

нефтегазовой отрасли в целом, что требует комплексного подхода к разработке месторождений в Арктике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Готье Д.Л. Научный журнал Оценка неоткрытых запасов нефти и газа в Арктике // Science. – 2009. – Т. 324, №. 5931. – С. 1175–1179.
2. Геологи МГУ: Хребет Менделеева имеет континентальный фундамент // URL: https://www.msu.ru/science/main_themes/geologimgu-khrebet-mendeleeva-imeet-kontinentalnyu-fundament.html (дата обращения 21.03.2021).
3. Амирагян А.С. Освоение УВ-Ресурсов шельфа // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2017. – Т. 68, № 8. – С. 19-22.
4. Ильинова А.А., Дмитриева Д.М. Механизм инновационного развития арктической зоны России // Международный журнал машиностроения и технологий. – 2018. – Т. 9, № 9. – С. 1439–1451.

Пань Мэнхуа (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Воронова Гульнара Альфридовна,
к.т.н., доцент

МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ АНОДИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Введение

Нанопористые материалы, такие как пористый кремний, оксид алюминия и другие оксиды металлов, активно исследуемые современными методами, за счет своей развитой структуры широко применяются во многих областях науки и техники, например, в качестве чувствительных слоев для сенсорных устройств. Широкое промышленное использование процессов анодного окисления алюминия обусловило интенсивное исследование структуры и свойств анодных покрытий алюминия [1].

Сканирующий зондовый микроскоп с высоким разрешением и адаптируемый к работе в атмосферных условиях становится прямым методом измерения микроскопического масштаба. Можно не только

получить трехмерную топографию поверхности образца, но и одновременно собрать электрическую информацию. Поэтому сканирующие зондовые микроскопы играют важную роль во многих дисциплинах, в том числе в исследовании нанопористых материалов в виде оксида алюминия, кремния и других.

Экспериментальная часть

В программе Image Analysis обработаны изображения, полученные методом АСМ на микроскопе Ntegra Aura в Наноцентре ТПУ (039 ауд, 10 корпус).

1. Первая стадия анодирования в водном растворе щавелевой кислоты.

Характеристики процесса анодирования алюминия, а именно зависимость плотности тока от времени, при постоянном напряжении 56-60 В в щавелевокислом электролите (3М С₂Н₂О₄) показаны на рис. 1. Подобно анодированию в ортофосфорном электролите, все они обнаруживают приблизительно линейное начальное понижение тока в течении 10-20 сек, за которым следует уменьшение скорости падения плотности тока, затем параметр j стабилизируется и принимает постоянное значение $1,6 \div 1,8$ мА/см².

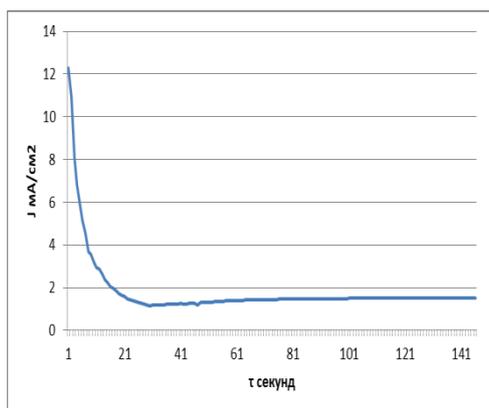


Рисунок 1. Зависимость плотности тока от времени ($U_a=56-60$ В) для АОА полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите

Диаметры пор, полученные на первой стадии анодирования в щавелевой кислоте, находились в диапазоне $63-78 \pm 4$ нм (рис. 3 б). Поры имели неправильную круглую форму, а также наблюдались поры неправильной формы, заметна шероховатость исходной поверхности алюминия. Толщина оксидного слоя, определенная методом профилометрии, составила 13 мкм.

