

УДК 537.534.1/.8

© Л. Н. Галль, Ю. И. Хасин

## О ПРОБЛЕМЕ ДИСКРИМИНАЦИЙ ПО МАССЕ В ИСТОЧНИКЕ ИОНОВ С ИОНИЗАЦИЕЙ ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ

Проведен анализ причин возникновения дискриминаций по массе в источниках ионов с электронным ударом. Методами математического моделирования проанализированы причины дискриминаций. Рассмотрены возможности и принципы создания источников ионов с минимальными дискриминациями по массе.

### ВВЕДЕНИЕ

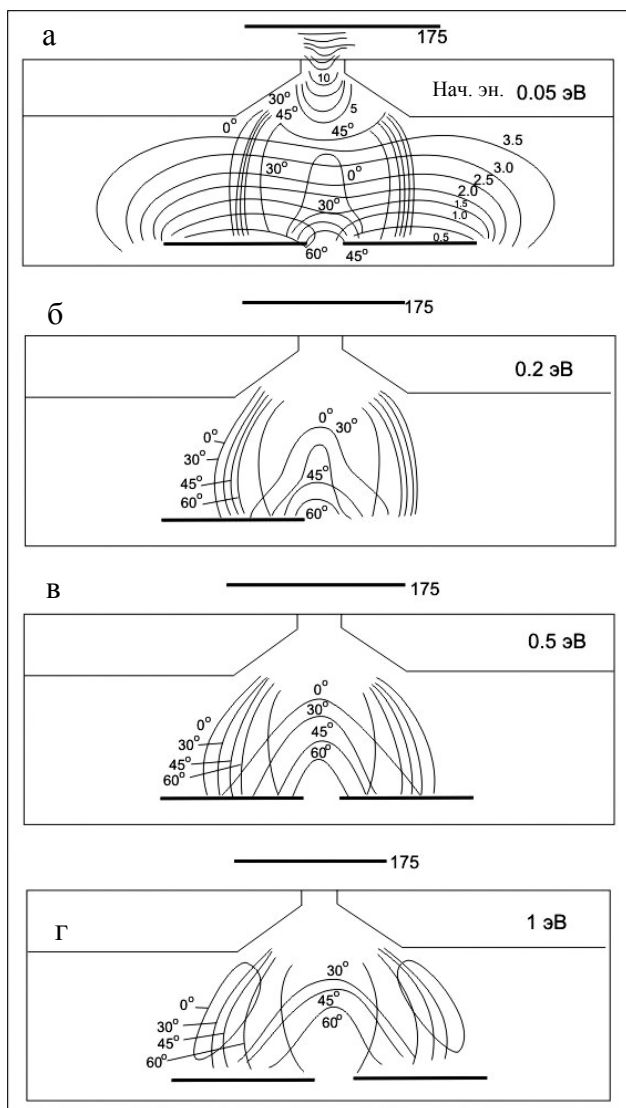
Сегодня общеизвестным фактом является то, что любая конфигурация электродов, образующих ионно-оптическую систему (ИОС) источника ионов, обладает конечным аксептансом, т. е. в той или иной мере ограничивает пространственно-угловое распределение ионов, включаемых в конечном итоге в сформированный источником пучок, создавая, таким образом, дискриминацию ионов по их основному параметру — по массе. "Дискриминация" означает, что ионы одной массы проходят через систему с меньшими потерями, чем ионы другой массы, и приводит к изменению количественного состава ионов в формируемом источником ионов пучке по отношению к составу анализируемой пробы. В результате дискриминаций по массе в зависимости от типа проводимого масс-спектрометрического анализа может изменяться измеряемое соотношение интенсивностей пиков в масс-спектре анализируемого вещества или измеряемое значение распространенности изотопов. Эффект дискриминации ионов по массе в источнике известен давно и активно обсуждался уже на рубеже 40–50-х годов прошлого века (см., например, [1]).

