

## Термоионизационная масс-спектрометрия

Phoenix, IsotopX, Англия



Термоэмиссионный масс-спектрометр для сверхточного изотопного анализа. Прибор отличается высокой стабильностью, гибкостью настроек и фокусировки ионно-оптического тракта. Высокотехнологические разработки, заложенные в приборе, делают Phoenix незаменимым при выполнении изотопных анализов в геохронологии, изотопной геохимии и многочисленных применениях в Атомной промышленности.

Его история начинается с первого серийного прибора TIMS, который был выпущен компанией VG Micromass в 1974 году. Phoenix на сегодняшний день является самым высокотехнологичным прибором на рынке ТИМС, оснащенным патентованными усилителями АТОНА последнего поколения. Прибор позволяет определять отношения изотопов в диапазоне масс до 325 а.е.м. в обеих полярностях. А при переключении на отрицательно заряженные ионы с подачей кислорода, для формирования оксидов анализируемых элементов, что расширяет возможности термоионизационного метода.

Изотопическая чувствительность прибора по Урану-238  $\pm 1$  а.е.м. менее 2 ppm, а при использовании дополнительных опций (WARP) снижается до 20 ppb.

### Отличительные особенности

- Установка до 9 коллекторов Фарадея с индивидуальными моторами в стандартной комплектации, и возможность добавить, до 6 детекторов MIC (multiplier ion counters (Channeltron) счетчик ионов), все индивидуально управляются.
- Детектора Фарадея с длительным сроком службы в 10 лет без необходимости их замены.
- Большой радиус электромагнита для оптимальных параметров разрешения, стабильности и транспортирования ионов.
- Расширенная геометрия позволят также определять  $UO_2^+$ .
- Высокопроизводительный турбомолекулярный насос Pfeiffer HiPace 700 обеспечивает быструю откачку прибора и высочайший вакуум.

- Камера источника ионов изготовлена из нержавеющей стали и имеет порты для подключения опций: предварительный нагрев катодов, криогенный насос и напуск кислорода.
- Высокопроизводительные ионгетерные насосы обеспечивают высокий вакуум и как следствие изотопическую чувствительность.
- Опционально устанавливаемый турбомолекулярный насос Pfeiffer HiPace 300.
- Барабан на 20 позиций для катодов (расширяемый до 40 опционально), расположенных перпендикулярно оптическому пути, что обеспечивает минимальную возможность перекрестного загрязнения образцов.
- Продольный детектор Daly обеспечивает наибольший динамический диапазон счета ионов.
- Опционально устанавливаемый детектор - электронный умножитель (Secondary Electron Multiplier).
- Мощное и гибкое программное обеспечение для создания собственных методик.
- Возможность полной интеграции в сеть для удаленного управления прибором
- Опционально устанавливается **замедляющий фильтр с широкой апертурой (WARP)** за набором чашек Фарадея. Он действует как потенциальный барьер, позволяя пройти только ионам с определенной энергией. Малая доля (<0,001%) ионов, потерявших свою энергию (из-за столкновений с молекулами газа в вакууме анализатора), не пропускается в коллектор, что резко повышает изотопическую чувствительность.

