

УДК 621.793.1

Коэффициенты конденсации свинца при осаждении на различные подложки
коллекторов

Н.Н. Антонов^{1,2}, С.Н. Жабин²

¹Объединенный институт высоких температур ОИВТ РАН

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Проведение пробных экспериментов по плазменной сепарации отработавшего ядерного топлива подразумевает использование модельных веществ, при этом процесс сбора разделенных элементов на коллекторы должен осуществляться с высокой эффективностью. В настоящей работе представлены результаты изучения коэффициентов конденсации Pb на различные поверхности коллекторов. В работе предполагается, что кинетика взаимодействия с подложкой низкоэнергетичных ионов близка к кинетике взаимодействия нейтральной компоненты пара с тепловой энергией.

Для исследования эффективности осаждения модельного вещества на различные подложки была разработана схема эксперимента (см. рисунок 1), в котором пар, попадая (в молекулярном режиме) в пространство между двумя плоскими дисками и испытывая некоторое число отражений (переиспарений) [1-3], конденсировался на верхнем или на нижнем диске. Из соотношения распределений толщины покрытий на поверхности отраженного осаждения (обозначение 3 на рисунке 1) и поверхности прямого осаждения (обозначение 2 на рисунке 1) можно сделать вывод об эффективности конденсации.

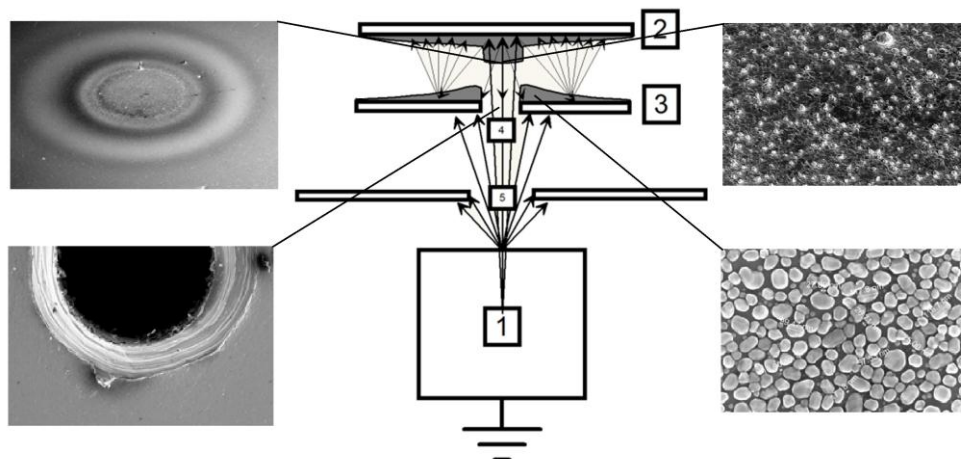


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 - испаритель, 2 - исследуемый образец (поверхность прямого осаждения), 3 - исследуемый образец (поверхность отраженного осаждения), 4 и 5 - коллимационные отверстия.

Эксперимент проводился в вакуумной камере с остаточным давлением воздуха на уровне $2 \cdot 10^{-5}$ мбар. Внутри испарительной ячейки осуществлялся нагрев свинца до 950°C . Пучок нейтральных атомов коллимировался и направлялся через отверстие диаметром 1,1 мм в пространство между дисками из исследуемого материала (нержавеющей стали или углерода). Расстояние между дисками было равно 3,9 мм. Напыление осуществлялось 30 минут. После остывания узлов установки образцы извлекались из вакуумной камеры и анализировались. В начальной стадии эксперимента исследуемая подложка подвергалась очистке ионами буферного газа в тлеющем разряде.

Профили толщин пленок анализировались методом растровой электронной микроскопии.

Для интерпретации экспериментальных данных была создана численная модель на основе метода Монте-Карло. Основными параметрами, изменение которых допускает модель, являются вероятность конденсации при взаимодействии с поверхностью, угловая функция распределения вероятности переиспарения, радиус дисков и расстояние между ними. Параметры в расчете подбирались так, чтобы результаты моделирования профилей пленок были наиболее близки к профилям пленок, полученных экспериментально. Наилучшее соответствие экспериментальных и численных данных наблюдалось при равновероятном испарении в телесный угол $2\pi/3$ вдоль нормали к поверхности осаждения. Стоит отметить, что согласно литературным источникам, при низких энергиях частиц (до нескольких эВ), осаждаемых на подложку, переиспарение происходит равновероятно во всё полупространство и не зависит от угла падения частицы на поверхность, а наибольшая эффективность конденсации достигается при взаимодействии с поверхностью, состоящей из материала напыляемого покрытия при температурах близких к температурам жидкого азота [3,4].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-29-00231).

Литература

1. *Burton W.K.* [at al.] The growth of crystals and the equilibrium structure of their surfaces // ProcPhil. Trans. Roy. Soc. London – 1951. – V. A243. – P. 299
2. *Hirth J.P.* [at al.] Coefficients of evaporation and condensation// J. Chem. Phys. – 1960. – V. 64. – P. 619-626
3. *Rapp R. A.* [at al.] Condensation coefficients in the growth of Cadmium and Zinc from the vapor // J. Chem. Phys. – 1961. – V. 34, – N. 1. – P.184-188
4. *Pound G.M.* [at al.] Selected values of evaporation and condensation coefficients for simple substances// J. Chem. Phys. , – 1972. – V.1. – N. 1. – P.135-146