

Особенности проведения динамической силовой литографии при создании наноструктур**Жуков М.В.** – к.т.н., н.с.

(Институт аналитического приборостроения Российской академии наук – ИАП РАН)

Введение. При использовании метода динамической силовой литографии (ДСЛ) [1] можно воспроизводить сложные структуры, обладающие интересными свойствами, например, дифракционные решетки, фотонные кристаллы [2], супер-гидрофобные структуры наподобие «эффекта лотоса» [3], защитные метки и т.п. Задачи формирования нано- и микроструктур высокого разрешения с заданными характеристиками рельефа имеют высокую значимость. Методами ДСЛ можно создавать структуры малых размеров на объектах как живой, так и неживой природы. По сравнению другими методами, например, с получившим широкое распространение методами фотолитографии или электронной литографии, методы ДСЛ имеют свои преимущества: не требуется промежуточные материалы (фоторезист), не нужны дорогостоящие маски, операции проявления и промывки поверхности, - формирование структуры происходит сразу в локальной области. Тем не менее, для проведения качественной ДСЛ стоит учитывать различные аспекты, такие как форма и острота зонда, материал подложки, прикладываемые силы воздействия, время/скорость воздействия и т.п.

Основная часть. Для изготовления W зондов с радиусом закругления вершины около 50-100 нм был использован метод электрохимического травления. Подобрана оптимальная форма зонда для ДСЛ, выдерживающая многократные силовые воздействия. Для контроля формы и размеров зондов использовался сканирующий (растровый) электронный микроскоп Quanta Inspect (FEI). Измерения проводились на приборе NanoTutor (НТ-СПб) в режиме динамической силовой литографии и атомно-силовой микроскопии (АСМ). Область литографии выбиралась в максимально гладком месте с размерами около 10-30 мкм. В качестве объектов были выбраны гладкие подложки полимера (поликарбонат), тонкие золотые слои 10-30 нм для задач фотоники, а также биологические структуры (кутикулы волоса). В качестве создаваемых структур были выбраны дифракционные решетки различного периода, фотонные кристаллы (воспроизведение поверхности структурной окраски крыла бабочки), графические матричные коды (QR-коды, штрих-коды), различные логотипы. Подобраны оптимальные параметры скорости и силы литографии для сохранения механической устойчивости зондов и создания качественных структур. Приведена оценка сил, действующих на зонд в процессе ДСЛ. Изучены случаи появления дефектов на формируемых структурах при литографии, например, наросты материала по краям реза, смещение структуры под воздействием теплового дрейфа и т.п. Даны рекомендации по устранению появления дефектов и подобраны оптимальные параметры ДСЛ. Обнаружены, изучены и устранены артефакты АСМ-изображений.

Выводы. Была подобрана оптимальная форма зонда (длина зонда, телесный угол) для повышения устойчивости в режиме силовой литографии, изучена его геометрия и размеры, а также подобраны оптимальные параметры динамической силовой литографии в зависимости от природы образца при формировании различных нано- и микроразмерных структур.

Список использованных источников:

1. Голубок А. О., и др. Динамическая силовая литография на тонких металлических пленках в сканирующем зондовом микроскопе с пьезорезонансным датчиком локального взаимодействия // Научное приборостроение. – 2011. – №21. – С. 31-43.
2. Waterhouse G. I. N., Waterland M. R. Opal and inverse opal photonic crystals: Fabrication and characterization // Polyhedron. – 2007. – Т. 26. – №. 2. – С. 356-368.
3. Жуков М.В. Исследование микро- и наноструктуры гидрофобной поверхности растений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – №2 (90). – С. 86-92.