В природе не существует методов ионизации и источников ионов, в которых образовывались бы ионы в строго одинаковых условиях и с одинаковой кинетической энергией. При ионизации электронным ударом весьма существенным является то, что область ионизации окружена эквипотенциальным электродом, как правило, прямоугольной или цилиндрической формы, называемым ионизационной камерой. В стенках камеры имеются отверстия (щели) для входа и выхода ионизирующих электронов, ввода анализируемой пробы и выхода ионов. При прочих равных условиях именно значение начальной кинетической энергии во многом определяет, выйдет ли образовавшийся ион из ионизационной камеры, а если выйдет, то по какой

траектории он будет двигаться через ионно-оптическую систему (ИОС) источника ионов. Наличие по той или иной причине различных начальных энергий у ионов с разными массами является одной из очевидных причин дискриминации ионов по массам, приводящих к большим количественным эффектам. При ионизации атомов (А) и молекул (М) электронным ударом возникающие ионы  $A^+$  и  $M^+$  сохраняют энергию теплового движения, средняя величина которой при комнатной температуре составляет  $3.8 \cdot 10^{-3}$  эВ. При ионизации многоатомных молекул с последующей диссоциацией начальные кинетические энергии образующихся ионов могут существенно отличаться от этой величины: по некоторым данным в десятки, а некоторых случаях и в сотни раз превышать начальные кинетические энергии молекулярных ионов [2].

### ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЙ ИОНОВ

Применительно к источнику ионов с ионизацией электронным ударом (ЭУ) некоторый итог результатам многочисленных ранних работ, посвященных влиянию начальных кинетических энергий ионов на вид получаемых масс-спектров, приведен в работе [3]. В ней на основе обобщения результатов исследований масс-спектрометра с электростатической разверткой масс-спектра сделан следующий вывод: при любой выбранной геометрии эффективность вытягивания ионов из области ионизации является функцией отношения вытягивающего напряжения к потенциалу, соответствующему начальной кинетической энергии иона. В источнике ионов типа Нира с ионизацией электронным ударом ситуация с отбором ионов из области ионизации усложняется присутствием в этой области достаточно интенсивного и неоднородного магнитного поля, используемого для фокусировки электронного пучка и направленного вдоль



**Рис. 1.** Эволюция зоны выхода ионов из ионизационной камеры в зависимости от их начальной энергии: а — 0.05 эВ, б — 0.2 эВ, в — 0.5 эВ, г — 1 эВ

его оси. В фундаментальной работе Коггесхолла [4] исследовались дискриминации в ионном источнике с учетом как электрического вытягивающего поля, так и перпендикулярного ему магнитного поля. Особое внимание уделено эффектам дискриминаций, связанных с начальными скоростями в источнике, работающем при малых и средних величинах вытягивающего напряжения. В более поздних работах уже с применением методов моделирования и расчетных методов проблема влияния начальных кинетических энергий ионов на процессы выхода их из ионизационной

камеры и формирования ионного пучка описывалась в терминах областей выхода ионов из ионизационной камеры. На рис. 1 приведены результаты моделирования ионизационной камеры, при котором определялся выход ионов из нее через выходную щель под действием градиента потенциала внутри камеры [5]. Геометрическое место точек, из которых ионы еще проходят через выходную щель, и является областью выхода (сечением эмиттанса по двум начальным координатам). Представлены области выхода для начальных энергий ионов 0.05, 0.2, 0.5 и 1 эВ и для направленных начальных скоростей  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $90^\circ$ .

Направление начальной скорости отсчитывалось от плоскости выталкивающего электрода (показано на верхнем рисунке). Из приведенных данных видно, что области выхода ионов, имеющих различные начальные энергии, существенно могут различаться по величине, форме и положению; параметры областей выхода сильно зависят от приложенного вытягивающего напряжения. В этой же работе на примере масс-спектра смеси  $\text{CO} - \text{N}_2 - \text{C}_3\text{H}_8$  было показано, что наличие у части образующихся ионов — осколочных ионов  $\text{C}_2\text{H}_4^+$  — больших кинетических энергий приводит к значительной дискриминации их вплоть до практически полного исчезновения пика данных ионов.

Этот результат, в частности, дает повод подчеркнуть следующие существенные обстоятельства, касающиеся дискриминации ионов по массам.

- Количественная мера дискриминации источника ионов может определяться только на масс-спектрометре. Элементы ИОС масс-анализатора, ограничивая периферийные области проходящего через нее ионного пучка, могут тем самым исказить количественное соотношение ионов, составляющих ионный пучок.

