

8. Куровский А.В., Андреева Ю.В., Брейт Д.В., Шептор А.С., Ромашова Д.Е., Стародубцев А.Е., Петроченко К.А., Якимов Ю.Е. Влияние вод рек Улу-Юл и Илиндук на аллометрические соотношения корень/побег у пшеницы и томатов // Гуминовые вещества в водах бассейна реки Улу-Юл. Эколого-физиологическое влияние на растения, под ред. Куровского А.В., Куровского В.Н. (Вып. 1). – Томск: Изд-во ТГУ, 2019. – С. 52-99.

Цай Дини (Китай),  
Пань Мэнхуа (Китай),  
Цзи Синьюй (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск  
Научный руководитель: Воронова Гульнара Альфридовна,  
канд. хим. наук, доцент

### МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ОКСИДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

***Abstract.** The study characterized the surface roughness of anodic aluminum oxide (AAO) films by using atomic force microscopy (AFM). The surface of the AAO thin film prepared under different treatment time was imaged by AC electron charge integral scanning probe microscope (ACM), and the correlation analysis was carried out. The experimental results show that when the preparation time is about 1 hour, the average surface roughness of AAO is about 3.2 nm; and as the preparation time continues to increase, the roughness gradually increases and presents a complex pore structure. In addition, by comparing the SEM images and AFM images of AAO films, some limitations and differences between the two methods in characterizing the AAO surface roughness were found, and the possible reasons for these differences were discussed.*

**Введение.** Анодированный оксид алюминия (АОА) может образовывать на своей поверхности регулярно расположенную пористую структуру и имеет широкий спектр применения в оптоэлектронике [1-4], биомедицине, накоплении энергии, катализе и других областях. Масуда и Фукуда открыли самоорганизующиеся массивы пор в 1995 году. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [5], так как пористые пленки обладают многими уникальными свой-

ствами (высокое соотношение сторон, оптическая прозрачность, биологическая инертность), механической прочностью, термической и химической стойкостью, однако шероховатость и морфология пор поверхности АОА зависят от условий получения. Между разными типами существуют большие различия, что создает определенные проблемы и ограничивает его применение.

С непрерывным развитием и зрелостью технологии атомно-силовой микроскопии (АСМ) она стала одним из эффективных инструментов для характеристики шероховатости поверхности, морфологии и структуры пор материалов. Эта статья направлена на изучение возможности использования АСМ для характеристики шероховатости поверхности АОА, а также обсуждение ограничений, преимуществ и недостатков использования технологии АСМ для характеристики шероховатости поверхности АОА.

**Экспериментальная часть.** Алюминиевый лист чистотой 99,99 % и толщиной 0,5 мм нарезают на соответствующий размер и отжигают на воздухе в течение 4 часов при температуре 450-500° С в муфельной печи. Затем образец подвергли электрополировке в течение 3 минут при постоянном напряжении 20 В и температуре 60 °С в растворе  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (85 % по объему) +  $\text{CrO}_3$  (92 г/л) для удаления блокирующего слоя оксида. В подготовленной электродной системе с анодированным алюминиевым листом в качестве анода и платиновой сеткой в качестве катода для анодирования используют сернокислотно-глиноземистый электролит при постоянном напряжении и плотности тока для получения соответствующей пленки АОА. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) использовалась для получения изображений и измерения шероховатости пленок АОА с различным временем подготовки. Наконец, данные изображения Gwyddion обрабатываются, анализируются и наносятся на график с помощью программного обеспечения Nanoscope.

**Результаты.** На рисунках 1 и 2 представлены схемы отображения АСМ в различных контактных режимах. Используйте программу Gwyddion для обработки АСМ-изображений. Для образца №.1 и 2 получили средние значения шероховатости (Ra) 9,11 нм и 33,2 нм соответственно.

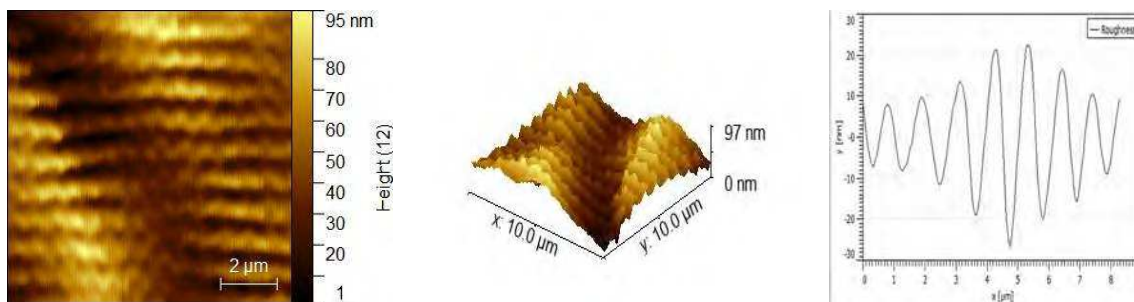


Рис. 1. 2D- и 3D- Средний профиль поверхности изображения АСМ в полуконтактном режиме

