

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ЛОКАЛЬНЫХ ОСАДКОВ СЕРЕБРА МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Полевиков В. М.¹, Федосенко Н. Н.¹, Шолох В. Г.¹, Шельманов А. И.², Емельянов В. А.³

¹ Гомельский госуниверситет им. Ф. Скорины, ул. Советская 104, 246699 г. Гомель, Беларусь.

² ОДО «Микротестмашины», ул. Кирова 32а, 246050 г. Гомель, Беларусь.

³ НПО «Интеграл», пл. Казинца, 220064 г. Минск, Беларусь.

Стимулированное лазером электрохимическое осаждение металлов по фототермическому механизму можно отнести к наиболее перспективным способам получения локальных гальванических покрытий как на металлических, так и на непроводящих поверхностях. Воздействие лазерного излучения обеспечивает наряду с ускорением процесса осаждения стимуляцию различных стадий формирования кристаллической структуры получаемых покрытий.

Целью работы являлось изучение структурных характеристик локальных осадков серебра, сформированных на непроводящих подложках из ситалла и поликора с использованием проводящих подслоев из меди, хрома, титана и ванадия. При этом использовался метод атомно-силовой микроскопии, являющийся мощным инструментом для исследования структуры покрытий.

Исследуемые образцы представляли собой сплошные покрытия серебра, нанесенные в процессе электрохимического осаждения, на фоне которых под действием лазерного излучения сформированы локальные осадки. Образцы были получены с использованием лазерной технологической установки «Квант-12» (длина волны излучения $\lambda = 1,06$ мкм, плотность мощности $P = 1 \cdot 10^6$ Вт/см²). Исследования топографии поверхности проводились с помощью экспериментально-вычислительного комплекса НАНОТОП-203. Все измерения проводились на воздухе при комнатной температуре.

В работе проанализированы: трехмерное изображение, типичный профиль образца, гистограмма наклона и диаграмма ориентации частиц для каждой исследуемой поверхности. Исследования показали, что структура покрытия серебра в зоне локального осадка существенно отличается от структуры фона покрытия независимо от природы материала подложки и подслоя. В качестве иллюстрации на рис. 1,2 приведены трёхмерное изображение, наклон и ориентация кристаллитов, и типичный профиль поверхности для фона (рис. 1) и локального осадка (рис. 2) покрытия серебра, полученного на ситалле с подслоем из ванадия.

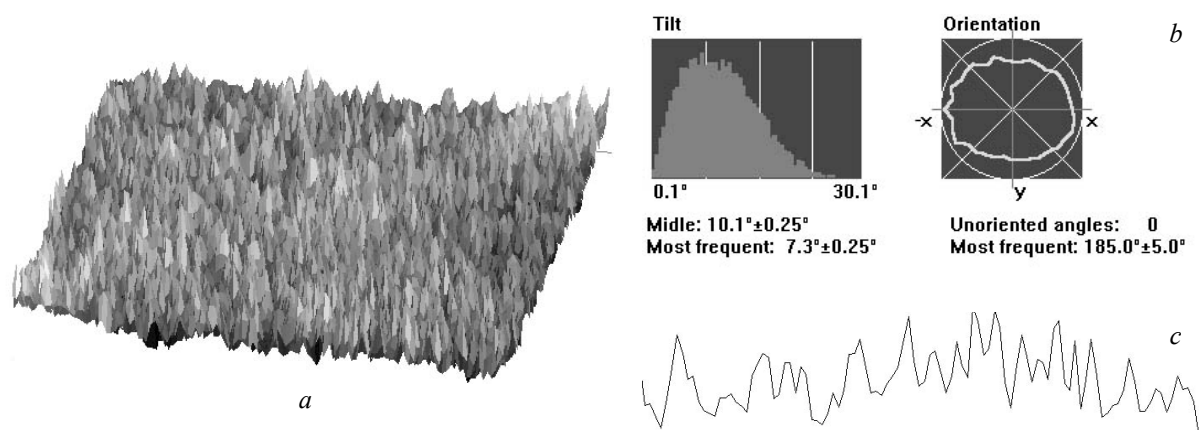


Рис. 1. Характеристики топологии поверхности серебра *вне* локального осадка, осаждённого на ванадиевый подслои ситалловой подложки (площадь сканируемой поверхности 8,5×8,5 мкм): *a* – трёхмерное изображение; *b* – наклон и ориентация кристаллитов; *c* – типичный профиль поверхности

Анализ структурных особенностей покрытий серебра на ситалле с подслоем из ванадия показал, что средний размер зерен в зоне локального осадка составляет ≈ 600 нм, в зоне фона ≈ 350 нм; глубина межзеренных провалов составляет соответственно ≈ 30 нм и ≈ 60 нм. Фон покрытия состоит из слабо ориентированных кристаллов, а поверхность кристаллитов локального осадка имеет достаточно четкую ориентацию вдоль одного направления. Эти факты свидетельствуют о том, что воздействие лазерного излучения стимулирует процессы рекристаллизации серебра при формировании покрытия, в результате чего в зоне локального осадка формируется более совершенная и регулярная кристаллическая структура.

