

сования конгломератов однодоменных частиц, а также для магн. записи информации.

Лит.: Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971; Браун У. Ф., Микромагнетизм, пер. с англ., М., 1979.

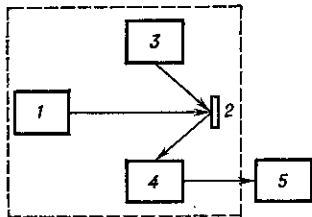
Б. Н. Филиппов.

ОДНООСНЫЕ КРИСТАЛЛЫ — кристаллы, в к-рых происходит двойное лучепреломление при всех направлениях падающего на них луча света, кроме одного, называемого оптической осью кристалла. См. Кристаллооптика.

ОЖЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ — область электронной спектроскопии, в основе к-рой лежат измерение энергии и интенсивностей токов оже-электронов, а также анализа формы линий спектров оже-электронов, эмитированных атомами, молекулами и твёрдыми телами в результате оже-эффекта. Энергия оже-электронов определяется природой испускающих их атомов и взаимодействием этих атомов с окружающими, что приводит к небольшим изменениям энергии оже-электронов. Поэтому по оже-спектрам можно определить элементный состав приповерхностных слоёв твёрдых тел, получать информацию о межатомных взаимодействиях, осуществлять хим. анализ газов. О.-с. газов используется также для исследования механизма оже-эффекта, основных и возбуждённых состояний дважды ионизов. атомов, разл. эффектов, связанных с процессом нач. возбуждения атома. Анализ элементного состава производится путём сопоставления оже-спектров с табличными данными. Расположение пика в энергетич. спектре оже-электронов несёт информацию о хим. природе атомов, его амплитуда — об их концентрации. Взаимодействия атома с его окружением проявляются в форме оже-пиков и их энергетич. сдвигах.

В О.-с. атомы возбуждают электронным, фотонным (рентгеновским) и ионным пучками, соответственно различают электронную (ЭОС), рентгеновскую (РОС) и ионную (ИОС) О.-с. Регистрация оже-спектров производится с помощью оже-спектрометров, близких по конструкции в случае ЭОС, РОС и ИОС (рис. 1). Исследуемый образец помещают в вакуумную (до 10^{-11} мм

рт. ст.) камеру и облучают пучками первичных частиц, источниками к-рых служат электронная пушка, рентг. трубка и ионная пушка; они должны обеспечивать потоки частиц, интенсивность к-рых достаточна для эмиссии оже-электронов в кол-ве, надёжно регистрируемом измерит. аппаратурой. Электронные и ионные пучки легко фокусируются, их можно развернуть в растр по поверхности образца (сканирующие оже-спектрометры), что позволяет изучать распределение на поверхности образца атомов разл. хим. элементов с высоким пространственным разрешением (~ 30 нм). Рентг. зонд имеет мин. диам. ~ 150 мкм, сканирующая РОС пока не используется.



рт. ст.) камеру и облучают пучками первичных частиц, источниками к-рых служат электронная пушка, рентг. трубка и ионная пушка; они должны обеспечивать потоки частиц, интенсивность к-рых достаточна для эмиссии оже-электронов в кол-ве, надёжно регистрируемом измерит. аппаратурой. Электронные и ионные пучки легко фокусируются, их можно развернуть в растр по поверхности образца (сканирующие оже-спектрометры), что позволяет изучать распределение на поверхности образца атомов разл. хим. элементов с высоким пространственным разрешением (~ 30 нм). Рентг. зонд имеет мин. диам. ~ 150 мкм, сканирующая РОС пока не используется.

Осн. узел оже-спектрометра — энергоанализатор оже-электронов. Чаще всего используют эл.-статич. анализаторы с продольным или поперечным электр. полями (рис. 2). В анализаторах первого типа направления электр. поля и движения электронов совпадают. К этому типу анализаторов относится многосеточный анализатор с тормозящим полем (рис. 2, а); в нём макс. энергия электронов, попадающих на коллектор анализатора, определяется по задерживающему потенциалу на сетках 3.