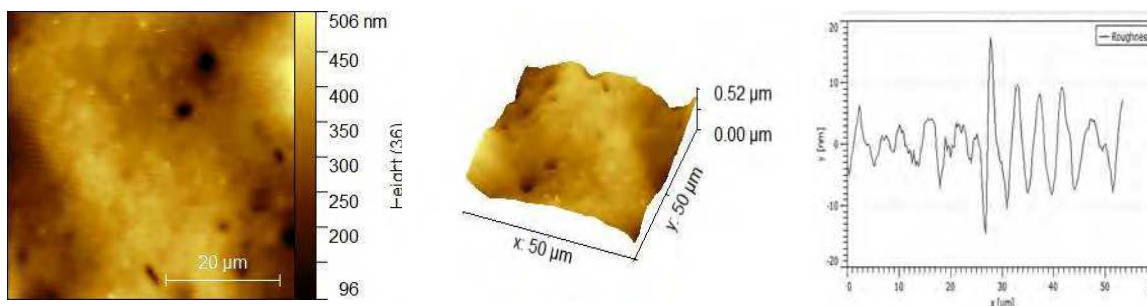


Рис. 2. 2D- и 3D- Средний профиль поверхности изображения АСМ в контактном режиме

На рис. 3 приведено изображение поверхности, полученное в режиме LF, что дало возможность более охарактеризовать поверхность.

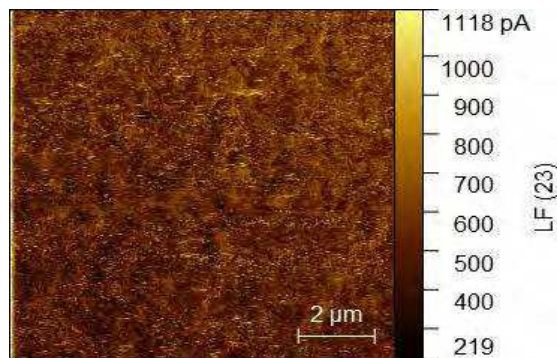


Рис. 3 Изображение ,Полученное в режиме LF

**Заключение.** Полуконтактный режим получает данные через механизм управления с обратной связью, а параметр шероховатости, рассчитанный в соответствии с высотой поверхности, составляет 9,11 нм, а контактный режим АСМ сканирует путем непосредственного контакта с поверхностью образца, и полученная шероховатость составляет 33,2 нм.

Поэтому разные режимы АСМ подходят для разных типов образцов и исследовательских целей, и результаты измерений будут разными. Необходимо выбрать соответствующий метод в соответствии с конкретными экспериментальными требованиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shingubara, S., Okini, O., Sayama, Y. Ordered two-dimensional nanowire array formation using self-organized nanoholes of anodically oxidized aluminum // *Jpn. J. Appl. Phys.* 1997. V. 36. P. 7791-7795.
2. Li, A.P., Muller, F., Birner, A. et al. Hexagonal pore arrays with a 50-420 nm interpore distance formed by self-organization in anodic alumina // *Jpn. of Appl. Phys.* 1998. V. 84 (1). P. 6023-6027.
3. Routkevitch, D., Bigioni, T., Moskovits, M. et al. Electrochemical fabrication of CdS nano-wire arrays in porous anodic aluminum oxide templates // *J. Phys. Chem.* 1996. V. 100. P. 14037-14047.
4. Martin, Ch.R. Nanomaterials: A membrane-based synthetic approach // *Science*. 1994. V. 266. P. 1961-1966.
5. Т. Тилеуберди, С. Цзи, М. Пань, А. Люй, Ц. Хуан, Г.А. Воронова // *Вестник Томского государственного университета. Химия*. 2020.

Чэнь Сюань (Китай),

Шевченко Иван Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,  
канд. хим. наук, доцент

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ МАСЛА ПИХТЫ И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ**

#### **Введение**

Сталь используется во многих отраслях промышленности из-за ее механической прочности и относительно низкой стоимости, но ее коррозия является неизбежной проблемой. В ряде случаев замедлить процесс разрушения металлов можно с помощью ингибиторов, при этом введение в их состав наночастиц оксидов металлов может значительно увеличить антикоррозионный эффект [1, 2].