

- Geosci. – 1984. –vol. 10 – no.2–3. – P. 191–203.
5. Johnson S.C. Hierarchical clustering schemes // Psychometrika. – 1967. – vol. 32. – P. 241–254.
 6. Whye Teh Y. and et al. Sharing clusters among related groups: Hierarchical Dirichlet processes // Neural Information Processing Systems (NIPS): Proceedings of the 17th International Conference. – 2004.–P.1385–1392.
 7. Ester M., Kriegel H. P., Sander J., Xu X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // Psychometrika. – 1967. – vol. 32.– no. 3. – P. 241–254.
 8. Biernacki C., Celeux G., Govaert G. Assessing a mixture model for clustering with the integrated completed likelihood // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. – 2000. – vol. 22, no.7. – P. 719–725.52.

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАГНЕТРОННЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ОСАЖДЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Г.А. Блейхер, В.П. Кривобоков, А.В. Юрьева
Томский политехнический университет
E-mail: bga@tpu.ru

**ANALYSIS OF THE CAPABILITIES OF MAGNETRON SPUTTERING SYSTEMS
FOR HIGH-RATE DEPOSITION OF FUNCTIONAL COATINGS**

G.A. Bleykher, V.P.Krivobokov, A.V. Yuryeva
National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The mechanisms leading to a noticeable increase in the rate of the surface erosion of liquid metal targets sputtered in the plasma of magnetron sputtering systems are studied. Experimental studies of the growth rate of metal coatings during the operation of magnetrons with liquid-phase targets have been carried out. The calculated results and experimental data are in good agreement, which indicates the correctness of the formulated physical concepts and the obtained regularities.*

В настоящее время для осаждения тонких наноструктурных (модифицирующих) покрытий на поверхность материалов широко используются магнетронные распылительные системы (МРС). Они приобрели значительную популярность за счёт того, что обеспечивают хорошее качество и большое разнообразие функциональных свойств осаждаемых покрытий. Однако достигнутые показатели производительности технологических процессов при их использовании часто не удовлетворяют потребности промышленного производства. В частности, для МРС на постоянном токе применительно к металлам она составляет 1...10 нм/с, а при получении покрытий сложного состава – ещё меньше. Поэтому нужны новые способы (в том числе путём включения дополнительных механизмов) повышения скорости роста покрытий при одновременном обеспечении их эксплуатационных свойств.

Скорость осаждения покрытий определяется в первую очередь скоростью эмиссии атомов с поверхности мишени (или скоростью эрозии). Её повышение только за счёт столкновительного распыления, что в настоящее время, как правило, используется, исчерпало себя. Необходимо включение механизма испарения. За счёт того, что скорость испарения нелинейно (практически экспоненциально) возрастает с увеличением температуры поверхности, можно добиться очень высокой интенсивности удаления атомов с поверхности мишени. Таким образом, один из способов повысить скорость роста покрытий – создание условий, при которых будет возникать испарение.

Механизм испарения может быть запущен разными методами. Например, он реализуется при работе магнетронных распылительных систем с жидкофазными мишенями. Вещество мишени расплавляется за счёт того, что создаётся теплоизоляция её от остальных элементов катодного узла и магнитной системы, которые должны охлаждаться в процессе работы МРС. Тепловая энергия, которая выделяется в мишени под действием плазмы, остается в ней. При определённых условиях её оказывается достаточно для расплавления вещества мишени и создания интенсивного испарения на её поверхности.

Другой возможный способ создания испарения – повышение плотности тока ионов плазмы МРС, бомбардирующей поверхность мишени и переносящих ей основную долю энергии, вкладываемой в разряд. Он может быть реализован при работе сильноточных импульсных магнетронных систем, а также при использовании ассистирующего ионного пучка, действие которого усиливает процессы ионизации в плазме магнетронного диода.

Цель исследований состояла в том, чтобы проанализировать возможности МРС разных видов (сильноточных импульсных МРС и МРС с жидкофазными мишенями) для создания испарения на поверхности мишеней. Решение этой задачи выполнено расчётным путём. Для этого разработаны математические модели тепловых и эрозионных процессов на катодном узле на основе уравнений теплопроводности с учётом фазовых переходов первого рода. Получены данные о закономерностях эрозии мишеней при возникновении фазовых превращений первого рода и о параметрах МРС, при которых обеспечиваются наилучшие показатели интенсивности и энергоэффективности получения эрозионного материала. Показано, что включение испарения приводит к увеличению как минимум на порядок коэффициента эрозии поверхности мишени и скорости роста покрытий по сравнению с режимами работы МРС, в которых имеет место только столкновительное распыление.

Выполнены экспериментальные исследования скорости роста металлический покрытий при использовании МРС с жидкофазными мишенями. Расчётные результаты и данные экспериментов хорошо согласуются, что свидетельствует о корректности сформулированных физических представлений и полученных закономерностей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ SAS ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Е.И. Губин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: gubine@tpu.ru

USING SAS SOFTWARE TOOLS FOR PREPARING BIG DATA

E. I. Gubin

National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** Formation of basic competencies in the preparation of source data in the field of large volumes of data for predictive analysis in the SAS environment.*

Для прогнозного анализа «чистота» исходных данных носит исключительно важный характер. Многие авторы отмечают критический характер этого и предлагают конкретные шаги по сбору и подготовке исходных слабо структурированных больших данных [1, 2].

Однако предложенные мероприятия носят по большей мере рекомендательный и теоретический характер, так как выявление факта «некорректности» исходных данных само по себе не простая задача, особенно касаясь реально больших данных.