- Дискриминация ионов по массе из-за начальных кинетических энергий может иметь место, видимо, лишь в случае, если различные массы почему-либо обладают существенно разными распределениями по начальным кинетическим энергиям.

- Дискриминация ионов по массе из-за присутствия магнитного поля в области ионизации и формирования ионного пучка имеет место всегда.

#### ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОБЛАСТИ ИОНИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ИОНОВ

В источнике ионов ЭУ непосредственной и очевидной причиной дискриминаций по массе является наличие в ионизационной камере магнитного поля магнитов, фокусирующих электронный пучок. При этом атомарные, молекулярные или фрагментные ионы, образующиеся в области ионизации и обладающие в точке своего образования

различными массами и начальными энергиями, начинают свое движение и двигаются в пространственных скрещенных электрическом и магнитном полях по несовпадающим траекториям. Условия для прохода ионов различных масс через ионную щель ионизационной камеры могут быть при этом существенно разными. В одной из немногих работ, посвященных данной проблеме, для плоской модели ионизационной камеры изучалась зависимость акцептанса ионизационной камеры от величины наложенного (однородного) магнитного поля [6]. В работе показано, что даже небольшие магнитные поля приводят к заметным искажениям и величины, и формы границ акцептанса источника ионов, а следовательно, и эмиттанса пучка, формируемого этим источником. Представленные в [6] результаты непосредственно доказывают, что причиной дискриминаций ионов в источнике ионов ЭУ является использование магнитного поля для фокусировки электронного пучка. Очевидно, основные выводы [6] остаются справедливыми и для реальных неоднородных полей в области ионизации, но моделирование более реальной полевой ситуации требует других, более совершенных, вычислительных средств.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИОННОГО ПУЧКА В ИСТОЧНИКЕ ИОНОВ ЭУ. "КОРОТКИЙ" ИСТОЧНИК

Одним из таких средств является ставшая в последнее время популярной и сравнительно доступной программа SIMION [7], которая позволяет моделировать движение заряженных частиц в пространственных стационарных и динамических электрических и магнитных полях, включая и суперпозиции этих полей. Использование этой программы для моделирования реальных ИОС источников ионов, подтвердив основные представления о влиянии магнитного поля на процесс формирования ионного пучка в источнике ионов ЭУ, существенно их обогатило и исправило. В частности, моделирование показало, что представления, положенные в основу построения источника ионов с вытягивающим полем, близким к однородному, (источник ионов ИЭ-26 [8]), действительно позволяют уменьшить величину дискриминаций при разумном выборе геометрических параметров, потенциалов и значения магнитного поля, правда, ценой потери чувствительности источника.

На рис. 2 приведено сечение в плоскости фокусировки пространственной модели источника ионов ИЭ-26 с квазиоднородным вытягивающим полем. Однородность вытягивающего поля достигается тем, что верхняя крышка ионизационной камеры не имеет гальванического контакта с корпусом

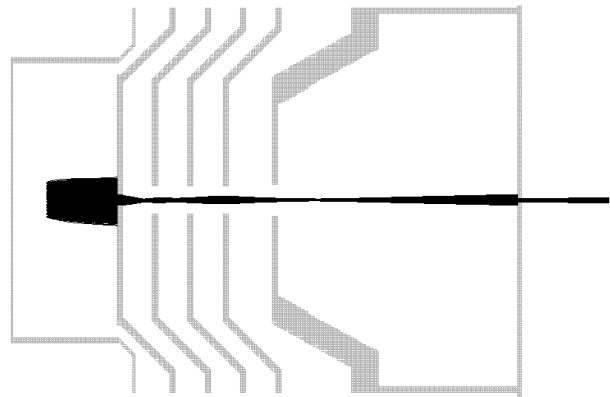


Рис. 2. Сечение пространственной модели источника ионов в плоскости фокусировки (ионы с  $m/e = 28$ )

