

НЕКОТОРЫЕ ПРОСТЫЕ ТЕСТОВЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

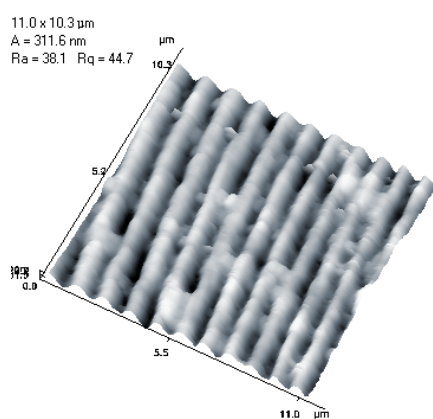
Т. А. Кузнецова^{1,2}, С. О. Пантелей³

¹ Институт порошковой металлургии, Минск, Беларусь.

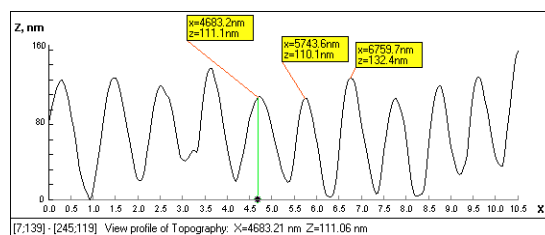
² Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь.

³ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

Некоторые особенности метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) – свертка иглы и изображения, возможный гистерезис и “старение” пьезосканера – делают необходимой постоянную проверку прибора с помощью калибровочных решеток. Стандартные поверенные калибровочные решетки необходимы при первичной настройке, метрологической аттестации и периодической поверке прибора. Без них также не обойтись, если продукция, контролируемая АСМ, подлежит сертификации гладкости поверхности по стандарту ISO9000, включающему трехмерные параметры. Однако при проведении исследований материала методом АСМ впервые часто велика потребность в промежуточном тесте – известной легко воспроизводимой структуре, размер структурных элементов которой был бы сопоставим с исследуемым материалом. В электронной микроскопии таким “неаттестованным” тестом является сетчатка глаза или ячейка крыла насекомых. Если эти объекты получают отчетливо, разрешение прибора высокое. Особенно известные структуры нужны при небольшом опыте работы с АСМ. Важным параметром промежуточных тестов является и небольшая высота структурных элементов. Например, у широко распространенных и хорошо себя зарекомендовавших калибровочных решеток фирмы “Mikromasch” TGT, TGX, TGG, TGZ высота структурных элементов решеток – от 0,2 до 1,8 мкм. Многократное сканирование в статическом режиме таких решеток может привести к затуплению иглы.



а



б

Рис. 1. АСМ-изображение поверхности полимерной пленки с голограммой: а – трехмерное изображение, поле сканирования 11x11 мкм; б – профиль поверхности

Нами предлагаются к использованию некоторые примеры достаточно про-

стых и доступных структур. Список их в дальнейшем может быть расширен. Несомненно, первоначально данные объекты должны быть проверены с максимально возможным разрешением, т.е. новой иглой. При небольшом опыте работы с АСМ необходимы параллельные исследования в другой, независимой лаборатории, оснащенной АСМ.

Для калибровки поля, определения гистерезиса трубки хорошо подходят фрагменты штампов и полимерные пленки голограмм, используемых, например, на минском заводе “Кристалл” для маркировки продукции (рис. 1). Рисунок у этих голограмм складывается из параллельных полосок одной высоты и постоянного периода. Высота полосок и расстояние между ними меняется на различных фрагментах узора рисунка размером в несколько миллиметров. Высота полос на полимерных пленках колеблется от 20 до 130 нм в зависимости от фрагмента узора. Период полосок может меняться от 600 до 1200. На поле сканирования 22x22 мкм эти параметры сохраняются приблизительно постоянными. Отклонение в размерах составляет $\pm 5\%$. Наибольшей высотой полос (300 нм) обладают металлические штампы для голограмм (рис. 2).

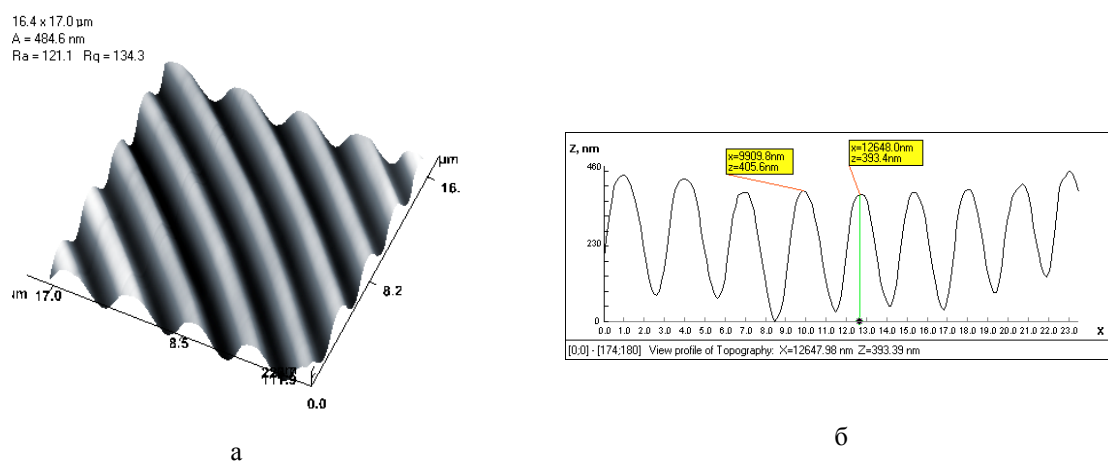


Рис. 2. АСМ-изображение поверхности металлической формы для голограммы: а – трехмерное изображение, поле сканирования 16x17 мкм; б – профиль поверхности

