

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В. Н. ВЕРЦНЕР

**ПРОСТОЙ МЕТОД ТЕНЕВЫХ ПОКРЫТИЙ В ЭЛЕКТРОННОЙ  
МИКРОСКОПИИ**

*(Представлено академиком А. А. Лебедевым 9 VI 1947)*

В последнее время в электронной микроскопии с успехом начал применяться метод теневых металлических покрытий, позволяющий во многих случаях очень существенным образом увеличить контрастность изображения и тем самым разрешение, даваемое электронным микроскопом.

Особенно большие преимущества дает применение этого метода при исследовании объектов органической природы.

Как известно, контрасты в изображении, даваемом электронным микроскопом, возникают за счет различного рассеяния электронов отдельными элементами, составляющими образец. На экране или фотопластинке электронными линзами фокусируются лишь те электроны, которые при прохождении объекта отклоняются на сравнительно малые углы.

При исследовании однородных объектов различная рассеивающая способность может иметь место лишь в том случае, если толщина отдельных частей препарата различна; при неоднородных объектах этот же эффект может быть обусловлен также и составом.

Получение хорошей контрастности в изображении объектов органической природы осложняется еще тем обстоятельством, что основным методом приготовления препаратов, применяемых в электронной микроскопии, является нанесение исследуемого вещества на тончайшую органическую пленку, которая сама рассеивает электроны. Последнее приводит к тому, что практически оказывается невозможным разрешение малых органических объектов, если их размеры меньше 100 Å.

Недостаточная контрастность, а вместе с тем и разрешение имеют место также при исследовании тончайших отпечатков (реплик), которые применяются сейчас весьма широко для исследования структуры поверхности массивных образцов. При обычных исследованиях на снимках бывает трудно заметить тонкие детали структуры поверхности (1, 2).

Напомним, что метод „теневых металлических покрытий“ заключается в том, что на исследуемые объекты или реплики наносится испарением в специальной вакуумной установке тонкий слой металла. Испарение производится под очень малыми углами со спирали, удаленной на сравнительно большое расстояние от образцов. При этом на стороне неровностей объектов со стороны, обращенной к нити, образуется слой металла, а с противоположной стороны металл отсутствует — образуются тени. Относительное количество конденсированного металла, очевидно, определяется крутизной неровностей. По длине образующихся теней, т. е. мест, куда не попадает металл, мож-

удить о величине выступов на поверхности. Для металлических покрытий применяются обычно алюминий, хром и золото.

При исследовании таких образцов в электронном микроскопе получаются изображения с очень высокой контрастностью, что позволяет значительно повысить разрешение (<sup>3-7</sup>).

В Государственном оптическом институте в качестве материала, применяемого для оттенения электронно-микроскопических образцов, нами были использованы с успехом легко испаряющиеся соли. Такие покрытия дают снимки, по контрастности не уступающие контрастности, получаемой с металлическими покрытиями.

Нанесение покрытий осуществляется весьма просто. Если в случае оттенения металлом требуется добавочная вакуумная установка для испарения, то при применении теневого покрытия солями испарение оказывается возможным проводить непосредственно в самом электрон-

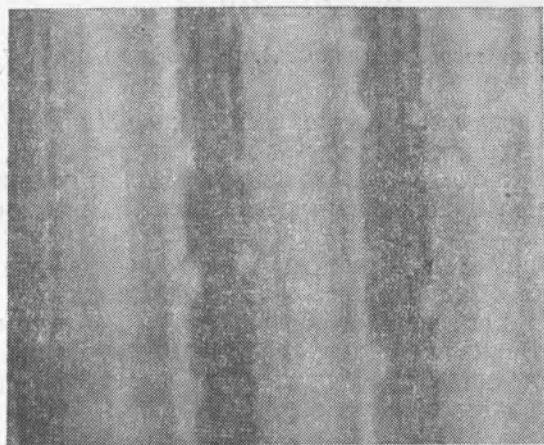


Рис. 1. Коллоидионная реплика дифракционной решетки (без оттенения). Увел.  $\sim 11000$

ном микроскопе. При этом не требуется также и специального возгоняющего устройства, ибо испарение происходит достаточно энергично при воздействии электронного пучка, падающего на образец во время работы микроскопа.