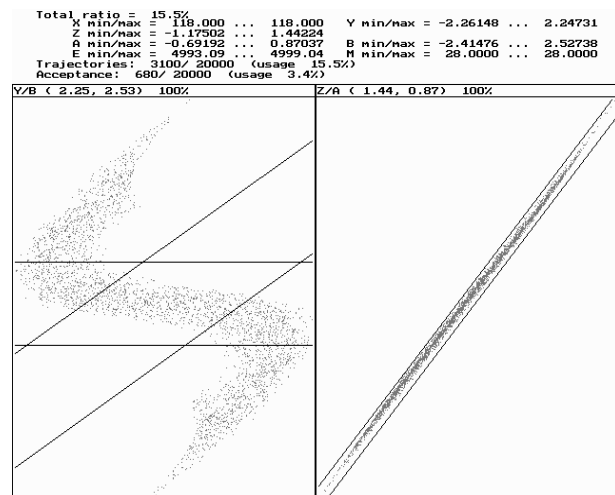


Рис. 3. Диаграммы эмиттанса ионного пучка (ИЭ-26) и контура акцептанса анализатора (МСД-650); ионы с  $m/e = 28$

ионизационной камеры, и между ними приложена разность потенциалов, обеспечивающая вытягивание образующихся ионов. Как правило, эта разность потенциалов составляет около 10 В, а напряженность магнитного поля, направленного перпендикулярно плоскости рисунка, равняется приблизительно 100–120 Гс. Из рисунка видно, что почти однородное вытягивающее поле заставляет образующиеся ионы с массой 28 а.е.м. двигаться к верхней крышке ионизационной камеры по параболическим траекториям. В предположении равномерной плотности электронного пучка получается равномерная "засветка" нижней поверхности крышки ионизационной камеры нале-

тающими ионами, часть которых, попадая в выходную щель, ускоряется, фокусируется и формирует ионный пучок. Не обсуждая сейчас отдельные недостатки ИОС этого источника, подчеркнем лишь симметричность ионного пучка и тот факт, что ионный пучок формирует лишь малая доля образовавшихся при ионизации ионов.

На рис. 3 приводятся диаграммы сечений эмиттанса пучка ионов в вертикальной (Y/B) и горизонтальной (Z/A) плоскостях с нанесенными контурами аксептанса масс-анализатора (МСД-650). Сформированный в горизонтальной плоскости пучок великолепно вписывается в аксептанс масс-анализатора. В вертикальной плоскости из-за отсутствия фокусирующих электростатических элементов ионный пучок сильно коллимируется как на самой выходной щели источника, так и диафрагмами масс-анализатора. В результате из источника в виде сформированного пучка выходит лишь 15.5 % образовавшихся ионов, а в аксептанс масс-анализатора вписывается только 3.4 %. И хотя приведенные цифры обоснованы лишь в такой степени, в какой достоверны начальные параметры моделируемого пучка, они дают представление о причинах низкой эффективности источника ионов типа ИЭ-26.

На рис. 4 при тех же граничных и начальных условиях, что и на рис. 2, приведено сечение того же источника ионов ИЭ-26, но для ионов с  $m/e = 1$ . Предельно малое значение массы взято для большей наглядности наблюдаемых эффектов. Важно отметить, что ситуации рис. 2 и рис. 4 отличаются только массой ионов. Для  $m/e = 1$  обращает на себя внимание то, что картина формирования пучка потеряла свою симметричность. Под действием магнитного поля ионы сильно отклоняются, и, хотя выходная ионная щель по-прежнему засвечивается ионами, выходящий из ионизационной камеры ионный пучок имеет совокупную неосевую составляющую скорости, положение промежуточного кроссовера смещено от оси симметрии приблизительно на 0.05 мм, а угловое распределение ионного пучка становится несимметричным. В результате даже в горизонтальной плоскости часть ионного пучка теряется на выходной щели источника ионов, а часть — не попадает в аксептанс масс-анализатора. Очевидно, что в реальном источнике ионов эту несимметрию можно исправить электрической коррекцией в горизонтальной плоскости, но это потребует перестройки режимов источника ионов при переходе с одной массы на другую. Ввиду сравнительно малых дискриминаций, характерных для источника ионов ИЭ-26, и при широких выходных щелях возможно найти компромиссный режим на электродах, при котором дискриминации по массе не будут превышать единиц процентов.

