
**СПЕКТРОМЕТРЫ ЭЛЕКТРОННЫЕ
ЭС2403**

**Внесены
в Государственный
реестр
под № 11983—89**

Утверждены Государственным комитетом СССР по управлению качеством продукции и стандартам 12 сентября 1989 г.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Спектрометры электронные ЭС2403 предназначены для исследования твердых веществ на основе энергетического анализа электронов, освобожденных из атомов и молекул под воздействием рентгеновского излучения, вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения или электронного пучка; выпускаются по ГЗ.394.510 ТУ.

Спектрометры являются лабораторными приборами для научных исследований и найдут широкое применение в научно-исследовательских работах в области физики твердого тела и тонких пленок, физической электроники, микроэлектроники и полупроводниковой техники, материаловедения и др.

ОПИСАНИЕ

Спектрометр обеспечивает возможность изучения элементного состава твердых тел, исследования распределения элементов по поверхности образца, адсорбции газов и паров на поверхности твердых тел, изучения явлений катализа, коррозии и др.

Действие спектрометра основано на пространственном разделении в электростатическом поле полусферического энергоанализатора электронов, освобождаемых из атомов и молекул твердых тел под воздействием рентгеновского излучения, вакуумного ультрафиолетового излучения или электронного пучка, а также при пространственном разделении в электростатическом поле дифрактометра медленных электронов, отраженных от поверхности образца.

На исследуемый образец, закрепленный в держателе механизма перемещения пробы аналитической камеры, направляется поток ионизирующего излучения от одного из источников возбуждения: источника рентгеновского излучения, ис-

точника вакуумного ультрафиолетового излучения или растровой электронной пушки.

При взаимодействии образца с излучением (рентгеновским или вакуумным ультрафиолетовым) атомы вещества поглощают фотоны, в результате чего со всех атомных уровней, на которых энергия связи $E_{\text{св}}$ меньше энергии фотонов $h\nu$, возбуждаются электроны. В соответствии с законом сохранения энергии $E_{\text{к}} = h\nu - E_{\text{св}}$, где $E_{\text{к}}$ — кинетическая энергия электрона.

При работе с источником рентгеновского излучения значение $h\nu$, как правило, достаточно для возбуждения электронов с различных уровней (вплоть до К-оболочек), поэтому, измерив $E_{\text{к}}$, можно определить энергию связи электрона на том или ином уровне, то есть провести идентификацию элементов, находящихся на поверхности образца.

При работе с источником вакуумного ультрафиолетового излучения, когда значение $h\nu$ не превышает несколько десятков электронвольт, электроны эмитируются в основном из валентной зоны, поэтому измерение $E_{\text{к}}$ дает информацию о зонной структуре твердых тел.

При взаимодействии образца с электронным пучком электроны эмитируются в процессе безызлучательного перехода атомов вещества из возбужденного состояния, возникшего в результате бомбардировки поверхности, в основное состояние. При этом кинетическая энергия эмитируемых электронов, называемых Оже-электронами, не зависит от энергии возбуждающего излучения и является характеристикой атомов поверхности и их химического окружения: $E_{\text{к}} = E_{\text{Оже}}$.

Следовательно, основной задачей электронного спектрометра является измерение кинетических энергий электронов, эмитируемых поверхностью твердого тела под воздействием излучения.

Электроны поступают в электронно-оптическую линзу, которая фокусирует их на входную щель энергоанализатора. Пройдя входную щель энергоанализатора, электроны попадают в межэлектродное пространство энергоанализатора, где происходит пространственное разделение электронов по энергиям. Электрическое поле разделяет электроны с разной энергией. Электроны одной и той же энергии, входящие в энергоанализатор под разными углами, фокусируются на выходной щели.

Энергоанализатор может быть настроен на два режима работы: режим постоянного относительного разрешения ($\Delta E/E = \text{const}$); режим постоянного абсолютного разрешения ($\Delta E = \text{const}$).

Электроны выделенных энергий через выходную щель энергоанализатора поступают в каналный электронный умножитель, представляющий собой устройство с непрерывной диодной поверхностью. Далее возможны два режима прохождения сигнала — режим синхронного детектирования и режим счета частиц.

Для получения изображения поверхности образца во вторичных или поглощенных электронах электрический сигнал от образца или коллектора электронного умножителя ВЭУ-2А подается через видеоусилители на видеоконтрольное устройство.

Для получения картин дифракции медленных электронов образец с помощью механизма перемещения устанавливается в фокусе дифрактометра медленных электронов и облучается электронным пучком. Отраженные от образца электроны проходят сквозь сетки дифрактометра и, ускорившись в электрическом поле коллектора, высвечивают на нем дифракционную картину, которую можно наблюдать или фотографировать через смотровое окно аналитической камеры. При использовании дифрактометра медленных электронов в качестве энергоанализатора Оже-электроны, испускаемые образцом под действием первичного электронного пучка, проходят задерживающее поле, создаваемое между сетками дифрактометра, и достигают коллектора. Электрический сигнал с коллектора после усиления и синхронного детектирования отображается в виде электронного спектра на экране устройства отображения.

Спектрометр состоит из стойки аналитической, стойки контроля, стойки питания и системы управления. Все стойки и система управления соединены между собой жгутами.

В стойке аналитической осуществляются физические процессы, определяющие действие электронного спектрометра. Она содержит систему ввода пробы в аналитическую камеру, сообщающуюся через проходной клапан, а также систему вакуумной откачки.