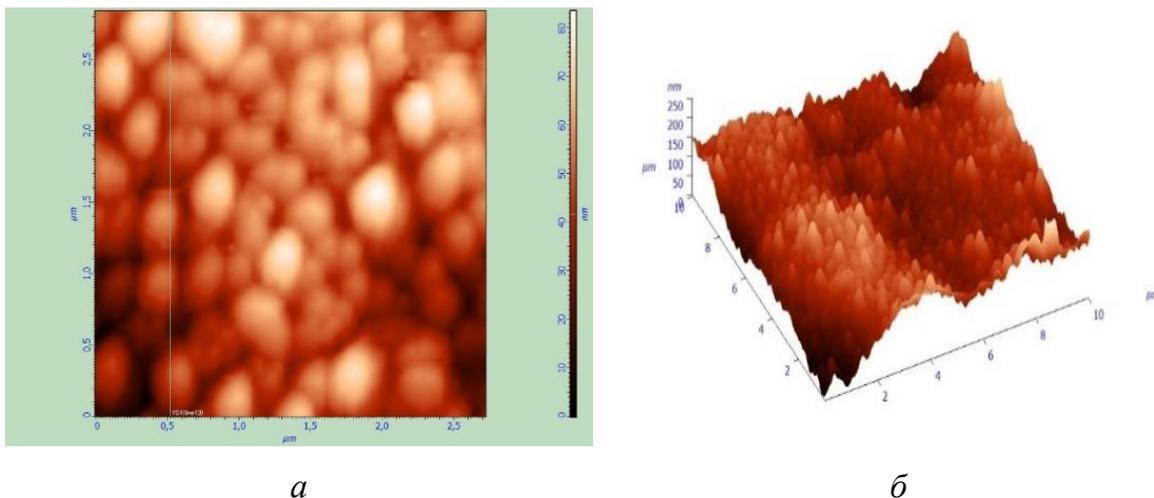


Рисунок 2. АСМ изображение поверхности АОА, полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите, ГСР: а) 2D, б) 3D

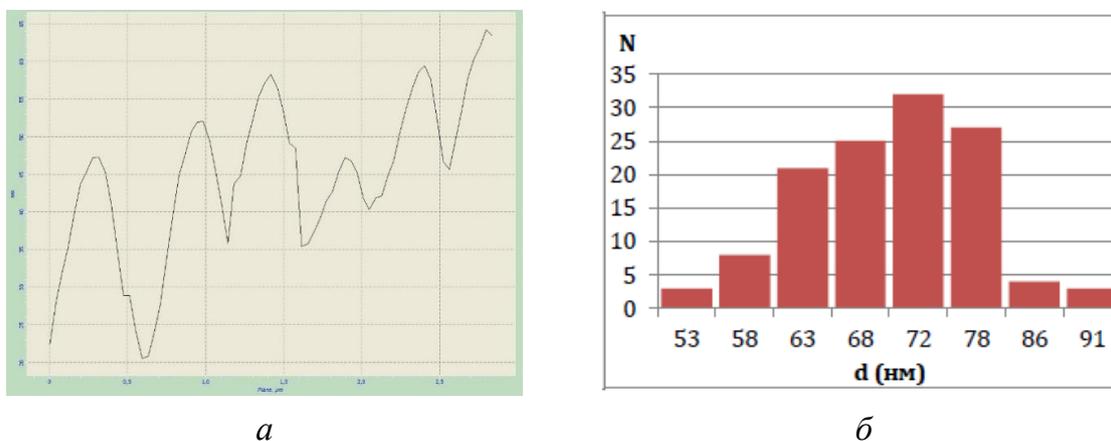


Рисунок 3. а) Шероховатость, б) Распределение образующихся пор по размеру ($U_a=56-60$ В) для АОА полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите

Как показано на рис. 4, зависимость U_a (τ_a) для анодирования в режиме ГСР имеет три участка. Первый участок отвечает началу появления барьерного слоя, после образования барьерного слоя начинают образовываться поры (участок 2), а затем на участке 3 идет увеличение толщины пористого слоя.

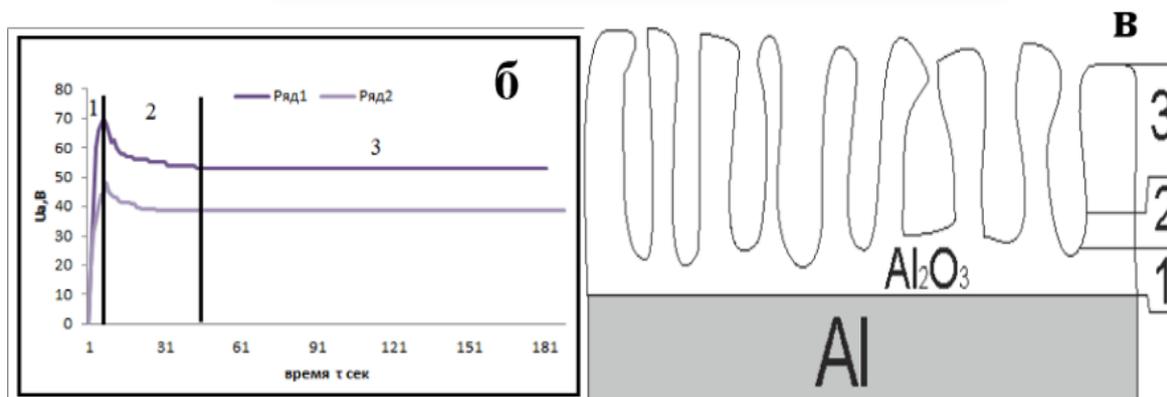


Рисунок 4. Зависимость $U_a(t_a)$ для ГСП-анодирования А97 в 3М $C_2H_2O_4$, $T_a=283K$, на первой стадии при различной плотности тока j_a :
 1) 1,5-1,8 mA/cm^2 , 2) 2,5-3 mA/cm^2

