ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

S. Schimmel. Elektronenmikroskopische Methoden, Springer Verlag, Berlin—Heidelberg—New York, 1969, 243S.

Важной задачей электронооптических исследований является не только получение качественной микрофотографии, но и ее правильная интерпретация. Очень часто примитивный подход, при котором происходит отождествление снимка с объектом, ведет к неправильным заключениям. Причина состоит в непонимании природы контраста полученной картины.

Содержание книги С. Шиммеля представлено в 10 главах: 1) электронные лучи, 2) введение в теорию просвечивающего электронного микроскопа, 3) дифракция на пространственной решетке, 4) разрешение, поле зрения, глубина фокуса, 5) дифракционный контраст, 6) метод отпечатков, 7) разрешение процессов, протекающих во времени, 8) комбинация различных методов наблюдения, 9) определение размеров частиц, 10) радиационные повреждения и артефакты.

Таким образом, в книге уделено очень большое внимание вопросам интерпретации контраста картины (пять глав из десяти), т. е. примерно 120 страниц текста и большое количество иллюстраций. В самом деле, чтобы понять, что дает микрофотография в электронном микроскопе, надо знать законы взаимодействия электронов с веществом; эти законы совсем не те, которые соответствуют случаю светового микроскопа.

Из теории просвечивающего электронного микроскопа автор разумно отобрал наиболее существенные явления. Важной особенностью монографии является наличие не только указаний по электронной микроскопии, но рассмотрение явлений дифракции и микродифракции. В отличие от светового микроскопа, во всех современных просвечивающих электронных микроскопах имеется возможность наблюдать как дифракцию, так и электронооптическое изображение. Автором показано, как обогащается информация от использования этих двух возможностей. Приведено много полезных примеров использования не только одного лишь просвечивающего, но и эмиссионного, растрового и других микроскопов. Следует также не пренебрегать и разумным применением обычных оптических методов наблюдения.

В книге широко представлены результаты для весьма большого круга объектов, включая и биологические. Плодотворность комплексного изучения показана, например, на исследовании волокон, металлов, порошков, полимеров и других тел. Можно сопоставить оптические наблюдения человеческого волоса (что представляет интерес, например, для изучения влияния на волосы косметики) с данными, получаемыми при помощи отпечатков, наблюдения в растровом микроскопе. Оптические наблюдения показывают наличие «черепичной» структуры, но, конечно, не дают данных о микрогеометрии, наличии двух различных зон в структуре, не выявляют центров пигмента. Метод реплик помогает обнаружить многие тонкости структуры, но просвечивающий микроскоп не показывает состояния образца в трех измерениях. Последнее прекрасно выявляется растровой электронной микроскопией. Если ко всему этому изучению приспособить еще рентгеновский микроанализ, то можно показать локальное распределение веществ в волосе. Или, другой пример,— изучение структурных изменений бетона, идущих во времени. Это изучение идет успешно, ибо потеря влаги в объекте протекает медленно и отпечатки, снятые с образца через определенные временные промежутки времени, позволяют судить о структуре и процессах в этом веществе. Отметим наличие весьма качественных иллюстраций, поясняющих комплексную методику и явления в электронных микроскопах.

Поскольку содержание монографии связано прежде всего с просвечивающей микроскопией, наибольшее внимание уделено методу отпечатков, основному методу в такой микроскопии. Описаны и должным образом интерпретированы практически все известные виды этой методики.

К отпечатку следует подходить весьма осторожно, ибо следует учитывать его возможности по передаче важнейшей функции контраста в образце. При работе с отпечатком следует не забывать, что возможна потеря разрешения, появление собственной структуры реплики, возникновение дефектов в процессе нанесения и съема чужеродной пленки-отпечатка. В книге приводится много примеров, отражающих сказанное. Особенно наглядно все это показано на образцах из сплавов, когда один и тот же образец, изучаемый на различных отпечатках, показывает сходную, но все же различную «структуру». Заслуживают внимания и такие разделы, как описание метода «прицеливания» для наблюдения желаемого участка образца и метод «декорирования», позволяющий видеть дефекты и особенности твердого тела на очень высоком разрешении.

Богат содержанием и раздел, посвященный комбинациям различных методов изучения микроструктуры. Снимки в книге и по этому разделу доставляют эстетическое удовлетворение. В монографии широко описаны методики повышения контраста, замораживания объекта и его травления в этом состоянии. При рассмотрении

вопроса об определении размеров микрочастиц возникает важная проблема, получившая в литературе наименование «салата из помидор». Дело в том, что частицы, имеющие, например, форму дисков, располагаются случайным образом под освещающим электронным пучком, и поэтому мы видим не истинные размеры, а проекции. Необходима соответствующая поправка, которая должна зависеть от ряда факторов. Многочисленные артефакты возникают от радиационных повреждений от пучка электронов, от загрязнений, складок на отпечатках, дегидратации и многих других причин.

Монография содержит к каждой главе небольшой список литературы, позволяющей ознакомиться с основными и наиболее интересными работами.

Электронная микроскопия развивается столь бурно, что охватить все методические успехи довольно затруднительно. Так, например, такой вполне себя зарекомендовавший метод, как травление ионной бомбардировкой в вакууме, не нашел даже упоминания в книге. Он сейчас интенсивно применяется в исследовании сплавов, минералов, руд. Применение химических травителей в этих случаях затруднительно. Исследование тонких пленок ферро- и сегнетоэлектриков ведется наиболее эффективно при помощи просвечивающего микроскопа с использованием методики темнопольного изображения (метод Тёплера в электронной микроскопии) или же при помощи дефокусированного изображения — об этом также нет в книге никакой информации (а опубликовано около 500 работ!).

Не упоминается о комбинации электронного микроскопа с анализом проходящих электронов по скоростям. Такой список можно было бы и дальше продолжить; в частности, глава, где описаны исследования, идущие во времени, далеко не отражает их современного уровня. Сейчас возможно исследовать (как при помощи просвечивающего, так и других электронных микроскопов) явления с временным разрешением в единицы и десятые доли наносекунды (стробоскопическая электронная микроскопия).

Однако книга С. Шиммеля является полезным пособием, особенно для начинающего исследователя, работающего с просвечивающим электронным микроскопом. Все «классические» методики с их свойствами и особенностями отражены полно и доступно. Книга снабжена прекрасными иллюстрациями, обращено внимание на «подводные камни» — артефакты и дефекты методики и подчеркнута фундаментальная роль природы контраста, важного для правильной интерпретации картины.

Г. В. Спивак