В анализаторе второго типа (с дисперсией по энергии) электрон движется в поперечном электр. поле по ок-

ружности, радиус к-рой зависит от его энергии (рис. 2, б, в, г, д). Выделив с помощью диафрагм траекторию определ. радиуса и регистрируя ток электронов, движущихся по этой траектории в зависимости от напряжённости электр. поля (изменяя разность потенциалов

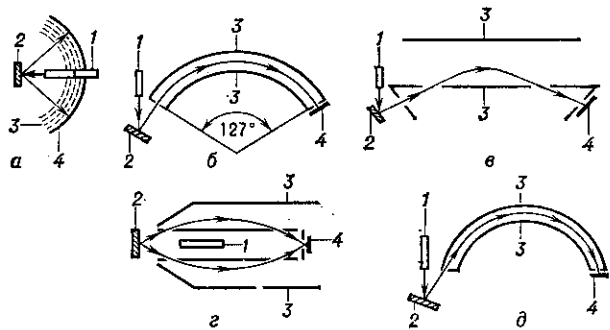


Рис. 2. Энергоанализаторы оже-электронов с продольным (а) и поперечным (б, в, г, д) электрическими полями: а — четырёхсеточный анализатор с тормозящим полем; б — 127-градусный анализатор Юза — Рожанского; в, г — плоские, цилиндрические зеркала; д — сферический дефлектор. 1 — источник первичных частиц; 2 — образец; 3 — электроды анализатора — сетки (а), цилиндрические (б, г), плоские (в), сферические (д) поверхности; 4 — коллектор электронов — сферический электрод (а) или электронный умножитель (б, в, г, д).

между внеш. и внутр. электродами 3 анализатора), измеряют распределение электронов по энергиям. К анализаторам такого типа относятся, напр., 127-градусный цилиндрич. анализатор Юза — Рожанского (рис. 2, б), плоское (рис. 2, в), цилиндрическое (рис. 2, г) и сферическое (рис. 2, д) зеркала. Они обеспечивают чувствительность на два порядка выше по сравнению с многосеточным анализатором с тормозящим полем, однако последний позволяет сочетать методы О.-с. с дифракцией медленных электронов, что даёт возможность паряду с элементным составом приповерхностных слоёв монокристаллич. образцов получать сведения об их кристаллич. структуре. Обычно регистрируют не энергетич. распределение числа N эмитированных электронов по энергиям \mathcal{E} , а производную $dN(\mathcal{E})/d\mathcal{E}$ (\mathcal{E} — энергия электронов), что позволяет не только более чётко выделить линии в оже-спектрах (повысив чувствительность метода), но и более детально анализировать их структуру.

Методами ЭОС и РОС осуществляют анализ для всех элементов периодич. таблицы, за исключением Н и He. Метод ИОС обладает селективностью: определ. ионы способны возбуждать эмиссию оже-электронов лишь в атомах определ. элементов, что обусловлено механизмом обменной генерации вакансий во внутр. электр. оболочках атомов ионным пучком. Поэтому применение метода ИОС целесообразно, когда необходимо зарегистрировать наличие на поверхности того или иного элемента, а не проводить полный анализ элементного состава поверхности.

Возбуждённые в твёрдом теле оже-электроны должны «донести» до энергоанализатора ту энергию, с к-рой они вылетели из эмитирующих их атомов, поэтому необходимо, чтобы, вылетев из атома, они не испытали неупругих взаимодействий. Это возможно лишь в том случае, когда глубина, на к-рой расположен эмитирующий оже-электрон атом, не превосходит ср. длины свободного пробега d для неупругого рассеяния; величина d и определяет толщину приповерхностного слоя, анализируемого методами О.-с. (рис. 3), она составляет

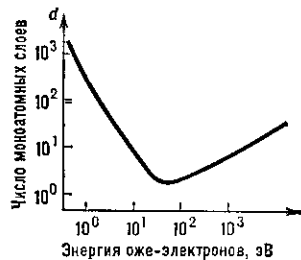


Рис. 3. Зависимость средней глубины d выхода оже-электронов от их энергии.