#### Технические характеристики

Диапазон масс	до 325 m/z на крайнем детекторе
Откачка источника ионов	до $2 \times 10^{-7}$ мбар за 30 минут, и $5 \times 10^{-8}$ мбар за 1 час
Рабочий вакуум в источнике ионов	< $1 \times 10^{-8}$ мбар при использовании криогенного насоса, и < $5 \times 10^{-8}$ мбар без
Барабан на 20 позиций	
9 коллекторов Фарадея	с индивидуальными моторами
до 6 детекторов MIC	опционально
Разрешение	M/ΔM > 450
Плоскость пика на детекторе Фарадея	±100ppm в диапазоне масс 480 ppm
Resistor decay	<5ppm of the peak in 2 seconds
Стабильность позиционирования пика	<±25 ppm от заданной массы в течение 30 минут
Шум коллекторов фарадея	< $2 \times 10^{-16}$ А для интеграций 30 по 5 секунд
Стабильность усилителей	<5ppm за 5 часов
Плоскость пика детектора Daly	±1000 ppm для диапазона 300 ppm от массы
Шум детектора Daly	<10 счетов в минуту
Линейность детектора Daly	<0.15% для диапазона $1 \times 10^3$ - $2 \times 10^3$ cps
Стабильность усилителей для Фарадея/Daly	<0.1% 1 RSD за 30 минут
Изотопическая чувствительность	<2ppm на массе $^{237}\text{U}$ относительно $^{238}\text{U}$
Изотопическая чувствительность (WARP)	<0.02ppm (20ppb) на массе $^{237}\text{U}$ относительно $^{238}\text{U}$

#### Дополнительные аналитические характеристики

Точность (precision) по стронцию **Sr**- 200 нг нанесено на катод, стандарт NBS 987

Внутренняя:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  < 5 мг 1 RSE

Внешняя:  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  < 5 мг 1 RSD

Погрешность (Accuracy):  $0.710248 \pm 30$  ppm для 8 из 10 катодов

Точность (precision) по неодиму **Nd** - 400 нг нанесено на катод, стандарт JNd-I

Внутренняя:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} < 5$  мг 1 RSE

Внешняя:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} < 5$  мг 1 RSD

Погрешность (Accuracy):  $0.512104 \pm 20$  ppm для 8 из 10 катодов

Уран с детектором Фарадея

Автоматический режим, статический – 2 мкг стандарта U500

Внутренняя точность (precision):  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0.002\%$  (1 SE)

Внешняя точность (precision):  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0.05\%$  (1 RSD)

Для 7 из 8 катодов

Погрешность (Accuracy)  $< 0,1\%$  с учетом коэффициента фракционирования. Коэффициент фракционирования, получен из измерения стандарта U500.

Уран с детектором Фарадея

Автоматический режим, статический – 2 мкг стандарта U010

Внутренняя точность (precision):  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0.01\%$  (1 SE)

Внешняя точность (precision):  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0.05\%$  (1 RSD)

Для 7 из 8 катодов

Погрешность (Accuracy)  $< 0,1\%$  с учетом коэффициента фракционирования. Коэффициент фракционирования, получен из измерения стандарта U500.

### Характеристики для детектора Daly (опция)

Детектор Фарадея/Daly - 2 мкг стандарта IRMM184, природный уран

Внешняя точность (precision)  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0.15\%$  1RSD для 8 из 10 катодов



## Дополнительное оборудование для работы

### DG60 – дегазатор для катодов

Не требует дополнительной мебели для размещения, располагается на полу.

Полностью управляется программным обеспечением и контролирует катоды на протяжении всего цикла дегазации, а программируемые методы делают дегазацию катодов такой же простой, как нажатие одной кнопки. Он способен дегазировать любые коммерчески доступные катоды и работает от универсального источника питания, поэтому трансформатор не требуется.

### Особенности:

- Дегазация до 60 катодов за цикл. Полностью под управлением ПО.
- Быстрая и чистая откачка за счет турбонасоса Pfeiffer Hi-Pace 300 в связке с диафрагменным насосом Pfeiffer.
- Корпус выполнен из нержавеющей стали с вмонтированным смотровым окном
- Достижимый вакуум до  $10^{-8}$  mbar.
- Загрузка и выгрузка катодов не требует дополнительного инструмента.
- Минимальное взаимное загрязнение образцов дополнительно обеспечивается за счет автоматического управления и выполнения блока дегазации в отдельном корпусе.
- Универсальный источник питания 110В – 240В при 50-60Гц, трансформатор не требуется.
- Каждый запуск хранится в журнале, что позволяет пользователю проверить прошлые процессы дегазации.