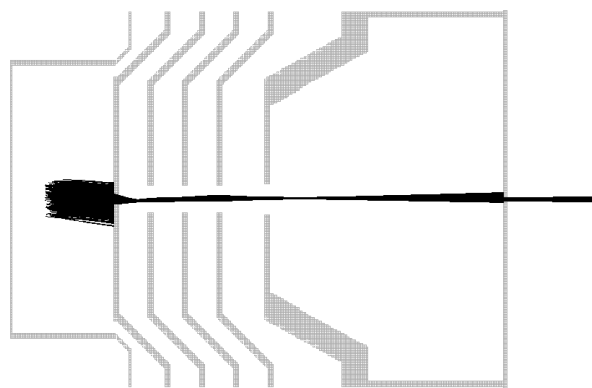


Рис. 4. Сечение пространственной модели источника ионов в плоскости фокусировки (ионы с  $m/e = 1$ )

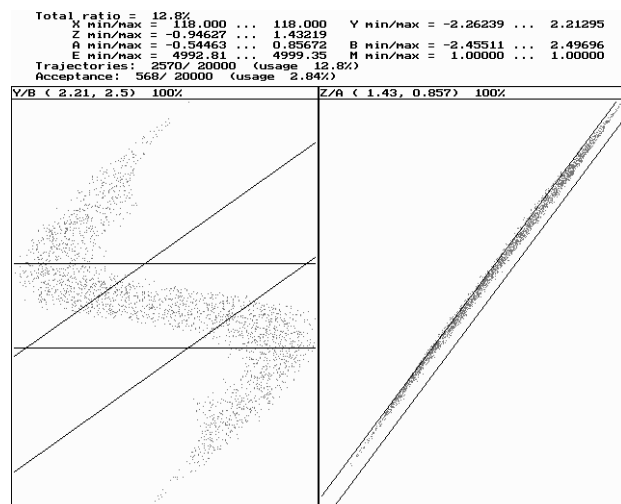


Рис. 5. Диаграммы эмиттанса ионного пучка и контуры аксептанса масс-анализатора (ионы с  $m/e = 1$ )

На рис. 5 приведены сечения эмиттанса ионного пучка ионов с массой 1 а.е.м. и контуры диаграммы эмиттанса, аналогичные тем, которые приведены на рис. 3 для ионов с массой 28 а.е.м. На горизонтальной проекции (Z/A) хорошо видно смещение эмиттанса пучка относительно аксептанса масс-анализатора. В этом случае из источника выходит уже только 12.8 % образовавшихся ионов, т. е. увеличивается доля ионов, попадающих на электроды ИОС источника. В аксептанс масс-анализатора попадает лишь 2.84 % ионов, образовавшихся в источнике ионов.

Сравнительно небольшое влияние магнитного поля в источнике типа ИЭ-26 объясняется во многом тем, что это — короткий источник, в котором

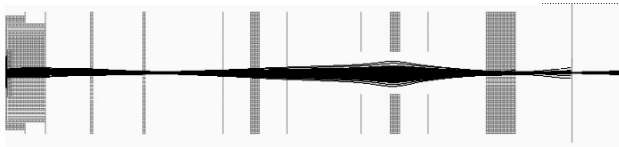


Рис. 6. Сечение пространственной модели источника ионов масс-спектрометра МСД-650 в горизонтальной плоскости (для ионов с  $m/e = 28$ )

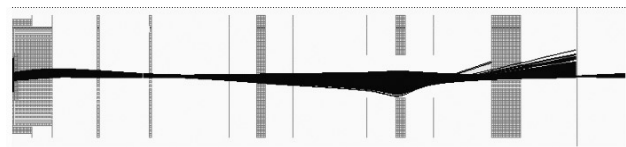


Рис. 8. Сечение пространственной модели источника ионов масс-спектрометра МСД-650 в горизонтальной плоскости (для ионов с  $m/e = 1$ )

