

СНИЖЕНИЕ РОЛИ ФОНА ПРИ МАСС-СПЕКТРОСКОПИИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПУЧКОВ

И.Н.Любимов, В.И.Михайлов, Ю.А.Гельман, А.М.Зацеллин

В масс-спектропии предельная чувствительность измерений определяется фоном остаточных газов прибора. Известно [1, 2] несколько методов борьбы с вредным влиянием этого фактора: повышение вакуума, различные виды модуляции измеряемого потока, статистическая обработка спектров масс, увеличение разрешающей способности прибора и пр.

В данной работе для снижения роли фона используется различие функций распределения по скоростям частиц фона и исследуемого молекулярного пучка.

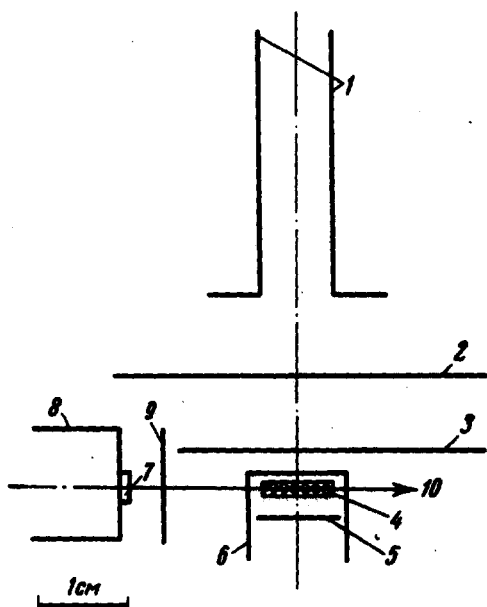


Рис. 1. Схема использованного источника ионов с молекулярной пушкой, 1 — отклоняющие пластины; 2 — ускоряющая линза под потенциалом земли; 3 — вытягивающая линза 4700 в; 4 — сечение электронного пучка: его интенсивность 100 мка; 5 — выталкивающий электрод; 6 — ионизационная коробка 5000 в; 7 — образец; 8 — испаритель; 9 — коллимирующая диафрагма; 10 — молекулярный пучок

Анализ распределения частиц по проекциям скоростей на выбранное направление мы проводили методом отклонения, ранее описанным в [3, 4].

Из общей кинетической теории газов известно, что функция распределения по проекциям скоростей на данное направление частиц изотропного равновесного газа дается выражением

$$f_1 = A_1 \exp(-Mv^2/2kT_1).$$

Фоновый газ, находящийся в ионизационной коробке, имеющей температуру T_1 достаточно точно подчиняется этому выражению.

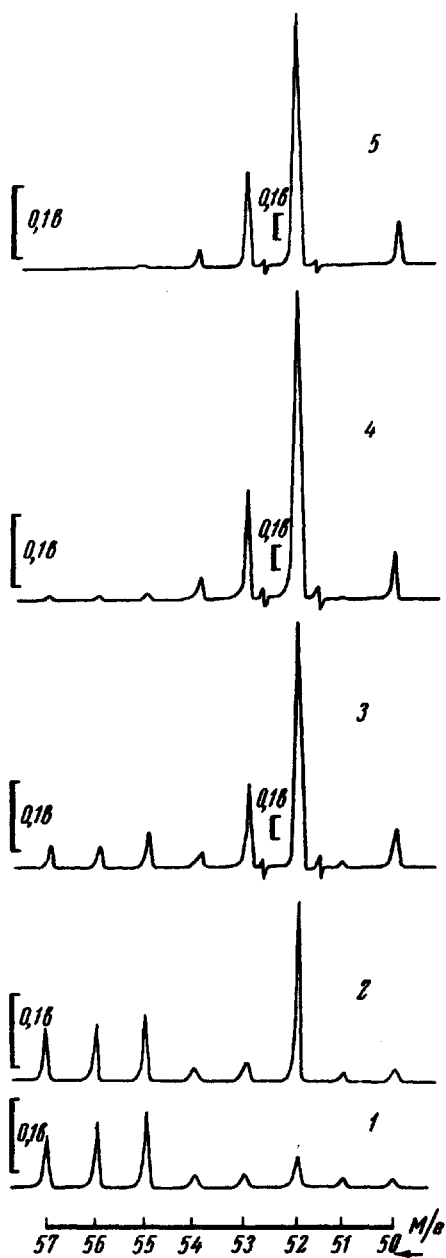


Рис. 2,а. Спектры масс, полученные при следующих значениях отклоняющих напряжений: 1 - (0) σ ; 2 - (+3) σ ; 3 - (+9) σ ; 4 - (+15) σ ; 5 - (+18) σ . Меньший масштаб на кривых 3, 4, 5 относится лишь к $M/e \approx 52$.

