



# РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИКРО- И НАНОАНАЛИЗА ОТ АМЕТЕК AMETEK SOLUTIONS FOR MICRO- AND NANOANALYTICS

В конце марта в Москве состоялся семинар, посвященный решениям компании Ametek для анализа и исследования материалов в различных областях промышленности и науки. В ходе семинара специалисты Ametek и партнерских компаний рассказали об оборудовании и технологиях микро- и наноанализа, а также эффективных способах их практического применения.

At the end of March, Moscow hosted a seminar dedicated to the Ametek solutions for the analysis and research of materials in various fields of industry and science. During the seminar, the experts of Ametek and partner companies presented equipment and technologies for micro- and nanoanalytics, as well as the effective methods of their practical application.

**A**metek – крупная промышленная группа со штаб-квартирой в США, специализирующаяся в области электронных приборов и электромеханических систем. В структуру корпорации входит более 150 производственных предприятий в различных странах мира, а общее число сотрудников превышает 15 тыс. человек. В 2015 году объем продаж Ametek составил около 4 млрд. долл. США. Одним из важных направлений бизнеса являются решения для анализа материалов, которыми занимается подразделение Materials Analysis Division, объединяющее несколько компаний.

## ПРИБОРЫ САМЕСА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО МИКРО- И НАНОАНАЛИЗА

Игорь Федик, официальный представитель Ametek в России и странах СНГ, представил решения Cameca для элементного микробио- и наноанализа. Cameca – французская фирма с 87-летней историей, штаб-квартира и производство которой находится в Женвилье, рядом с Парижем. В 2007 году Cameca была куплена корпорацией Ametek и включена в подразделение Materials Analysis Division.

Cameca фокусируется на развитии следующих аналитических методов:

- SIMS (Secondary-ion mass spectrometry) – масс-спектрометрия вторичных ионов (вторичная ионная масс-спектрометрия);
- APT (Atom probe tomography) – атомно-зондовая томография;
- EPMA (Electron probe micro-analysis) – электронно-зондовый микронализ.

Метод SIMS компания Cameca развивает с 1960-х годов, являясь одним из лидеров в данной области. SIMS используется в исследованиях поверхности твердых тел и основан на облучении образца

пучком первичных ионов с последующим масс-спектрометрическим анализом потока вторичных ионов. Измерения проводятся в условиях высокого вакуума. Метод позволяет определять элементный, изотопный и молекулярный состав поверхности. К преимуществам SIMS относятся возможность анализа любых твердых веществ без специальной пробоподготовки и высочайшая чувствительность.

Уникальной разработкой Cameca является прибор NanoSIMS 50L, который имеет пространственное разрешение до 50 нм и оснащается многоканальным магнитно-секторным масс-анализатором, параллельно определяющим до семи элементов. Применение соосной ионной оптики обеспечивает меньший диаметр пучка при большей эффективности сбора вторичных ионов, а также минимизацию эффекта затенения на поверхностях с выраженной топологией. NanoSIMS 50L успешно используется в материаловедении, геологии, химии, биологии и других областях исследований.

Метод APT предназначен для химического анализа твердых материалов с разрешением близким к атомарному. Метод основан на послойном распылении образца в форме иглы с последующим масс-спектрометрическим анализом вылетающих ионов и детектированием местоположения их вылета. На основе полученной информации создается трехмерное изображение образца. APT позволяет одновременно проводить структурный и количественный анализ образца. Новой разработкой Cameca в этой области является система LEAP 5000, позволяющая с субнанометровым разрешением выполнять 3D-картирование широкого спектра металлов, полупроводников и диэлектриков. Эффективность детектирования достигает 80%



при возможности мониторинга в реальном времени.

ЕРМА – неразрушающий метод качественного и количественного анализа микрообъемов поверхности вещества. ЕРМА предполагает облучение образца электронным пучком и анализ возбужденного вторичного рентгеновского излучения методом дисперсионной рентгеновской спектроскопии по длине волны.