Для контроля за изменениями размера и формы острия иглы хорошо подходят тонкие пластинки корунда Al_2O_3 . Структура представляет собой гексагональную плотнейшую упаковку сферических кристаллитов диаметром около 100–200 нм (рис. 3). Если острие зонда тупится, размер полусфер увеличивается и форма отклоняется от правильной сферической.

Традиционная сфера применения АСМ – биологические объекты. Жесткость этих объектов несравненно ниже поверхности твердых тел. Хорошо воспроизводимым объектом являются бактерии “*Ervinia carotovora*”, зафиксированные на стекле (рис. 4). Бактерии представляют собой эллипсоидные палочки со средней длиной 2 мкм, шириной 600–700 нм и высотой 150 нм. Особенно хорошей будет считаться настройка прибора, если кроме формы и размера удастся определить внутреннюю структуру бактерий: ядро, “усики” и глобулы на поверхности.

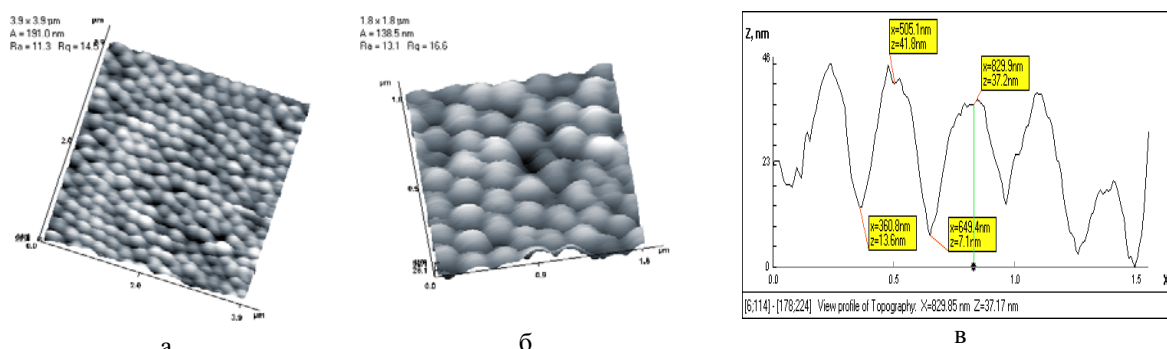


Рис. 3. Поверхность корунда (Al_2O_3). а – трехмерное изображение, поле сканирования 4x4 мкм; б – трехмерное изображение, поле сканирования 1,6x1,6 мкм; в – профиль поверхности

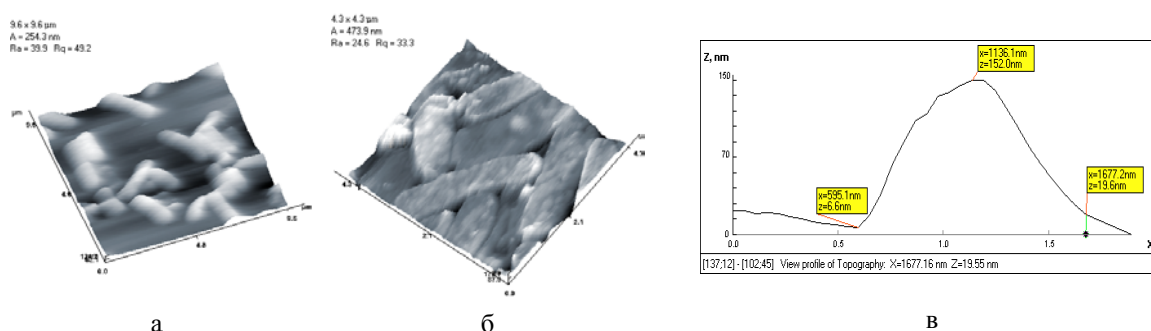


Рис. 4. АСМ-изображение бактерий “*Ervinia carotovora*”: а – трехмерное изображение, поле сканирования 10x10 мкм; б – трехмерное изображение, поле сканирования 4,3x4,3 мкм; в – профиль поверхности

Использование предлагаемых промежуточных тестовых структур в исследованиях методом АСМ позволит контролировать нелинейность пьезотрубки прибора и изменение формы зонда в процессе работы, выбирать оптимальный режим сканирования (статический или динамический), оптимальную силу прижатия зонда к поверхности и скорость обратной связи для собственных объектов исследования.