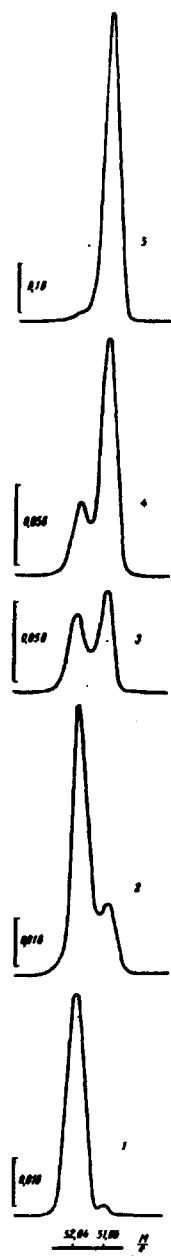


Рис. 2,б. Формы линий $M/e \approx 52$ при различных отклоняющих напряжениях: 1 - (-3) σ ; 2 - (0) σ ; 3 - (+2) σ ; 4 - (+4) σ ; 5 - (+13) σ

Функция распределения по проекциям скоростей частиц молекулярного пучка, попадающих в коробку из молекулярной пушки, имевшей температуру T_2 будет:

$$f_2 = A_2 v \exp(-Mv^2/2kT_2).$$

Остальные обозначения в приведенных выражениях обычные.

Задавая различные отклоняющие напряжения на пластины 1 (рис. 1), мы имеем возможность постепенно настраиваться на максимум функции распределения анализируемого пучка.

Если $T_1 \approx T_2$, то при этом фон снижается не менее, чем в 2,7 раза, а полезный сигнал возрастает на два с лишним порядка. Этот эффект увеличивается с ростом отношения T_2/T_1 .

Схема источника ионов приведена на рис. 1, а результаты испытаний этого метода на рис. 2, а, б, где указаны напряжения отклонения, при которых получены приведенные спектры масс.

Развертка спектров масс, приведенных на рис. 2, а, получена изменением магнитного поля, на рис. 2, б — электрического.

На рис. 2, а видно, что при нулевом напряжении на отклоняющих пластинах (а это соответствует традиционным масс-спектральным измерениям) линии изотопов хрома, молекулярный пучок которого при температуре $T_2 = 1370^\circ \text{K}$ мы пропускали через ионизационную коробку "теряют" в соответствующих линиях фона. Постепенное изменение напряженности электрического поля между отклоняющими пластинами приводит к выделению изотопов хрома, почти не искаженных фоном (у нас при $15 + 18 \text{ в}$).

На рис. 2, б приведены изменения формы линии с $M/e \cong 52$ (с более медленной записью, чем на рис. 2, а). Хорошо видно изменение формы линии при изменении отклоняющего напряжения.

Очевидно, что предлагаемый метод будет тем эффективнее, чем больше расстояние между максимумами функций распределения фона и пучка при прочих равных условиях. Смещения наиболее вероятных скоростей фона и пучка в наших экспериментах оказались несколько выше теоретических, что возможно связано с большой неоднородностью эффективности продуцирования ионов в различных областях ионизационной коробки.

Более подробное описание установки и результатов, полученных с ее помощью, подготавливается к печати.

Институт кристаллографии
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
29 мая 1968 г.

Литература

- [1] Ю.С.Рутгайзер. ЖТФ, 37, 562, 1967.
- [2] Б.А.Мамырин. ПТЭ, № 4, 126, 1966.
- [3] Л.В.Сумин, М.В.Гурьев, Н.Н.Туницкий. ЖЭТФ, 47, 451, 1964.
- [4] С. Вегу. Phys. Rev., 78, 597, 1950.