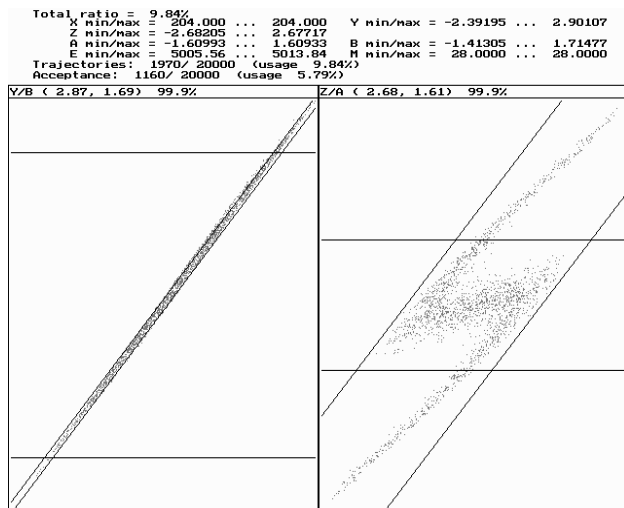


Рис. 7. Диаграммы эмиттанса ионного пучка и контура акцептанса анализатора МСД-650 (ионы с  $m/e = 28$ )

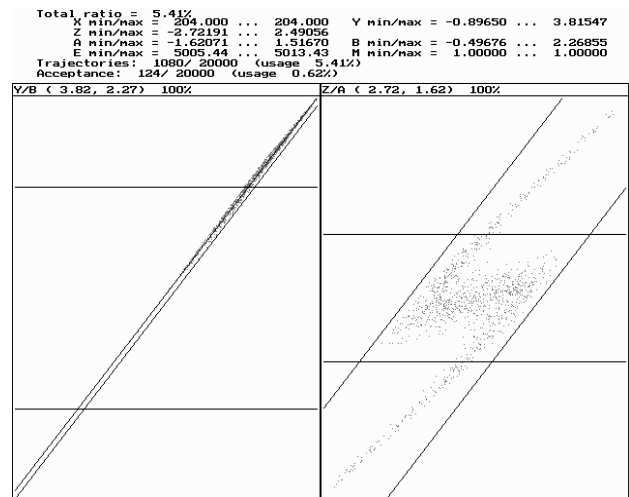


Рис. 9. Диаграммы эмиттанса ионного пучка и контура акцептанса анализатора МСД-650 (ионы с  $m/e = 1$ )

вышедший из ионизационной камеры ионный пучок очень быстро ускоряется до таких энергий, при которых искажающим действием сравнительно слабого магнитного поля уже можно пренебречь.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИОННОГО ПУЧКА В ИСТОЧНИКЕ ИОНОВ ЭУ. "ДЛИННЫЙ" ИСТОЧНИК С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ КРОССОВЕРОМ

Качественно иная ситуация может наблюдаться в источнике ионов, в котором также применяется вытягивание ионов из ионизационной камеры почти однородным электрическим полем, но ИОС источника на выходе из ионизационной камеры образует систему, называемую иногда "иммерсионный объектив", формирующую промежуточный кроссовер. Характерным для такого решения оказывается, кроме всего прочего, удлинение источника и увеличение области, в которой ионы движутся с относительно малыми скоростями. А следствием такого построения ИОС источника являются значительное увеличение искажений при

формировании пучка, смещение с продольной оси и отклонение по углу.

На рис. 6 приведено сечение пространственной модели источника ионов ЭУ серийного масс-спектрометра с двойной фокусировкой МСД-650. Как и в источнике ИЭ-26, вытягивание ионов из ионизационной камеры осуществляется почти однородным электрическим полем, создаваемым напряжением, приложенным между ионизационной камерой и оторванной от нее верхней крышкой ионизационной камеры. Общий характер движения ионов в ионизационной камере до ионной щели такой же, как в предыдущем источнике (ИЭ-26), т. е. по траекториям, близким к параболическим. Распределение плотности ионов в плоскости щели верхней крышки ионизационной камеры почти равномерное (при условии равномерной плотности электронов в ионизирующем электронном пучке). И потери ионов в ионизационной камере данного источника сравнимы с потерями в рассмотренном выше источнике ИЭ-26. Магнитное поле, фокусирующее электроны, так же, как в источнике ИЭ-26, не превышает 100–120 Гс. Вы-

шедшие из ионизационной камеры ионы до следующего электрода движутся в виде слабо расходящегося пучка, ускоряясь сравнительно медленно.

Для варианта настройки, результаты которого приведены на рис. 7, общее пропускание источника составляет 9.84 %, из которых 5.79 % попадают в аксептанс анализатора (МСД-650). Так ведут себя ионы с массой 28 а.е.м. Приведенные диаграммы иллюстрируют совмещение проекций эмиттанса пучка с контурами аксептанса анализатора.