Система ввода пробы содержит шлюзовое и кассетное устройства, позволяющие производить ввод исследуемых образцов в спектрометр из атмосферы и установку пяти образцов на кассете без нарушения вакуума. Специальный механизм перемещения обеспечивает транспортировку снятого с кассеты образца в аналитическую камеру и передачу его на манипулятор. Система ввода пробы оснащена ионной пушкой для травления образца и устройством нагрева.

На аналитической камере установлены энергоанализатор с электронным умножителем, источники возбуждения, манипулятор, дифрактометр медленных электронов, умножитель для отраженных электронов и смотровые окна. В аналитической камере образец может быть подвергнут нагреву или охлаждению жидким азотом.

Система вакуумной откачки выполнена на базе диффузионных паромасляных насосов и ионно-сорбционных насосов и обеспечивает предельное остаточное давление в камерах спектрометра порядка $1,5 \cdot 10^{-8}$ Па.

Стойка контроля предназначена для включения и распределения силового питания по другим стойкам спектрометра, для подачи питающего напряжения на узлы вакуумной системы и для контроля остаточного давления в аналитической стойке. Она содержит блок управления элементами вакуумной системы, измерительные блоки давления и блоки питания ионно-сорбционных насосов.

Стойка питания предназначена для формирования высокостабильных напряжений и токов, необходимых для питания устройств аналитической стойки, а также для выделения сигнала тока поглощенных и вторичных электронов. Она содержит блоки управления и питания источников возбуждения и дифрактометра медленных электронов, синхронный усилитель, генератор растровый развертки, видеоусилители и предварительные усилители, пульт, а также видеоконтрольное устройство, на которое выводится изображение поверхности образца в поглощенных и вторичных электронах.

Система управления предназначена для управления потенциалами энергоанализирующей системы, регистрации и вторичной обработки полученной информации в диалоговом режиме. Она построена на базе диалого-вычислительного комплекса ДВК-3 и содержит стойку управления, в которую входит система питания энергоанализатора, устройство графического отображения, пульт управления, устройство вычислительное дополнительное и графопостроитель Н-307, стол оператора и стойку отображения.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Предельное разрешение, определяемое по ширине $3d_{5/2}$ пика серебра на его полувысоте при возбуждении рентгеновским излучением $MgK\alpha$ не более 0,9 эВ.

Интенсивность выходного сигнала для $3d_{5/2}$ пика серебра при возбуждении рентгеновским излучением не менее $1 \cdot 10^5$ имп/с.

Отношение сигнал-фон для $3d_{5/2}$ пика серебра при возбуждении рентгеновским излучением не менее 30:1.

Пределы допускаемых значений погрешности измерения энергии связи при возбуждении рентгеновским излучением $\pm 0,1$ эВ.

Интенсивность выходного сигнала для валентной полосы золота при возбуждении вакуумным ультрафиолетовым излучением не менее $6 \cdot 10^4$ имп/с.

Отношение сигнал-фон для валентной полосы золота при возбуждении вакуумным ультрафиолетовым излучением не менее 10^3 :1.

Пределы допускаемых значений погрешности измерения энергии связи при возбуждении вакуумным ультрафиолетовым излучением $\pm 0,03$ эВ.

Отношение сигнал-шум для Оже-пиков серебра при возбуждении электронным пучком не менее 100:1.

Пределы допускаемых значений погрешности измерения энергии Оже-электронов при возбуждении электронным пучком $\pm 0,3$ эВ.

Пространственное разрешение не более 5 мкм.

Диапазон измеряемых энергий электронов от 2,5 до 2500 эВ.

Предельное остаточное давление в камерах спектрометра (при неработающих источниках возбуждения) не более $1,5 \cdot 10^{-8}$ Па.

Электрическая мощность, потребляемая спектрометром в режиме измерения (без ЭВМ и вспомогательных устройств) 10 кВт·А.

Коэффициент технического использования спектрометров не менее 0,75.

Среднее время восстановления спектрометра не более 6 ч.

Средний срок службы спектрометра до списания не менее 10 лет.

Средний ресурс (ресурс) спектрометра до списания не менее 16000 ч.

Габаритные размеры основных частей спектрометра, мм: стойки аналитической 1775×1612×1033; стойки контроля 1800×588×750; стойки питания без видеоконтрольного устройства (ВКУ) 1800×580×750; системы управления в составе: стойки управления 1800×580×650; стола оператора (без видео-терминала) 700×740×800; стойки отображения (без ВКУ) 700×620×800.

Примечание. Габаритные размеры покупных комплектующих изделий — по стандартам и техническим условиям на них.

Масса 2500 кг.

КОМПЛЕКТНОСТЬ

В комплект поставки спектрометра ЭС 2403 входят: стойка питания; стойка контроля; стойка аналитическая; система управления; комплект монтажных частей; комплект запасных частей, инструмента и принадлежностей согласно ведомости; комплект эксплуатационных документов согласно ведомости.

ПОВЕРКА

Поверка спектрометра производится в соответствии с методикой поверки, входящей в комплект поставки.

Для поверки используются образцы серебра Ср999,9 по ГОСТ 6836—80 и золота Зл999,9 по ГОСТ 6835—80.

Испытания проводила государственная комиссия. Результаты испытаний рассматривало НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Изготовитель — НТО аналитического приборостроения АН СССР.