

МАЛОГАБАРИТНЫЙ МАСС-РЕФЛЕКТРОН С МНОГОСЕКЦИОННЫМ ОТРАЖАТЕЛЕМ

Д. В. Шликк, Б. М. Дубенский, С. В. Носаль, Р. Л. Петров

Времяпролетные безмагнитные масс-спектрометры типа масс-рефлектор, обладающие рядом преимуществ по сравнению с масс-спектрометрами других типов [1], широко используются как для контроля технологических процессов [2, 3], так и для проведения физических и химических исследований.

Одним из направлений развития времяпролетной масс-спектрометрии является увеличение их чувствительности при уменьшении габаритов камеры анализатора и обеспечение требуемой разрешающей способности.

В работе [4] дано описание масс-рефлекторна, имеющего простую конструкцию анализатора и разрешающую способность 140 при суммарном пути ионов в бесполом пространстве камеры анализатора, равным 153 мм. Разработанная в ФТИ им. А. Ф. Иоффе новая конструкция масс-рефлекторна с использованием многосекционного отражателя (МСО) [5] позволила существенно увеличить разрешающую способность прибора, сохраняя прежнюю чувствительность и габариты анализатора.

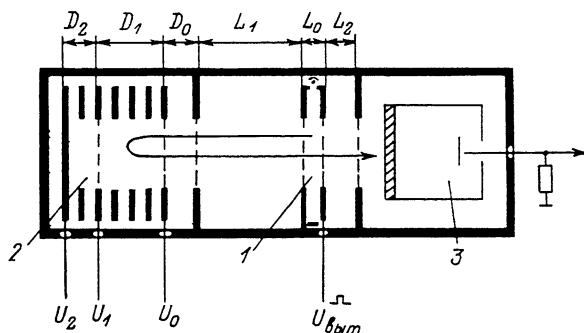


Рис. 1. Схема ионно-оптической системы масс-рефлекторна с МСО.

Для времяпролетных приборов разрешающая способность определяется выражением [6]

$$R = T/\Delta T,$$

где ΔT — длительность импульсов электронного тока на выходе детектора; T — полное время движения ионов с данным отношением m/q в приборе.

Величина ΔT практически полностью определяется двумя факторами [6]: величиной разброса начальных энергий ионов в источнике ΔT_1 и неидеальностью пространственно-временной фокусировки ΔT_2 . Разрешающая способность, обусловленная последним фактором, определяется только отношением [7]

$$k = U_{\max}/U_{\min},$$

где qU_{\max} и qU_{\min} — максимальная и минимальная энергии.

В большинстве случаев повышение разрешающей способности можно достигнуть путем увеличения длины дрейфа ионов в бесполом пространстве, а следовательно, и размеров камеры анализатора.

Это характерно для приборов, у которых $k < 1.3$. В тех случаях, когда величина ΔT_2 соизмерима с ΔT_1 [8], повышение разрешающей способности без увеличения размеров камеры анализатора оказалось возможным при использовании МСО вместо отражателя обычного типа.

На ЭВМ был проведен детальный анализ движения ионов в масс-рефлекторне с МСО и были рассчитаны параметры двухсекционного отражателя для конкретного источника ионов и длины бесполого пространства L_1 . По данным расчетов был собран экспериментальный прибор, схема которого приведена на рис. 1.

Ионы, образованные в источнике 1, выталкиваются из него импульсом положительной полярности и выходят в бесполое пространство дрейфа L_1 с энергией от qU_{\min} до qU_{\max} .

После торможения в управляющем зазоре D_0 ионы попадают в первую секцию отражателя 2. В ней отражаются ионы с энергиями от qU_{\min} до qU_1 ; ионы с энергиями от qU_1 до qU_{\max} отражаются во второй секции МСО. Выйдя из отражателя и пройдя пространство дрейфа, ионы попадают на детектор 3. Величины потенциалов U_0 , U_1 и U_2 МСО подбираются таким образом, что на вход детектора придут ионные пакеты минимальной длительности.

Все основные элементы конструкции изготовлены из нержавеющей стали. Электродам источника ионов служили прямоугольные пластины 35×50 мм с диаметром отверстия 25 мм. Отражатель представлял собой набор электродов в форме колец с наружным диаметром 60 и внутренним 30 мм, затянутых медными палладированными сетками с шагом 200 мкм и прочностью 80 %.

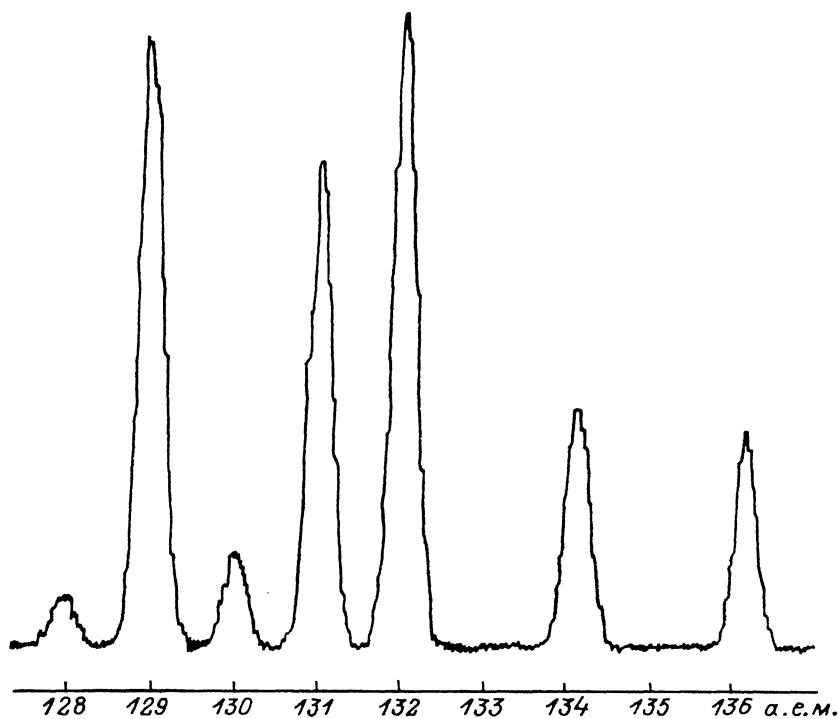


Рис. 2. Масс-спектр ксенона.

