

# Масс-спектрометрия ВТОРИЧНЫХ ИОНОВ

# Масс-спектрометрия вторичных ИОНОВ

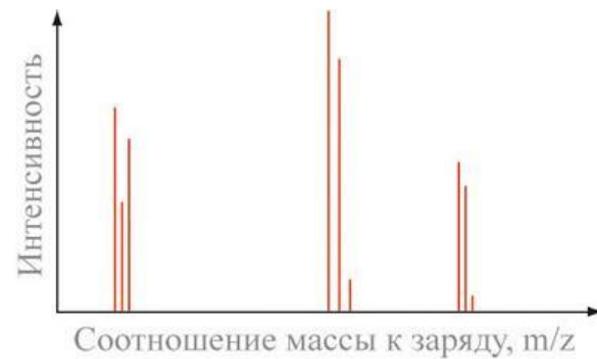
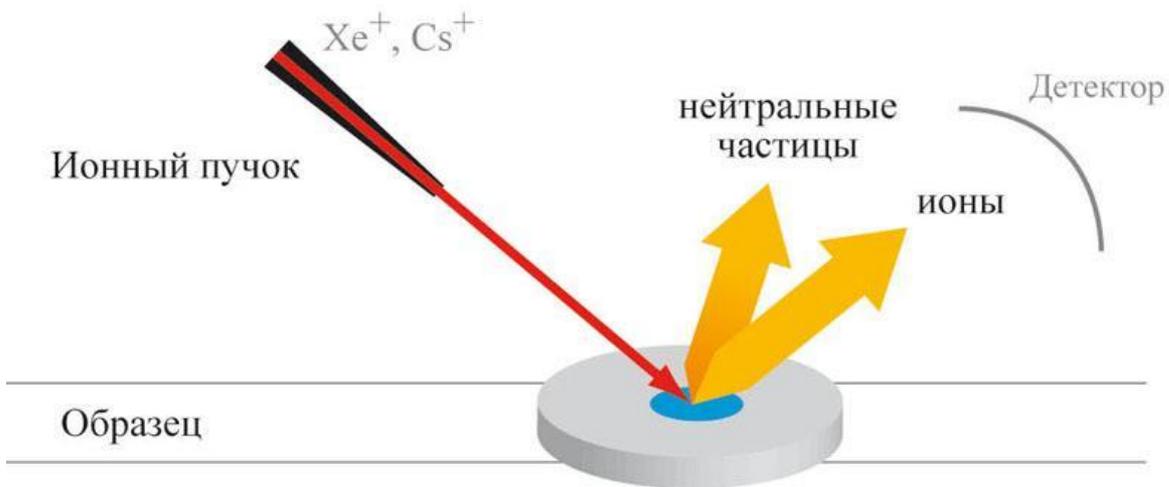
Это деструктивный метод химического анализа поверхности, основанный на ионизации молекулярных или атомных монослоев посредством бомбардировки вещества сфокусированным пучком ионов ( $\text{Xe}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Ga}^+$  и др.) с энергией до нескольких кэВ.

# Описание

- **Описание**
- При бомбардировке поверхности вещества ионами, которые называют первичными, с кинетической энергией несколько кэВ происходит десорбция как нейтральных частиц, так и их ионов (см. рис.). В качестве бомбардирующих поверхность первичных ионов используют ионы инертных газов ( $\text{Ar}^+$ ,  $\text{Xe}^+$ ), кислорода ( $\text{O}_2^+$ ,  $\text{O}^-$ ), а также металлов ( $\text{Ga}^+$ ,  $\text{In}^+$ ,  $\text{Bi}^+$ ,  $\text{Cs}^+$  и др.). Образуемые при десорбции ионы называют вторичными, регистрируемый масс-спектр которых дает информацию о химическом составе поверхности анализируемого материала.

- Выход вторичных ионов в [масс-спектрометр](#) зависит от целого ряда факторов: массы первичных ионов, угла падения пучка на поверхность, угла приема выбитых ионов и состава поверхности материала. Чтобы гарантировать максимальную степень ионизации выбитых нейтральных атомов, на образец направляют пучок низкоэнергетических ионов, движущихся в цилиндрически симметричном магнитном поле. Для количественного анализа строят калибровочные кривые, поскольку коэффициент выхода вторичных ионов зависит от химического состава поверхностного слоя. Например, при одинаковых условиях выход ионов меди из алюминиевого сплава, содержащего 2% меди, превышает их выход из чистой меди.

- Различают три типа МСВИ:
- — статический (элементный анализ поверхностного монослоя);
- — динамический (определение элементного состава нескольких слоев как функции глубины);
- — МСВИ-изображение (сочетание двух предыдущих подходов, позволяющее установить соотношения между химическим составом и морфологией поверхности). Современные методы МСВИ с применением системы фокусировок и использованием  $Ga^+$  в качестве ионного пучка позволяют достичь разрешения 50–60 нм.
- Масс-спектрометрия вторичных ионов имеет гораздо большую чувствительность по сравнению с другими методами химического анализа поверхности (рентгеновским микроанализом, [оже-спектроскопией](#)), что позволяет обнаружить примеси или допирующие добавки с концентрацией порядка нескольких промиллей.
- С другой стороны, у этого метода есть недостатки: метод является деструктивным, поскольку с поверхности последовательно удаляются атомные слои; существует проблема в калибровке МСВИ масс-спектрометра, так как выход определенного иона ощутимо зависит от концентрации других элементов. Кроме того, для расшифровки спектра требуется знать изотопный состав и заряд образующихся ионов.
- МСВИ как метод поверхностного анализа находит свое применение в работе с полимерными материалами (определение состава олигомеров и структуры мономерных звеньев, выявление добавок), а также металлами, стеклом, бумагой, [полупроводниковыми](#) материалами, лекарственными средствами, биоматериалами, красками и покрытиями на разнообразных [подложках](#).



# Масс-спектрометр

- **масс-спектрометр** (англ. [mass spectrometer](#)) — прибор для определения отношения массы к заряду  $m/z$  и относительного количества ионов, получаемых при ионизации исследуемого вещества.
- Масс-спектрометры состоят из системы ввода пробы, ионного источника, разделительного устройства (масс-анализатора), детектора (приемника ионов), вакуумных насосов, обеспечивающих достаточно глубокий вакуум во всей вакуумной системе прибора, и системы управления и обработки данных. Ионный источник предназначен для формирования ионов исследуемого вещества и создания ионного пучка, который направляется далее в масс-анализатор. Масс-анализатор — устройство для пространственного или временного разделения ионов с различными значениями  $m/z$  в магнитных или электрических полях или их комбинациях. На выходе прибора помещают приемник — детектор ионов, регистрация ионов осуществляется, как правило, электрическими методами.

