

СЕКЦИЯ «КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

УДК 543.51 : 547.2

Д.С.Лебедев (5 курс, каф. КИ), В.Т.Коган, к.ф.-м.н., доц.

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ СЕГМЕНТНЫЙ ДЕТЕКТОР ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО МАГНИТНОГО МАСС-СПЕКТРОГРАФА

Портативные масс-спектрометры являются эффективными инструментами физико-химического анализа при выполнении in-situ измерений в режиме реального времени для различных задач [1]. Автономность работы позволяет применять такие приборы для непрерывных измерений в экстремальных или опасных условиях. Статические секторные масс-спектрометры обладают важными для портативных инструментов качествами: низкое энергопотребление, возможность проведения непрерывного анализа многокомпонентных смесей и простота сопряжения сепаратора масс ионов с источниками ионов всех известных типов и конструкций.

Большинство портативных статических анализаторов, применяемых в настоящее время, работают в режиме последовательного сканирования [2-4]. Этот режим не обеспечивает высокой чувствительности и скорости измерения, так как отдельные пики масс-спектра ионов, при его осуществлении регистрируются поочередно.

Для одновременного анализа многокомпонентных смесей с помощью статических масс-спектрометров чаще других используется схема Маттауха-Герцога [5] с позиционно-чувствительным детектором [6]. Такие масс-спектрометры позволяют обеспечить высокую разрешающую способность и чувствительность анализа за миллисекундные интервалы времени, но имеют ограниченный динамический диапазон (10^4 - 10^5) из-за высокой плотности заряда на отдельных участках детектора. Также применимость такой схемы в портативном приборе ограничена размерами и весом 90-градусной магнитной системы.

В работе [7] рассмотрен оригинальный масс-спектрограф с электростатическим цилиндрическим конденсатором и магнитом с секторным углом $\sim 50^\circ$ и криволинейной выходной границей. Его характеристики в большей степени отвечают требованиям портативности, чем в приборах, собранных по схеме Маттауха-Герцога. К недостаткам следует отнести отсутствие фокусировки пучка в перпендикулярном полюсникам магнита направлении и, как следствие, невысокую чувствительность прибора, что устраняется заменой цилиндрического дефлектора сферическим и изменением угла падения частиц на входную границу магнита.

Для проведения быстрых параллельно-последовательных измерений химических соединений предложен оригинальный многоканальный линейный сегментный детектор, состоящий из электростатического фильтра, шевронной сборки микроканальных пластин (МКП) и коллектора (рис.1). Весь масс-спектр в процессе анализа отображается одновременно в фокальной плоскости масс-спектрографа, где с помощью электростатического фильтра производится отбор ионов определённой массы, проходящих на МКП. Регистрирующая часть детектора разделена на сегменты, каждый из которых содержит свой датчик, состоящий из шевронной сборки МКП и коллектора.

Сегмент охватывает часть общего диапазона масс прибора. В пределах каждого поддиапазона детекторы работают независимо и одновременно, причем сканирование поддиапазонов масс проводится в произвольном порядке за счёт подачи рассеивающих потенциалов на электроды электростатического фильтра. Выбранный режим поддерживается программным обеспечением, которое контролирует величины потенциалов, обеспечивающих селективное прохождение ионов или групп ионов через фокальную плоскость масс-спектрометра к детектору. Такой режим легко реализуется благодаря значительной дисперсии, обеспечиваемой масс-анализатором в области тяжелых масс ионов. Возможность или запрет прохождения ионов на детектор определяется присутствием или отсутствием потенциала на соответствующем электроде электростатического фильтра. Плотность расположения таких электродов в фокальной плоскости должна превышать плотность пиков в спектре масс, с целью поддержания разрешающей способности инструмента.