Самеса стала одним из пионеров в развитии ЕРМА, создав первый прибор еще в 1950-х годах. В настоящее время компания выпускает уже пятое поколение электронно-зондовых микронализаторов в двух модификациях: SXFive и SXFiveFE. Если SXFive оснащается универсальной электронной пушкой, совместимой с источниками W и LaB<sub>6</sub>, то SXFiveFE комплектуется автоэмиссионным катодом Шоттки для рентгеновского картирования при максимальном пространственном разрешении.

### **ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ МИКРОАНАЛИЗА EDAX**

Компания Edax со штаб-квартирой в Махва (штат Нью-Джерси, США) была приобретена корпорацией Ametek в 2001 году. Edax специализируется на производстве систем микроанализа для электронной сканирующей и просвечивающей микроскопии, а также разработке специализированного программного обеспечения как для классического анализа и визуализации, так и для специализированных задач.

Компания выпускает системы для трех методов микроанализа:

- EDS (Energy-dispersive x-ray spectroscopy) – энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия (ЭДС);
- EBSD (Electron backscattered diffraction) – дифракция отраженных электронов (ДОЭ);
- WDS (Wavelength Dispersive X-ray Spectroscopy) – волно-дисперсионная рентгеновская спектроскопия (ДРСДВ).

Метод EDS прост в использовании и дает возможность быстро определять качественный и количественный состав образца, с одновременным построением карты распределения всех элементов. В то же время метод характеризуется низким спектральным разрешением и низкой чувствительностью. Детекторы EDS серии Octane предназначены для сканирующих и просвечивающих электронных микроскопов. Усовершенствованная электронника позволила в три раза повысить эффективность обработки сигнала по сравнению с аналогами. Серия

Octane включает четыре модели для различных областей применения: от стандартных задач до специальных приложений, например четырехмерного анализа.

Детекторы EBSD применяются в растровых электронных микроскопах, обеспечивая комплексный анализ микроструктуры кристаллических материалов, например при исследовании деформации или эволюции субзеренных структур. Выпускаются две модели EBSD-камер: DigiView и Hikari XP. Скорость сбора данных достигает 1000 проиндексированных точек в секунду, причем при токе пучка до 100 пА и ускоряющем напряжении до 5 кэВ обеспечивается 99% успешной индексации. Погрешность измерений ориентации не превышает 0,1°.

Метод WDS эффективно дополняет EDS, улучшая разрешение и повышая чувствительность анализа твердого вещества. Данная методика базируется на анализе максимумов по их расположению (длине волны эмиссии) и интенсивности рентгеновского спектра. С помощью WDS можно количественно и качественно определить элементы в исследуемом материале, начиная с бериллия (атомный номер – 4). Нижняя граница детекции наличия элемента при этом составляет 0,01 весового процента, то есть от 10<sup>-14</sup> до 10<sup>-15</sup> г.

WDS и EDS могут применяться для идентификации примесей в полупроводниках и сплавах, количественного анализа в фармацевтике, контроля качества инструментов и оптических покрытий. Edax выпускает два типа WDX-спектрометров: системы низко-энергетической рентгеновской спектрометрии (LEXS), которые оптимальны при ускоряющих напряжениях до 5 кэВ, и рентгеновской спектрометрии переходных элементов (TEXS) для напряжений от 150 эВ до 10 кэВ. Спектрометры оснащаются рентгеновской оптикой для работы с параллельными пучками излучения.

На базе указанных типов детекторов разработаны комплексные системы анализа: Pegasus (EDS/EBSD), Neptune (EDS/WDS) и Trident (EDS/EBSD/WDS).

Также Edax выпускает микро-рентгенофлуоресцентный спектрометр ORBIS Micro-XRF для неразрушающего элементного анализа. Прибор оснащен цифровым микроскопом, рентгеновской трубкой мощностью 50 Вт, моно- или поликапиллярной рентгеновской оптикой. Наличие капиллярной оптики позволяет проводить как



элементный анализ на образцах малого размера (частицы, отдельные детали и включения), так и автоматический многоточечный анализ больших образцов с разрешением десятки / сотни микрон. Рентгено-флуоресцентный микроанализ идеально подходит для таких приложений как судебная экспертиза, промышленный контроль качества, неразрушающий контроль различных материалов и электроники, а также анализ геологических образцов.

