой первой областью, когда  $T \sim R^{-2}$  [6]. Возможно, до некоторой степени это явление отражено на рисунке, когда пространственный объем стабильных траекторий



Структура плотности распределения ионов в поперечной плоскости КФМ, работающего в промежуточной области стабильности в рабочей точке  $a=3.15879$ ,  $q=3.23408$  ( $\bar{n}(0, 0) = 6.2 \cdot 10^{-3}$ ).

вблизи оси анализатора значительно больше для рассматриваемого случая, чем для обычного КФМ.

Полученное распределение ионов в КФМ в промежуточной области соответствует до некоторой степени распределению ионов КФМ в первой области, работающему в ВЧ режиме [1, 3]. Это соответствие дает надежду на хорошее согласование фильтров масс tandemного масс-спектрометра, когда анализаторы работают в промежуточной области стабильности, а КФМ, расположенный в камере столкновений, в ВЧ режиме первой области.

Расчет  $\bar{n}(x, y)$  при различных значениях  $R$  показал, что величина  $\bar{n}(0, 0)$  убывает с ростом  $R$ , структура распределения  $\bar{n}(x, y)$  (см. рисунок) сохраняется, при этом изолинии  $\bar{n}$  более вытянуты вдоль  $y$ -координаты.

### Список литературы

- [1] Todd F. J., Waldren R. M., Freer D. A., Turner R. B. // Int. J. Mass. Spectrom. Ion Phys. 1980. Vol. 35. P. 107—150.
- [2] Волков С. С., Коенков Н. В., Могильченко Г. А. и др. // ПТЭ. 1989. № 6. С. 140—142.
- [3] Brier M. E., Amy J. W., Cooks R. G. и др. // Int. J. Mass. Spectrom. Ion Process. 1987. Vol. 77. P. 31—47.
- [4] Шагимуратов Г. И., Коенков Н. В., Могильченко Г. А., Силаков С. С. // ЖТФ. 1990. Т. 60. Вып. 1. С. 117—122.
- [5] Dawson P. H. Quadrupole Mass Spectrometry and its Applications. Amsterdam: Elsevier, 1978.
- [6] Brunne C. // Int. J. Mass. Spectrom. Ion Process. 1987. Vol. 76. P. 125—237.

Научно-исследовательский  
технологический институт  
Рязань

Поступило в Редакцию  
4 мая 1990 г.