

УДК 536.422:53.096

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Академик АН БССР В. А. БЕЛЫЙ, А. М. КРАСОВСКИЙ, Г. Л. СЛОНИМСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ КОНДЕНСАЦИИ МЕТАЛЛОВ В ВАКУУМЕ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Влияние температуры поверхности на процессы конденсации испаренных атомов металлов обнаружено еще в ранних работах Р. Вуда и М. Кнудсена (¹, ²), где сделан вывод о существовании критической температуры, необходимой для возникновения конденсации. Позднее представления о критической температуре были развиты в работах И. Лэнтгюра (³), Ю. Б. Харитона и Н. Н. Семенова (⁴, ⁵), Я. И. Френкеля (⁶), В. М. Косевича и Л. С. Палатника (⁷) и др. при изучении механизма конденсации. Однако вывод об увеличении коэффициента конденсации при понижении температуры конденсирующей поверхности, по-видимому, требует некоторого уточнения, поскольку в отдельных случаях наблюдались отклонения от этой закономерности (⁸⁻¹⁰).

При получении металлополимерных пленок в вакууме мы также замечали отдельные аномальные срывы процесса пленкообразования при низких температурах подложки, что побудило продолжить и расширить эксперименты в этом направлении. При этом кинетика процесса осаждения испаренных частиц оценивалась нами не исследованием конденсата, как это проводилось в работах (¹⁻⁷), а путем регистрации интенсивности отражения частиц от мишени.

Проведенная работа показала, что зависимость процесса конденсации частиц веществ, особенно в начальный момент, от температуры имеет более сложный характер, чем предполагалось.

Исследование процесса конденсации при низких температурах проводилось по следующей методике. В вакуумной камере ($P=5 \cdot 10^{-5}—1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.) пучок паров исследуемого металла направляли на охлажденную жидким азотом поверхность под углом, практически исключающим зеркальное отражение частиц. Характер и интенсивность отражения (реиспарения) регистрировали при помощи ионизационного измерителя скорости осаждения и толщины пленок ИСТИ-1. Между испарителем и датчиком устанавливали экран, не допускающий непосредственного попадания паров в датчик. Температуру поверхности контролировали медь-константановой термопарой, тарировку которой осуществляли по точкам затвердевания воды, ртути, ацетона, этилового спирта и температуре жидкого азота.

Электрический сигнал, соответствующий плотности пучка отраженных частиц, проходящих через рабочий объем датчика, дополнительно усиливался компенсационным усилителем постоянного тока Ф-359 и фиксировался с помощью ампервольтметра НЗ90.

В качестве поверхности конденсации использовали тонкие металлические пленки, получаемые испарением в вакууме соответствующего металла на поверхность стекла, после чего без нарушения вакуума стекло с металлическим покрытием охлаждали до требуемой температуры и производили испарение исследуемого металла.

Геометрические параметры системы испаритель — охлаждаемая поверхность — датчик и количество испаряемого материала для каждой пары исследуемых веществ выдерживали строго постоянными в процессе всего эксперимента. Основные измерения интенсивности отражения частиц от

поверхности конденсации выполнялись при температурах 293, 273, 223, 173 и 123° К.

На рис. 1 представлены кинетические кривые отражения атомов свинца от поверхности свинца при различных температурах. Аналогичные зависимости получены и для других сочетаний металлов (хром — хром, медь —

