

# Бесконтактное формирование нанорельефа поверхности методом сканирующей туннельной микроскопии

*А.В.Николаевский\**

*\*\* Государственное научное учреждение «Научно-исследовательский институт перспективных материалов и технологий Московского института электроники и математики (технического университета)» (ГНУ «НИИ ПМТ»),  
115054 Москва, ул. М. Пионерская, 12, [niipmt@mail.ru](mailto:niipmt@mail.ru)*

Исследования показали, что на базе сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) возможна разработка новой технологии, в основе которой лежит применение туннельного зонда как для визуализации объектов на подложке, так и для формирования их в нанометровых областях [1,2].

Основными факторами, определяющими процессы зондовой нанотехнологии, являются: локальные электрические поля, сравнимые с внутримолекулярными и атомными; сверхбольшие плотности токов до  $10^9$  А/см<sup>2</sup> и их электродинамическое воздействие, а также сверхплотные локальные потоки тепла, вызванные протекающими токами[3,4].

В работе исследовано влияние параметров туннельного зазора СТМ на поверхность тонких пленок Pt, проведена их оптимизация с целью осуществления бесконтактного формирования нанорельефа поверхности тонкой пленки Pt толщиной 50 нм на воздухе.

В качестве объекта исследования в работе использовалась тонкая пленка Pt, полученная распылением платиновой мишени ионами Ag<sup>+</sup> в вакууме  $2 \cdot 10^{-3}$  мм. рт. ст. на поликоровую подложку. Процесс сканирования топографии и электрополевая локальная деформация поверхности проводились в режиме сканирующей туннельной микроскопии. Рабочий инструмент для исследования и модификации поверхности – сканирующий зондовый микроскоп СММ-2000. В качестве зонда СТМ использовалась механически заточенная проволока сплава Pt с 10% Ir.

Недостатком методов бесконтактной модификации рельефа поверхности подложек является дальнедействующий характер электростатических сил, что определяет сложность контроля размерности модифицированной области и регулярности получаемых нанобъектов.

Поэтому в работе было проведено исследование и последовательное изменение режимов сканирования (в том числе для напряжения туннельного зазора с шагом 50мВ от U=50мВ до U=2500мВ, для тока туннельного зазора I от 3до 16 нА и т.д.) с целью определения оптимальных режимов управляемого воздействия.

В результате после серии последовательных геометрически сконфигурированных воздействий был получен участок с заданной геометрией нанорельефа поверхности (рисунок 1) при следующих параметрах воздействия: I(ток)=16нА, U(напряжение)=2200мВ, Step(шаг)=14,7А, V(скорость)=73,70мкм/с, Meas(число измерений в точке)=8.

Size: [ 6.085 mkm x 6.085 mkm x 66.62 nm] (517 x 517 pt)

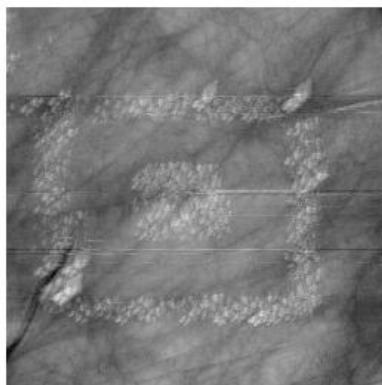
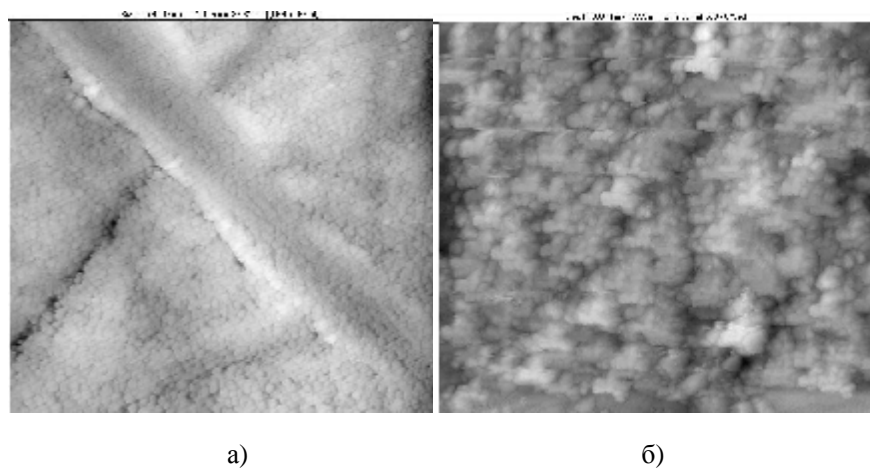


Рисунок 1 – СТМ изображение модифицированной поверхности Pt (6.085x6.085 мкм)

Возникающая в результате модификации пластическая деформация пленки Pt (рисунок 2) приводит не только к локальному изменению шероховатости пленки, но и значительно увеличивает поверхностную площадь материала [5], что может иметь применение при изготовлении электродов, катализаторов и биологически активных материалов [6].



а)

б)

Рисунок 2 – Изменение морфологии поверхности тонкой пленки Pt в результате электрополевой пластической деформации: СТМ изображение а) исходной поверхности, б) модифицированной поверхности

В результате экспериментальных исследований была продемонстрирована возможность одновременного создания, контроля и визуализации процессов модификации поверхности с помощью сканирующей туннельной микроскопии.

Была получена заведомо сконфигурированная поверхность пленки Pt, бесконтактно модифицированная в нанометровом масштабе, с более развитым рельефом относительно первоначальной поверхности и необратимыми морфологическими изменениями.

## Литература

1. Eigler D.M., Schweizer E.K. Positioning single atoms with a scanning tunneling microscope. *Nature* (1990) v.344, No. Pt. p.524-526.
2. Kuzkin V.I., Frolov V.D. Painting of nanoobjects on the  $\alpha$ -C:H film surface by means of STM-nanolithography // International workshop on microrobot, micromashines & microsistems, IARP-2003, Proceed. Moscow, Russia, April 2003, p.387.
3. Tobias Jungk, Ákos Hoffmann, Elisabeth Soergel. Contrast mechanisms for the detection of ferroelectric domains with scanning force microscopy. *New Journal of Physics* 11 (2009),033029 (14pp).
4. Неволин В.К. Пластическая нанодеформация образцов в туннельном микроскопе. // Письма в ЖТФ. 1988. т.14, вып.16. с. 1458-1460.
5. Mc.Cord M.A., Kern D.P., Chang T.H.P. Direct writing of submicron metallic features with STM. // *J. Vac. Sci. Technol. B.* – 1988. v.6, №6, p.1877-1880.
6. Eiichi Mine, Masayuki Shirai Preparation of Ordered Macroporous Platinum Metal Particles // *e-J. Surf. Sci. Nanotech* Vol. 4 (2006) p. 451-453.