## **РАДИАЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ORTEC SCIENTIFIC INSTRUMENTS (OSI)**

Иван Бредихин, официальный представитель Ortec в России, СНГ и Восточной Европе, рассказал о радиационных детекторах. Головной офис и производство компании находятся в США. Ortec разрабатывает радиационные детекторы, системы криоэлектронного охлаждения, электронную аппаратуру, прикладное программное обеспечение и интегрированные системы для различных областей промышленности, науки, образования:

- исследовательских задач альфа- и гамма-спектрометрии;
- обеспечения безопасности на атомных станциях;
- проведения учебного процесса;
- контроля окружающей среды (загрязнений почвы, водных ресурсов, атмосферы);
- контроля захоронений ядерных отходов;
- контроля нераспространения атомного оружия;
- таможенного контроля и систем безопасности;
- медицины и здравоохранения;
- безопасности потребительских товаров и продуктов питания.

Широкий спектр применений требует большой номенклатуры приборов, которая включает более 2000 наименований. Среди них гамма-спектрометры, альфа-спектрометры, альфа-бета радиометры, спектрометры идентификации человека (СИЧ), системы измерения ядерных отходов, портативные спектрометры и идентификаторы.

Ключевым продуктом Ortec являются сверхчувствительные детекторы из особо чистого германия (ОЧГ) для измерения мягкого и жесткого гаммаизлучения. Линейка детекторов р- и п-типов (GEM, GMX) включает все возможные геометрии и размеры кристаллов. Гарантированные энергетические разрешения от единиц до десятков тысяч кэВ при большом выборе опций и широте диапазона доступных эффективностей детекторов позволяет сконфигурировать системы для разных

задач: от измерений высокоактивных образцов до низкофоновых исследований в различных климатических условиях.

Для анализа альфа-излучения Ortec производит и поставляет как системы "под ключ", включающие детекторы заряженных частиц, многоканальные анализаторы, вакуумные камеры, системы удаления загрязнений, программное обеспечение, так и отдельные компоненты. Для измерения общей активности образцов в альфа- и бета-сигналах, без разделения на вклады от различных нуклидов, предлагаются радиометры с ручной (MPC-900) или автоматической (WPC-1050) подачей проб.

Спектрометры идентификации человека служат для обнаружения и количественного определения радиоактивного материала в теле человека, что является ключевым фактором оценки дозы, получаемой персоналом АЭС и сервисных организаций.

Ortec предлагает целый ряд аналитических систем, способных помочь в анализе и разделении радиоактивных отходов: ручные спектрометры TransSpec, мобильные комплексы IsoCart-85, а также ленточные конвейеры Auras 3000 для потокового анализа и разделения образцов.

Системы на базе портативных ОЧГ-идентификаторов Detective используются при проведении операций по пресечению незаконного оборота ядерных материалов, службами таможенного и пограничного контроля, МЧС, отделами внутренней и национальной безопасности, группами утилизации ядерного топлива. Для таможенных нужд также используются порталевые пешеходные и автомобильные мониторы, разработанные для первичного и вторичного скрининга излучения транспортных средств и контейнеров. Также широко применяются комплексы анализа взрывчатых веществ - в мире установлено уже более 1200 таких систем.

Помимо упомянутых направлений, в исследовательских и образовательных учреждениях находят применение инструментальные модули для измерения времени жизни позитронов, обработки импульсных сигналов, подсчета импульсов, а также системы многоканального анализа.

Ortec предлагает множество решений для контроля и улучшения качества жизни населения. Например, в экологических исследованиях применяются системы анализа  $C^{14}$  или Т (тритий), при контроле качества еды - системы быстрого скрининга пищевых продуктов FoodGuard. ■