Для ионов с массой 1 а.е.м. при тех же начальных и полевых данных условия выхода из ионизационной камеры такие же, как в источнике ИЭ-26, и траектории подобны — наклоненные параболы. На выходе же из ионизационной камеры эффекты отклонения пучка, смещения его с оси, расширения углового распределения по сравнению с коротким источником существенно усиливаются. Общая картина такого пучка приведена на рис. 8.

В этом случае, как это следует из данных на диаграмме, приведенной на рис. 9, уже не все ионы, вышедшие из ионизационной камеры, проходят через выходную щель источника ионов. Угловое и линейное смещения пучка таковы, что лишь малая часть сечения эмиттанса в горизонтальной плоскости совпадает с сечением аксептанса масс-анализатора. В результате падает эффективность источника, а переход от массы  $m/e = 1$  к массе  $m/e = 28$  требует существенной перестройки режимов источника ионов.

#### К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БЕЗДИСКРИМИНАЦИОННОГО ИСТОЧНИКА ИОНОВ МАСС-СПЕКТРОМЕТРА

Как следует из приведенных данных моделирования, магнитное поле фокусирующих магнитов в источнике ионов ЭУ является причиной заметных дискриминаций по массе, особенно в ИОС с промежуточным кроссовером ионного пучка. Из этих же данных следует, что возможны два пути создания источников ионов ЭУ с малыми дискриминациями по массе.

Наиболее очевидный — это источник ионов ЭУ с электростатической фокусировкой электронного пучка (безмагнитный). Такого рода источники ионов начали разрабатывать довольно давно (например, [9]), но, как правило, эффективность таких источников ионов значительно уступает эффективности источников ионов с магнитной фокусировкой электронного пучка. Кроме того, как заметил в своей книге А. Барнард [1], источники ионов без специального магнитного поля все равно имеют дискриминации по массе. Причины их мало изучены, но они, по-видимому, связаны с магнитным полем прямонакального катода, краевыми полями анализирующего магнита, а также с раз-

личными физическими процессами, сопровождающими ионизацию молекул в газовой фазе электронным пучком. Низкая эффективность безмагнитных источников ионов стимулирует с целью увеличения ионного тока увеличение в области ионизации как давления анализируемого газа, так и тока ионизирующих электронов. Как было показано [10, 11, 12], в результате повышения давления в области ионизации возрастает роль ион-молекулярных реакций. Ситуация может оказаться еще сложнее в результате увеличения тока ионизирующих электронов, приводящих к существенному отрицательному объемному заряду в области ионизации. При этом объемный заряд электронов, удерживая образовавшиеся ионы, делает условия их отбора из области ионизации неустойчивыми, а приводя к увеличению времени пребывания ионов в потенциальной яме электронного пучка, усугубляет ситуацию с возникновением всевозможных вторичных процессов: ион-молекулярных и электрон-ионных взаимодействий, не реализующихся в обычных условиях. Масс-спектры электронного удара в этих условиях видоизменяются и становятся похожими на масс-спектры хемоионизации. Эти процессы, существующие всегда в условиях повышенных давлений и значительных электронных токов, особенно хорошо наблюдаемы при анализе водородно-гелиевых смесей, где основными вторичными процессами являются реакции:  $H_2 + D_2 = 2HD$ ;  $D_2 + T_2 = 2DT$  и  $H_2 + T_2 = 2HT$ . При этом константы равновесия реакций

$$K_1 = \frac{[HD]^2}{[H_2] \cdot [D_2]}, \quad K_2 = \frac{[DT]^2}{[D] \cdot [T]} \quad \text{и} \quad K_3 = \frac{[HT]^2}{[H] \cdot [T]}$$

оказываются зависящими от условий анализа, и в частности от массы ионов [13], и наблюдаемые масс-спектры дают неправильную информацию о составе измеряемой смеси.

Вторым путем при создании источника ионов для прецизионного анализа газов в широком диапазоне масс является тщательный выбор компромисса между требованиями надежной стабильной работы источника ЭУ с высокой чувствительностью и разумно малыми стабильными дискриминациями по массе. Как следует из результатов моделирования, решение этой задачи следует искать путем использования источников с вытягивающим полем, близким к однородному, короткой ионно-оптической системой и концентрированным вблизи электронного пучка магнитным фокусирующим полем, создаваемым магнитом, размещенным в вакуумной камере непосредственно на оси электронного пучка. Такое техническое решение, неприемлемое в случае пробы в виде молекулярного пучка, вполне хорошо зарекомендовало себя при анализе газов и паров легколетучих жидкостей [8].