Материал для испарения обычно наносится на небольшой кусочек сетки того же типа, как и сетка, на которой укрепляются образцы для электронно-микроскопических исследований. Этот кусочек вырезается в форме небольшого сегмента. Перед укреплением образца в объектодержателе на него накладывают подобный сегмент.

Центр, из которого происходит испарение, находится, таким образом, в непосредственной близости к образцу и локализуется из-за малых размеров сегмента в одном из его участков. Первое обеспечивает малые углы при оттенении, а второе — направленность испарения. Испарение происходит после облучения образца электронами и на экране можно наблюдать появление теней в изображении объекта. Процессом испарения можно управлять, вводя или удаляя из пучка участок сетки с испаряемым материалом.

Помимо того, степень оттенения оказывается разной для разных участков образца. Оттенение — наибольшее в местах, близких к источнику паров, и спадает по мере удаления от него. Последнее до некоторой степени упрощает подбор оптимальных условий для исследования и съемки.

Для покрытий нами применялись в основном NaCl и MgFt.

Приводим микрофотографии, показывающие возможность метода. На рис. 1 показан снимок коллоидной реплики со стеклянной дифракционной решеткой без оттенения. Рис. 2 представляет микрофотографию той же реплики, оттененной NaCl.

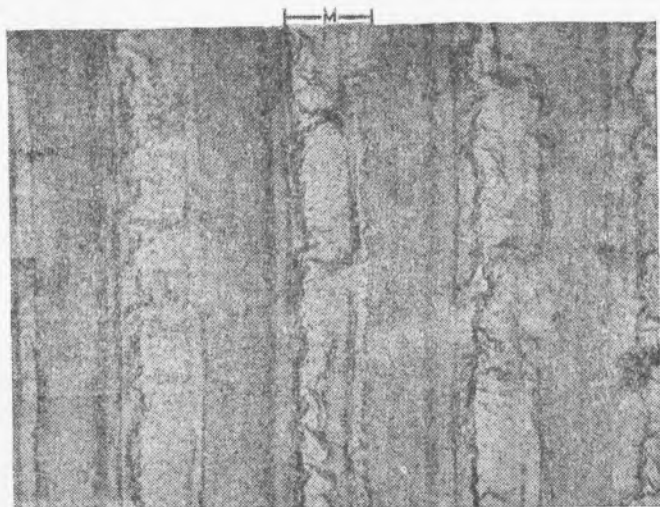


Рис. 2. Та же реплика, оттененная NaCl. Увел. ~ 11000

Оба снимка сделаны на советском электронном микроскопе Государственного оптического института (<sup>8,9</sup>).

В заключение автор приносит свою глубокую благодарность академику А. А. Лебедеву за неизменный интерес к настоящей работе.

Государственный оптический  
институт

Поступило  
9 VI 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup>V. J. Schaefer and D. J. Harker, J. Appl. Phys., 13, 427 (1942). <sup>2</sup>В. Н. Верцнер, Зав. лабор., №6 (1945). <sup>3</sup>R. C. Williams and R. W. G. Wyckoff J. Appl. Phys., 15, 712 (1944); Science, 101, 549 (1945); Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 58 265 (1945); Nature, 156, 68 (1945). <sup>4</sup>L. Thomassen, R. C. Williams and R. W. G. Wyckoff, Rev. Sci. Inst., 16, 155 (1946). <sup>5</sup>C. Robley, R. C. Williams and R. W. G. Wyckoff, J. Appl. Phys., 17, 23 (1946). <sup>6</sup>H. Mahl, Naturwiss., 30, 207 (1942). <sup>7</sup>В. Н. Верцнер, Природа, №4 (1947). <sup>8</sup>В. Н. Верцнер, Оптико-механическая промышленность, №5—6 (1946). <sup>9</sup>А. А. Лебедев, Общее собрание Академии Наук СССР 15—19 января 1946 г., стр. 31, изд. АН СССР, 1946.