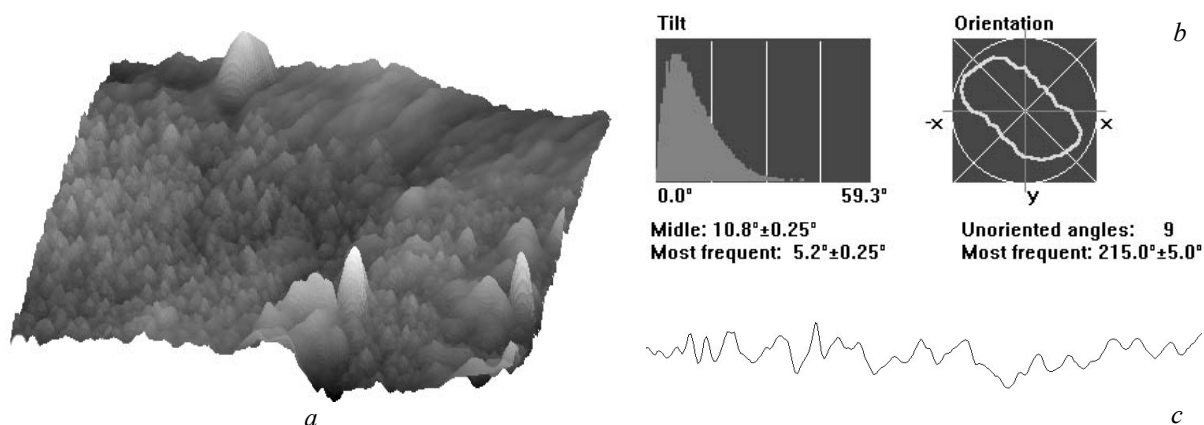


Рис. 1. Характеристики топологии поверхности серебра в зоне локального осадка, осаждённого на ванадиевый подслои ситалловой подложки (площадь сканируемой поверхности $8,5 \times 8,5$ мкм): *a* – трёхмерное изображение; *b* – наклон и ориентация кристаллитов; *c* – типичный профиль поверхности

Анализ топологии поверхности серебра, нанесенного на ситалл с подслоем титана, показал, что структура поверхности в зоне локального осадка также более совершенна, чем в области фона. Структурные фрагменты поверхности локального осадка серебра, линейный размер которых ≈ 800 нм, плотно упакованы, глубина провалов между ними составляет ≈ 20 нм. Степень ориентации зерен значительно ниже, чем в предыдущем случае.

Использование хрома в качестве материала подслоя обуславливает более мелкозернистую структуру серебра с линейными размерами зерен ≈ 400 нм и глубиной провалов ≈ 20 нм. Характерной особенностью этих образцов является высокая степень ориентированности кристаллов серебра в зоне локального осадка.

Локальные осадки серебра, полученные на ситалле с подслоем меди, отличаются достаточно высокой степенью ориентированности зерен. Их линейный размер составляет ≈ 300 нм, а глубина межзеренных провалов ≈ 25 нм.

Анализ топологии поверхности серебра, осажденного на подложки из поликора с различными проводящими подслоями, позволил выявить следующие закономерности. Использование различных материалов в качестве подслоя обуславливает, как и на ситалле, различную степень зернистости и ориентированности кристаллитов. Общей отличительной чертой локальных осадков серебра, полученных на поликоре, является более высокая зернистость.

В целом, на структурные особенности локальных покрытий серебра (а, следовательно, и на их физические свойства) существенное влияние оказывает, в первую очередь, природа материала проводящего подслоя; влияние природы материала подложки менее существенно.

Анализ полученных результатов выявил, что структура локальных осадков серебра становится более совершенной в следующем ряду используемых подслоев: медь, хром, ванадий, титан. Поскольку воздействие лазерного излучения инфракрасного диапазона осуществляется по тепловому механизму, важнейшими из параметров материала подслоя, определяющими процесс формирования кристаллической структуры серебра, являются коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Как следует из литературных источников, значения этих коэффициентов возрастают в ряду материалов подслоя: титан, ванадий, хром, медь. А, значит, в этой же последовательности возрастает эффективность теплоотвода от зоны лазерного воздействия, то есть уменьшается влияние лазерного излучения на процесс кристаллизации серебра.

Следовательно, использование метода атомно-силовой микроскопии позволяет выявить влияние как воздействия лазерного излучения, так и природы материала подслоя на процесс формирования кристаллической структуры покрытия серебра.