

Д.Д. ОДИНЦОВ, С.С. ПОТЕШИН

Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

МНОГООБОРОТНЫЙ ВРЕМЯПРОЛЕТНЫЙ СЕКТОРНЫЙ МАСС-АНАЛИЗАТОР

Рассчитан и сконструирован многооборотный времяпролетный масс-анализатор (TOF-MA) на основе цилиндрических электростатических секторов, в котором достигается пространственная и временная фокусировка до 2-ого порядка включительно. Полученные данные входе испытаний экспериментального образца подтверждают расчётные характеристики МА такие как: высокое пропускание, чувствительность к малым количествам анализируемого вещества и разрешающая способность на уровне 23000.

D.D. ODINTSOV, S.S. POTESHIN

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

MULTI-TURN TIME-OF-FLIGHT SECTOR MASS ANALYZER

A multi-turn time-of-flight mass analyzer (TOF-MA) based on cylindrical electrostatic sectors was designed and constructed. It achieves spatial and temporal focusing up to the second order. The data obtained during testing of the experimental prototype confirm the calculated characteristics of the MA, including high transmittance, sensitivity to small amounts of the analyzed substance, and a resolving power of 23,000.

В последнее время времяпролетные масс-анализаторы высокого разрешения (HR TOF-MA) интенсивно развиваются[1]. Для их разработки требуется инструментарий, обеспечивающий очень точный расчёт траекторий ионов в электрических полях. Была поставлена следующая задача: разработать TOF-MA на основе секторных электростатических полей, имеющий малые габариты, высокое пропускание и разрешающую способность на уровне 20000-50000.

Для решения этой задачи была реализована программа расчёта, названная SEMAP (Sector Electrostatic Mass Analyzer Program) [2]. В её основу положен метод абберационных разложений [3]. Программа позволяет рассчитывать трансфер матрицы для аппроксимации третьего порядка для цилиндрических электростатических секторов, дрейфовых пространств и их комбинаций. Также в программе реализована возможность поиска оптимальных геометрий масс-анализатора с использованием генетических алгоритмов.

С помощью SEMAP были найдены несколько вариантов подходящих геометрий МА. Одна из них была положена в основу экспериментального образца. Абберационный предел разрешающей способности для выбранной геометрии составил 40000, габариты экспериментального МА составили 700x300x320 мм.

Спроектированный МА был включён в состав масс-спектрометра. В качестве источника ионов использовался электроспрей. Были получены спектры для четвертичных аммониевых солей (m/z основного пика 186.22, 242.28, 298.35). Разрешающая способность на полувысоте составила порядка 23000. Измерения ионного тока на входе в МА и на детекторе позволяют говорить о пропускании на уровне 80%.

Также были получены спектры для резерпина разной концентрации (от 100 нг/мл до 1 нг/мл). Для концентрации 1 нг/мл соотношение сигнал/шум составляет 10:1, что демонстрирует высокую чувствительность прибора.

Полученные данные входе испытаний экспериментального образца подтверждают расчётные характеристики МА. Дальнейшее улучшение ортогонального ввода и системы накопления ионов перед вводом в МА могут увеличить разрешающую способность и чувствительность прибора.

Список литературы

1. A. N. Verenchikov, V. V. Makarov, A. V. Vorobyev, and S. N. Kirillov, "A Perspective of Multi-Reflecting TOF MS," *Mass Spectrom Rev*, Nov. 2024, doi: 10.1002/mas.21915.
2. D. D. Odintsov and S. S. Poteshin, "Comparison of the results of the aberration approach for the calculation of electrostatic TOF mass analyzers with simulation in SIMION," *Int J Mass Spectrom*, vol. 519, p. 117526, Jan. 2026, doi: 10.1016/j.ijms.2025.117526.
3. M. Yavor, "Chapter 2 Language of Aberration Expansions in Charged Particle Optics," vol. 157, 2009, pp. 33–93. doi: 10.1016/S1076-5670(09)01602-4.