2. Удаление оксидного слоя АОА, полученного на первой стадии вщавелевой кислоте

После первого этапа большая часть пор будет закрыта. С помощью травления в электролите $CrO_3 + H_3PO_4$ слой АОА удалили. Этот процесс занимает около 5 минут при температуре $60^\circ C$, но время зависит от толщины поры и времени анодирования. На рис.5 (а) показано АСМ изображение поверхность АОА, полученного в электролите 3М $C_2H_2O_4$ после стравления АОА, полученного на первой стадии. Видно, что поверхность алюминия представляет из себя пористый след от удаленного АОА, также видны остатки неудалённого оксида. На рис.5 (б) приведено распределение пор по размерам, средний размер пор 120-175 нм.

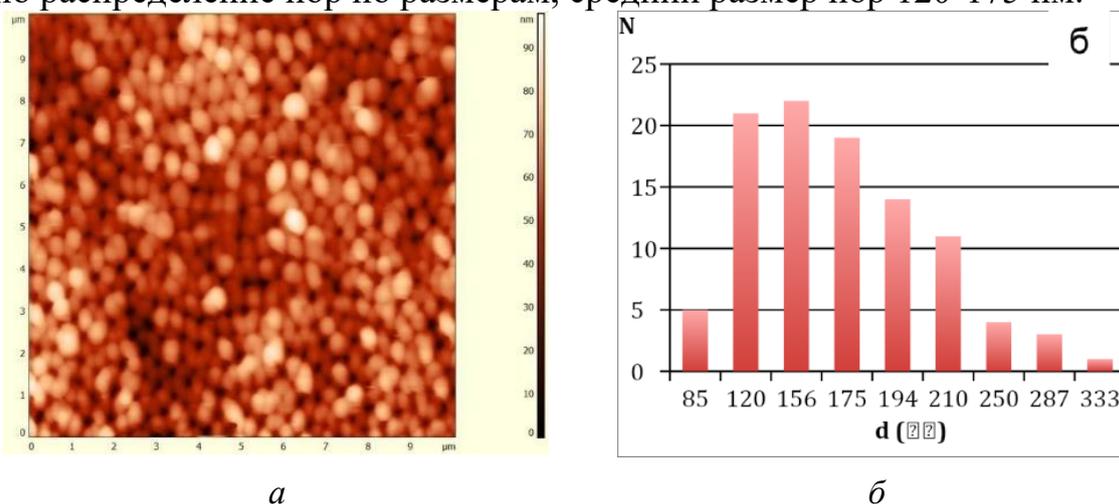


Рисунок 5. а) АСМ изображение поверхности АОА, полученного в электролите 3М $C_2H_2O_4$ после травления АОА, образованного на первой стадии, б) распределение образующихся пор по размеру

После стравливания оксида, полученного на первой стадии в том же самом электролите проводили вторую стадию.

3. Вторая ступень анодирования в водном растворе щавелевой кислоты

На рис.6 показаны микрофотоснимки, полученные с помощью АСМ, поверхностей анодных пленок, сформированных при различных плотностях тока в щавелевой кислоте. Микрофотографии показывают равномерно распределенные поры ($j= 2,5$ до $3 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$), которые подобны пленкам, образованным в ортофосфорной кислоте.