Применялся источник ионов с электронным ударом. Электронная пушка работала в импульсном режиме. Толщина электронного пучка в области ионизации порядка 1 мм. В качестве детектора использовалась сборка из двух микроканальных пластин МКП 34. Выталкивание ионов из источника производилось импульсом амплитудой 470 В и длительностью 800 нс. Длительность фронта импульса 50 нс. Диапазон энергий выходящих из источника ионов находился в пределах от $qU_{\min}=180$ эВ до $qU_{\max}=300$ эВ.

Прибор имеет следующие размеры зазоров: $L_0=4$ мм, $L_1=70$ мм, $L_2=20$ мм, $D_0=4$ мм, $D_1=30$ мм, $D_2=15$ мм. Разрешающая способность прибора 420 на половине высоты пиков, чувствительность 10^{-12} . Тор по парциальному давлению аргона в источнике. Система обработки результатов построена на базе ЭВМ «Электроника-60». На рис. 2 приведен масс-спектр ксенона, полученный на данном приборе.

Выводы

1. Разработана и исследована новая конструкция масс-рефлектрона с многосекционным отражателем, позволяющая достигнуть существенно лучших аналитических характеристик по сравнению с масс-рефлектроном с отражателем обычного типа.
2. Результаты экспериментальной проверки хорошо согласуются с расчетными.
3. Разработанная схема может быть рекомендована при создании малогабаритных приборов, особенно в тех случаях, когда велик разброс энергий ионов.

- [1] Шмигг Д. В. Автореф. канд. дис. Л., ФТИ АН СССР, 1974.
 [2] Тучкевич В. М. Вестник АН СССР, 1985, № 5, с. 59—61.
 [3] Мамырин Б. А. Вестник АН СССР, 1985, № 5, с. 62—66.
 [4] Шмигг Д. В. ЖТФ, 1981, т. 51, № 5, с. 1024—1026.
 [5] Шмигг Д. В., Дубенский Б. М. А. с. 1241303. — Оpubл. в Б. И., 1986, № 24.
 [6] Мамырин Б. А. Автореф. докт. дис. Л., ФТИ АН СССР, 1966.
 [7] Шмигг Д. В., Дубенский Б. М. ЖТФ, 1984, т. 54, № 5, с. 912—916.
 [8] Бьюковский Ю. А., Неволлин В. Н. Лазерная масс-спектрометрия. М.: Энергоиздат, 1985.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
8 июня 1987 г.

УДК 534.231.1

Журнал технической физики, т. 58, в. 5, 1988

ЗАТУХАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН В КРИСТАЛЛАХ СИЛИКАТА ВИСМУТА

М. М. Азмеджанова, Ф. Р. Азмеджанов, В. В. Леманов, А. А. Петров

Кристаллы силиката висмута $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ (точечная группа 23) представляют большой научный и практический интерес благодаря своим оптическим и акустическим свойствам.

Действительные компоненты тензора упругих постоянных для этих кристаллов измерялись в ряде работ (см., например, [1]). Что касается мнимых компонент, описывающих затухание акустических волн, то они практически не исследовались. В настоящей работе поставлена задача детального изучения комплексного тензора упругих постоянных $c_{iklm} = c'_{iklm} + ic''_{iklm}$ кристаллов $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ при комнатной температуре. Измерения проводились в частотном диапазоне 0.3—1.6 ГГц с помощью брэгговской дифракции света на звуке.

Кристаллы $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ выращивались методом Чохральского на установке Донец-1. В качестве исходных материалов использовались Bi_2O_3 и SiO_2 квалификации ОСЧ. Полученные кристаллы имели желтую окраску и не содержали видимых дефектов [2].

Исследованные образцы имели средние размеры $10 \times 5 \times 5$ мм. Акустические волны распространялись вдоль направлений [100], [110] и [111]. Точность ориентации образцов составляла около 1° . Продольные и поперечные акустические волны возбуждались пьезообразователями из кварца соответственно X- или Y-среза толщиной 70—100 мкм. В качестве источника света использовался гелий-неоновый лазер ЛГ-38. Коэффициент затухания акустических волн определялся по изменению интенсивности дифрагированного света $I(x)$ в разных точках образца вдоль направления распространения акустической волны

$$\alpha = \frac{10 \lg (I(x_1)/I(x_2))}{\Delta t},$$

где Δt — время распространения волны от точки x_1 к точке x_2 . Точность определения коэффициента затухания составляла около 5 %.

Результаты измерений на частоте 1 ГГц представлены на рис. 1 и в таблице. Скорости акустических волн определялись на частотах от 0.3 до 1.6 ГГц по углу брэгговской дифракции с точностью 0.5 % и методом оптического гетеродинамирования на частоте 10 МГц с точностью 0.1 % [3]. Полученные значения скоростей совпадают в пределах 0.5 %.

χ	γ	$v, 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$	$\alpha, \text{ дБ} \cdot \text{мкс}^{-1}$
[100]	[100]	3.77	3.2
	[100]	1.77	1.0
[110]	[110]	3.38	3.8
	[110]	2.33	0.85
	[001]	1.74	1.2
[111]	[111]	3.21	4.1
	[111]	2.11	1.0