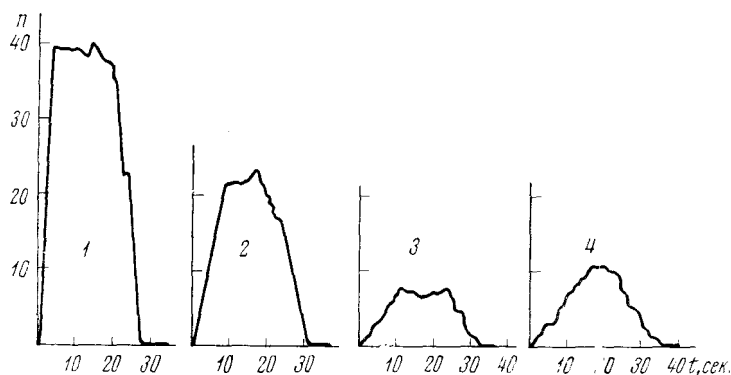
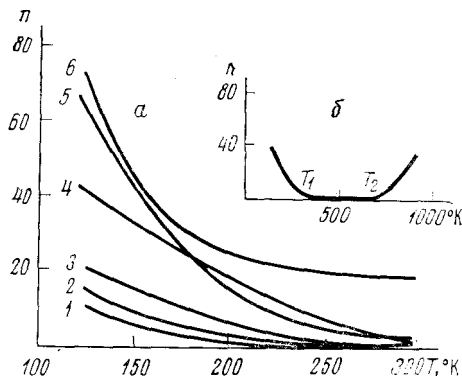


Рис. 1. Характер и интенсивность отражения частиц свинца от поверхности свинца при различных температурах (°К): 1 — 123, 2 — 223, 3 — 293, 4 — 700. n — плотность отраженных частиц в произвольных единицах

медь, кадмий — свинец, свинец — кадмий, серебро — свинец и т. д.). В начальный момент облучения охлажденной мишени пучком испаренных атомов наблюдается активное отражение частиц с последующим спадом интенсивности отражения и полным его прекращением, при этом период отражения может составлять от нескольких десятков секунд до долей секун-

Рис. 2. Максимальные значения интенсивности отражения испаренных частиц от металлических поверхностей при различной температуре: а — хрома от хрома (1), серебра от свинца (2), меди от меди (3), свинца от свинца (4), кадмия от свинца (5), свинца от кадмия (6) в диапазоне 123–293° К; б — свинца от свинца в диапазоне 123–1000° К



ды в зависимости от природы испаряемого металла и интенсивности его испарения.

Характер отражения и плотность отраженных частиц определяются температурой подложки. Из экспериментальных данных (рис. 1, 2) видно, что с понижением температуры поверхности ниже некоторой критической T_1 (около 290° при конденсации свинца на кадмий, кадмия на свинце, свинца на свинце; 250° — меди на меди; 200° — хрома на хrome и т. д.) интенсивность отражения резко возрастает. Аналогичная картина наблюдается и в случае повышения температуры выше некоторой критической T_2 (около 700° при конденсации свинца на свинце (рис. 2б)).

Таким образом, можно считать, что в общем виде зависимость отражения (осаждения) частиц вещества от температуры поверхности конденсации имеет характер квазипараболической кривой, параметры которой определяются, в основном, природой взаимодействующих веществ. По-

димому, и в области низких температур следует ожидать существования пороговой критической температуры, необходимой для возникновения конденсации, аналогичной высокотемпературной точке Кнудсена.

Институт механики металлополимерных систем
Академии наук БССР
Гомель

Поступило
4 XI 1974

Институт элементоорганических соединений
Академии наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ R. W. Wood, Phys. Mag., v. 32, 364 (1916). ² M. Knudsen, Ann. Phys., B. 50, 472 (1916). ³ I. Langmuir, Proc. Nat. Acad. Sci. Wash., v. 3, 141 (1917). ⁴ Ю. Б. Харитон, Н. Н. Семенов, Zs. Phys., B 25, 287 (1924). ⁵ Н. Н. Семенов, ЖРФХО, т. 62, 33 (1930). ⁶ Я. И. Френкель, Zs. Phys., B. 26, 117 (1924). ⁷ В. М. Косевич, Л. С. Палатник, ДАН, т. 158, № 6, 1314 (1964). ⁸ Г. Мессе, Е. Бархон, Электронные и ионные столкновения, ИЛ, М., 522 (1958). ⁹ Н. Рамзей, Молекулярные пучки, ИЛ, М., 38 (1960). ¹⁰ Л. С. Палатник, Н. Т. Гладких, ФТТ, т. 4, в. 2, 424 (1962).