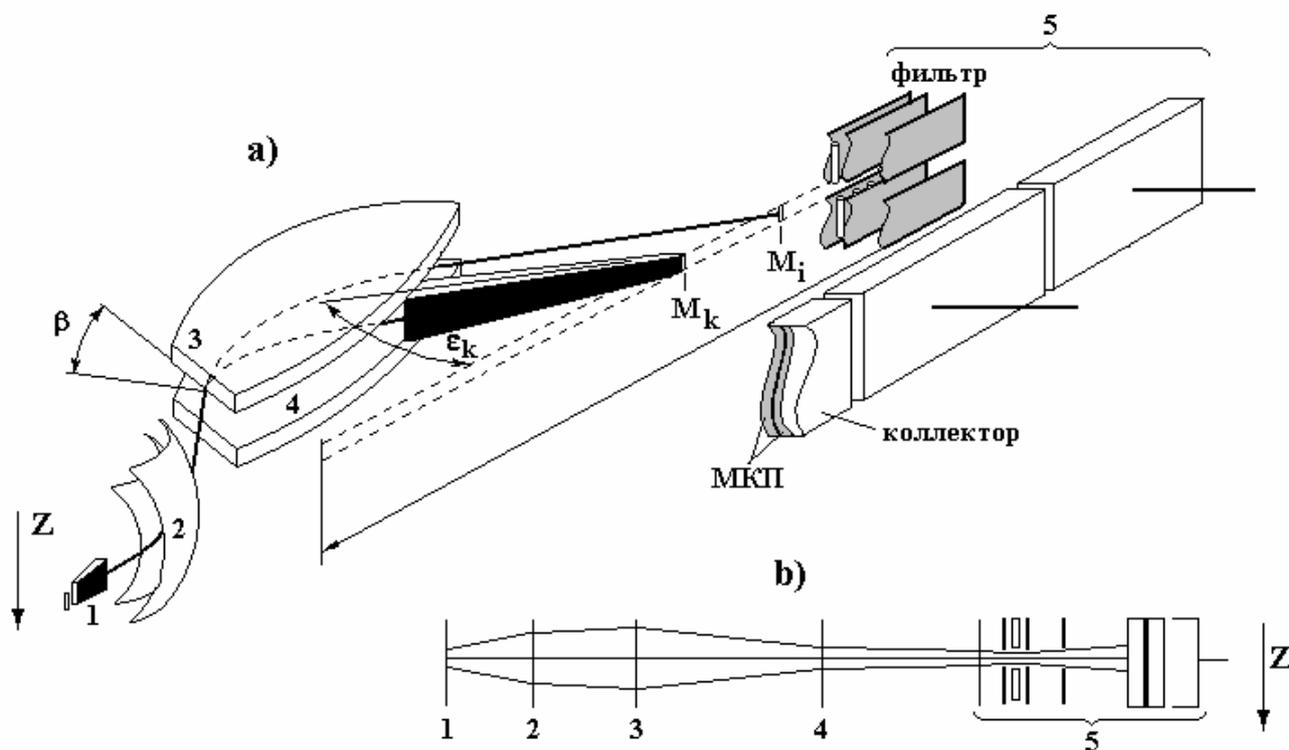


Рис.1. Схема масс-спектрометра с z-фокусировкой.

а) – общий вид схемы, б) – сечение пучка ионов в z-направлении

1 - ионный источник, 2 - электростатический конденсатор (средний радиус 60 мм, секторный угол 60°), 3, 4 - магнитная система (угол входа $\beta = 45^\circ$, секторный угол γ от 55° до 90°), 5 - детектор: электростатический фильтр, шевронная сборка микроканальных пластин с коллектором (угол входа ϵ от 30° до 90°).

Проведены расчет, численное моделирование (с использованием программы SIMION 7) и выбор параметров электростатического фильтра детектирующей системы. Результаты расчета показывают, что электростатический фильтр, оснащенный системой электродов, параметры и расположение которых определены для каждого поддиапазона, позволяет обеспечить регулируемое пространственное разделение ионов различных масс и эффективный сбор ионов на выходе масс-анализатора.

Ведется подготовка экспериментального образца.

ЛИТЕРАТУРА:

1. E.R.Badman, R.G.Cooks // J.Mass Spectrometry.2000. 35. 659.
2. A.O.Nier // Intern.J. of Mass Spectr. and Ion Proc. 1985. 66. 55.
3. J.H.Hoffman, et al.IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing // GE-18. No.1. Jan.1980.
4. Kogan V.T., et al. // FACT.1997.1(6). 331.
5. Mattauch J., Herzog R. // Z.Phys. 1934. Bd.89. 786.
6. M.P.Sinha, et al. // Int.J.Mass Spectr. 1998. 176. 99.
7. V.T.Kogan, et al. // Tech. Phys. 2001. 46(4). 492.

