

Состав объектов исследуется методами микродифракции, т. е. электронографии локальных участков объекта, методами рентг. и катодоллюминесцентного локального спектрального микроанализа (см. *Рентгеноспектральный анализ*): регистрируются рентг. излучение на *характеристических частотах* или катодоллюминесценция, возникающие при бомбардировке образца сфокусированным пучком электронов (диаметр электронного «зонда» менее 1 мкм). Кроме того, изучаются энергетич. спектры вторичных электронов, выбитых первичным электронным пучком с поверхности или из объёма образца (см. *Оже-спектроскопия*).

Интенсивно разрабатываются методы количественной Э. м. — точного измерения разл. параметров образца или исследуемого процесса, напр. измерение локальных электрич. потенциалов и магн. полей (рис. 6), микрогеометрии

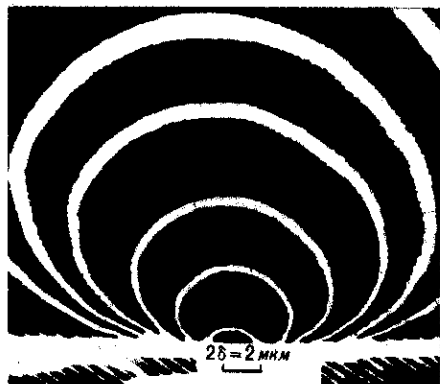


Рис. 6. Изображение линий равной напряжённости поля (от 25 до 150 Гс через 25 Гс) над зазором магнитной головки (ширина зазора $2\delta = 2$ мкм) для магнитной записи информации. Получено в растровом электронном микроскопе со специальной приставкой.

поверхностного рельефа и т. д. Электронные микроскопы используют и в технол. целях (напр., для изготовления микросхем методом электронолитографии).

Развиваются также методы Э. м. с использованием туннельного тока (см. *Сканирующий туннельный микроскоп*).

Лит.: Стоянова И. Г., Анашкин И. Ф., *Физические основы методов просвечивающей электронной микроскопии*, М., 1972; Утевский Л. М., *Дифракционная электронная микроскопия в металловедении*, М., 1973; Хокс П., *Электронная оптика и электронная микроскопия*, пер. с англ., М., 1974; *Практическая растровая электронная микроскопия*, под ред. Дж. Гоудстейна и Х. Яковица, пер. с англ., М., 1978. *А. Е. Лукьянов.*

ЭЛЕКТРОННАЯ ОБОЛОЧКА — совокупность электронов в атоме или ионе, состоящая из k -рых характеризуются определёнными гл. квантовым числом n и орбитальным квантовым числом l . Э. о. обозначается символом n^l , где N — число эквивалентных (имеющих одинаковые n и l) электронов оболочки. Совокупность электронов с определённым n наз. электронным слоем. Согласно *Паули принципу*, макс. значение числа N для данной Э. о. равно $2(2l+1)$.

Э. о. с $l=0, 1, 2, 3, \dots$ наз. оболочками s, p, d, f, \dots , возможное число электронов в них 2, 6, 10, 14, ... соответственно. Э. о. с максимально возможным числом эквивалентных электронов наз. замкнутой или заполненной, при $N=2l+1$ — полузаполненной, при $N < 2l+1$ — частично заполненной, при $N > 2l+1$ — почти заполненной.

В рентг. спектроскопии и химии часто пользуются др. определением Э. о.: оболочкой наз. совокупность электронов с фиксированным числом n , причём оболочки с $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ обозначают K, L, M, N, O, P, Q соответственно. В этом случае в K -оболочку входят электроны в состоянии $1s$, в L -оболочку — в состояниях $2s$ и $2p$, в M -оболочку — $3s, 3p, 3d$ и т. д. В химии совокупность электронов с определёнными n и l наз. подоболочкой.

Совокупность Э. о. представляет собой электронную конфигурацию атома или иона. Электронные конфигурации атомов разл. элементов приводятся в *периодической системе элементов* Менделеева. *В. П. Шевелько.*

ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛОТНОСТЬ — величина, равная числу электронов $n(r)$ в единице объёма атомной системы. Для N -электронного атома, иона или молекулы Э. п. определяется выражением

$$n(r) = \sum_{i=1}^N \int |\Psi(r_1, r_2, \dots, r_N)|^2 d\tau \Big|_{r_i=r} \quad *$$

с нормировкой

$$\int |\Psi(r_1, r_2, \dots, r_N)|^2 dr_1 dr_2 \dots dr_N = 1; \\ \int n(r) dr = N,$$

где $\Psi(r_1, r_2, \dots, r_N)$ — волновая ф-ция системы. Интегрирование в (*) производится по всем координатам r электронов, кроме i -го. В случае одноэлектронного атома

$$n(r) = |\varphi_{nlm}(r)|^2,$$

где φ_{nlm} — волновая ф-ция электрона с квантовыми числами n, l и m .

В случае многоэлектронных атомных систем ($N \gg 10$), когда расчёт по ф-ле * весьма громоздок, используют статистику *Томаса — Ферми метод* или его модификации. Этот метод применяют для расчёта эфф. потенциала атомного остатка (ядро + $N-1$ электронов) как пробного потенциала в методе самосогласованного поля (см. *Хартри — Фока метод*). При нахождении аналитич. выражения $n(r)$ атомов и ионов в качестве радиальных волновых ф-ций электронов часто используются безузловые ф-ции Слейтера, являющиеся произведением полинома от r на экспоненциальную ф-цию.

Наиб. общей формой квантовомеханич. описания Э. п. квантовой системы является матрица плотности:

$$\rho(r, r') = \sum_{i=1}^N \int [\Psi(r_1, r_2, \dots, r_N)]_{r_i=r} [\Psi^*(r_1, r_2, \dots, r_N)]_{r_i=r'} dt$$

(см. *Матрица плотности*).

Лит.: Теория неоднородного электронного газа, под ред. С. Лундквиста, Н. Марча, пер. с англ., М., 1987. *В. П. Шевелько.*

ЭЛЕКТРОННАЯ ПУШКА — электронно-оптич. система, формирующая *электронный пучок*. Практически Э. п. наз. системы, формирующие высокоинтенсивные пучки с большим первансом; системы, образующие узкие неинтенсивные пучки — электронные лучи, используемые в разл. электронно-лучевых приборах, чаще наз. электронными проекторами (см. *Электронно-лучевые приборы*).

Формирование интенсивных электронных пучков (с первансом $\geq 10^{-7}$ А/В^{3/2}) системой *электронных линз* затруднительно, т. к. собств. пространств. заряд электронов пучка существенно искажает фокусирующие поля линз. Кроме того, само понятие «фокусировка» условно для интенсивных пучков, т. к. такие пучки принципиально невозможно свести в точку (фокус). Поскольку интенсивный пучок в свободном от электрич. и магн. полей пространстве неограниченно расширяется, формирование устойчивого интенсивного пучка определ. конфигурации возможно лишь при условии компенсации расталкивающей силы пространств. заряда электронов пучка противоположно направленными силами, создаваемыми внешними (по отношению к пучку) электрич. и магн. полями. Поэтому Э. п. должна содержать электроды, создающие вблизи границы пучка распределение потенциала, обеспечивающее равенство нулю нормальной к границе пучка составляющей напряжённости электрич. поля. Кроме того, для устойчивости пучка необходимо, чтобы при смещении электронов с границы пучка в любую сторону возникала сила, возвращающая их на границу пучка.

Задача формирования интенсивных пучков решается двумя методами — методом анализа и методом синтеза.