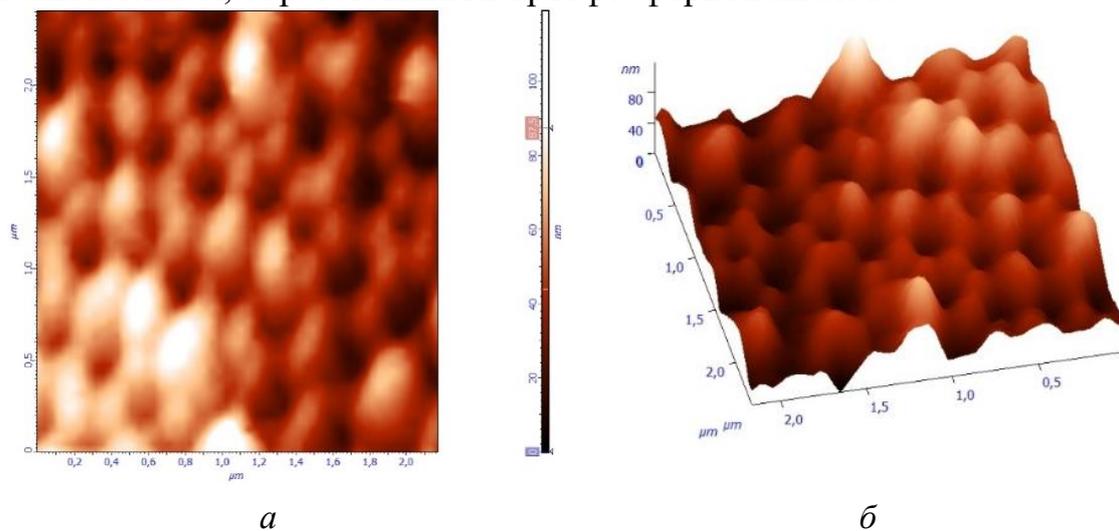


Рисунок 6. АСМ изображение поверхности АОА, полученного на второй стадии в щавелевокислом электролите: а) 2D, б) 3D

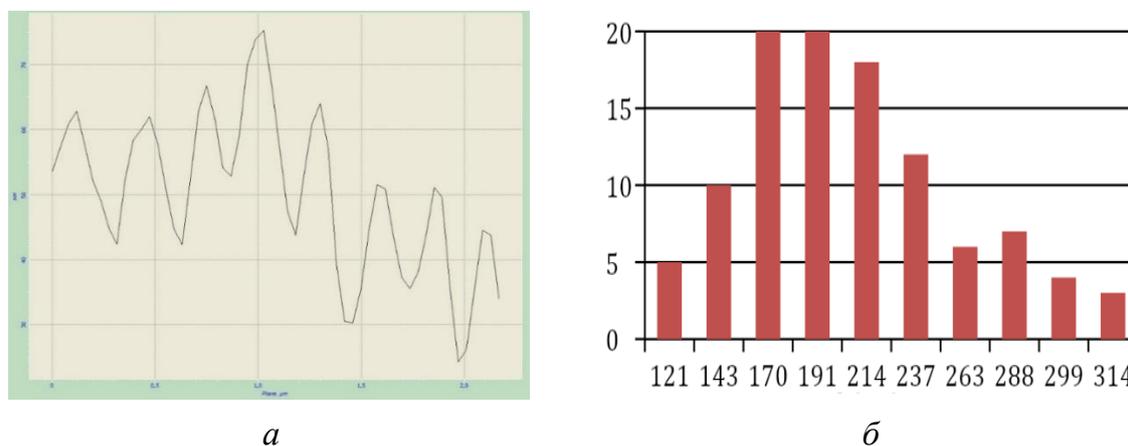


Рисунок 7. а) Шероховатость, б) Распределение образующихся пор по размеру для АОА полученного на второй стадии в щавелевокислом электролите

Диаметры пор, полученные в щавелевой кислоте, находились в диапазоне $170-214 \pm 10 \text{ nm}$ (рис. 7 б). Поры имели переменную форму, а

именно круглую, треугольную и прямоугольную, как а также нестандартные типы, на которые влияют пики и впадины в шероховатости исходной поверхности наплавленного алюминия. Здесь использовалась для катода чисти Al.

Заключение

Сравнивая данные, мы можем узнать, что двухэтапный процесс анодирования в 0,3М щавелевой кислоте в качестве электролита помогает получить более упорядоченный АОА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самигуллин Р. Ш., Шиманова В. В. Формирование мембран на основе пористого оксида алюминия и основные области их применения // Молодой ученый. – 2014. – № 7 (66). – С. 10 – 12.

Пань Нин (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Беляев Александр Сергеевич, ассистент

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОДВОДНОГО ЗРЕНИЯ РОБОТОВ

По мере того как человеческое общество постепенно вступает в информационную эпоху, технология компьютерного зрения также достигает беспрецедентного развития. Из-за внимания людей к подводной среде, морским ресурсам и морской экологии в последние годы подводному компьютерному зрению также уделяется большое внимание.

Из-за суровых подводных условий полученные подводные изображения серьезно ухудшаются. Речь идет об отклонении цвета, вызванном поглощением света, размытии деталей, вызванном рассеянием света вперед, и низком контрасте, вызванном рассеянием света назад.

С прогрессом человеческого общества и развитием науки и технологий разработка технологий улучшения изображений примерно прошла четыре стадии: период запуска, период разработки, период популяризации и период применения.

Первый период начался в 1960-х годах, когда изображения сканировались и отображались с использованием растров на основе пикселей, и большинство из них обрабатывались на средних и больших компьютерах.