## ВЫВОДЫ

Создание бездискриминационного источника ионов ЭУ является чрезвычайно трудной, если вообще выполнимой, задачей. Речь может идти о разработке источника с разумно малыми величинами дискриминаций по массе путем тщательно выбранного компромисса среди множества приборных и физических параметров для решения конкретной аналитической проблемы. При этом задача создания такого источника обязательно должна решаться для конкретного масс-анализатора, характеризующего его акцептансом [14].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барнард Дж.* Современная масс-спектрометрия / Под ред. В.Н. Кондратьева, перевод В.Н. Васильева, А.В. Дубровина и В.Л. Гальрозе. М.: ИЛ, 1957. 420 с.
2. *Тауберт.* Кинетические энергии осколочных ионов // Успехи масс-спектрометрии / Под ред. Дж.Д. Уолдрона. М.: ИЛ, 1963. С. 482–495.
3. *Berry C.E.* Influence of initial energies on mass spectra // *Phys. Rev.* 1950. V. 78. P. 597–605.
4. *Coggeshall N.* The initial kinetic energy discrimination effects in crossed field ion sources // *Journ. Chem. Phys.* 1962. V. 36, N 6. P. 1646–1647.
5. *Галль Л.Н.* Об отборе ионов из источника ионов масс-спектрометра // *ЖТФ.* 1977. Т. 47, № 10. С. 2198–2203.
6. *Галль Л.Н., Лебедев Г.В.* Искажение акцептанса ионизационной камеры под влиянием магнитного поля источника ионов // *ЖТФ.* 1978. Т. XLVIII. С. 608–610.
7. *Dahl D.A.* SIMION 3D version 7.0 USER'S MANUAL. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, Idaho Falls, ID, 2000.
8. *Комаров М.С.* Источник ионов с однородным вытягивающим полем, количественная оценка основных технических характеристик // Тезисы III Всесоюзной конференции по масс-спектрометрии. Л.: Изд-во АН СССР, 1981. С. 254.
9. *Ozard J.H., Russell R.W.* The efficiency of ion source with an electrostatic focusing and the electron impact ionization // *Appl. Sci. Res.* 1969. V. 20, N 1. P. 55–60.
10. *Redhead P.A.* Multiple ionization of the rare gases by successive electron impacts (0–250 eV) I. Appearance potentials and metastable ion formation // *Canad. J. Phys.* 1967. V. 45, N 5. P. 1791–1812.
11. *Хасин Ю.И.* Исследование факторов, определяющих формирование пучка ионов в источнике с ионизацией электронным ударом // Сб. "Научное приборостроение". Л.: 1988. С. 29–38.
12. *Baker F.A. Hasted J.B.* Ionization processes in hydrogen and helium // *Advances in Mass Spectrometry.* London, 1968. V. 4. P. 727–734.
13. *Jayaprakash T. and Krishnan M.S.* A steady of the instrumental and other aspects in the mass spectrometric analysis of deuterium content // *Proc. of the seminar on "Mass spectrometry — applications and current trends"*, Bhabha Atomic research center, Bombay, march 20–22, 1978. P. 86–96.
14. *Бердников А.С., Галль Л.Н., Хасин Ю.И.* Методика согласования источника ионов статического масс-спектрометра с анализатором // *Научное приборостроение.* 2001. Т. 11, № 4. С. 28–34.

*Институт аналитического приборостроения РАН,  
Санкт-Петербург*

Материал поступил в редакцию 18.04.2006.

## ON THE PROBLEM OF MASS DISCRIMINATION IN THE ELECTRON IMPACT IONIZATION SOURCE

**L. N. Gall, Yu. I. Khasin**

*Institute for Analytical Instrumentation RAS, Saint-Petersburg*

The factors responsible for mass discrimination in electron impact ion sources are analyzed using mathematical modeling methods. The possibility and the ways of mass discrimination minimization in ion sources are considered.