

## АНОДНОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тилеуберди Тауба, Г.А. Воронова

Научный руководитель: доцент, к.х.н. Г.А. Воронова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [tauba\\_94@mail.ru](mailto:tauba_94@mail.ru)

## ANODIC OXIDATION OF ALUMINIUM FOR MEMBRANE TECHNOLOGIES

Tileuberdi Tauba, G.A. Voronova

Scientific Supervisor: Ph.D. of Chemical Sciences G.A. Voronova

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [tauba\\_94@mail.ru](mailto:tauba_94@mail.ru)

**Abstract.** *Anodizing is widely used method for forming self-organized micro- and nanoporous oxide films on the surface of aluminum. The aim of investigation is to elaborate the method of 2-steps electrochemical anodizing and study the obtained surface of alumina. Fast and reliable anodizing process allows to make pure aluminum anodic oxide membranes, which can serve as a filter or template matrix for synthesis of micro- and nanoporous structures.*

**Введение.** Анодный оксид алюминия (АОА), который получают электрохимическим анодированием алюминия в растворах электролитов, представляет собой одну из характерных самоорганизующихся тонких структур с массивом микро- и наноразмерных пор.

В настоящее время существуют различные способы получения АОА с высокой степенью порядка в расположении пор, а именно: нанолитография, двухступенчатое анодирование, анодирование при высоких напряжениях и плотностях тока и др. Существующие способы получения предполагают использование чистого электрополированного металла, большие временные и энергетические затраты, применение специального дорогостоящего оборудования. Все эти факторы затрудняют внедрение технологий в производство. Разработка ресурсоэффективных подходов к созданию упорядоченных АОА является актуальной задачей [1].

Цель работы: разработка методики получения упорядоченных АОА в водных растворах электролитов в мягких условиях.

**Экспериментальная часть.** При анодировании алюминия в водных растворах электролитов образуются пленки АОА двух типов - непористые пленки барьерного типа и пористые пленки. Морфологию АОА в основном определяет химическая природа электролита. Между тем, АОА пористого типа образуются в кислотных электролитах ( $pH < 5$ ), таких как кремниевая, серная, щавелевая, ортофосфорная, хромовая, лимонная, яблочная кислота и т.д. [2]. Пленки барьерного типа и пористые пленки различаются по кинетике роста оксидов. В случае образования оксида барьерного типа в потенциостатических условиях (то есть  $U = \text{постоянная}$ ) плотность тока ( $j$ ) экспоненциально уменьшается со временем ( $t$ ) (рис. 2а, 3а).

Алюминиевую фольгу высокой чистоты (99,99%) обезжировали в растворе ацетона, промывали в дистиллированной воде, отжигали в муфельной печи в течении 5 ч при температуре 400°C, затем

подвергали электрополировке в смеси  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{CrO}_3$  до зеркальной поверхности. Далее проводили электрохимическое анодирование для формирования АОА в разных электролитах (табл.). Использовали два режима анодирования – вольтстатический (ВСП) и гальваностатический (ГСП).

Таблица 1

Условия эксперимента

№	Состав	Условия
Электролит №1	$\text{H}_3\text{PO}_4$ 10% мас.	$t=0-5\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U=85\text{ В}$ ; $\tau=5\text{ ч}$ , режим ВСП
Электролит № 2	3М $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$T=0-10^\circ\text{C}$ ; $U=40\text{ В}$ ; $\tau=7\text{ ч}$ , режим ВСП

Поверхностный слой образцов АОА изучали с помощью атомно-силового микроскопа АСМ - NT-MDT. Результаты приведены на рис. 1.

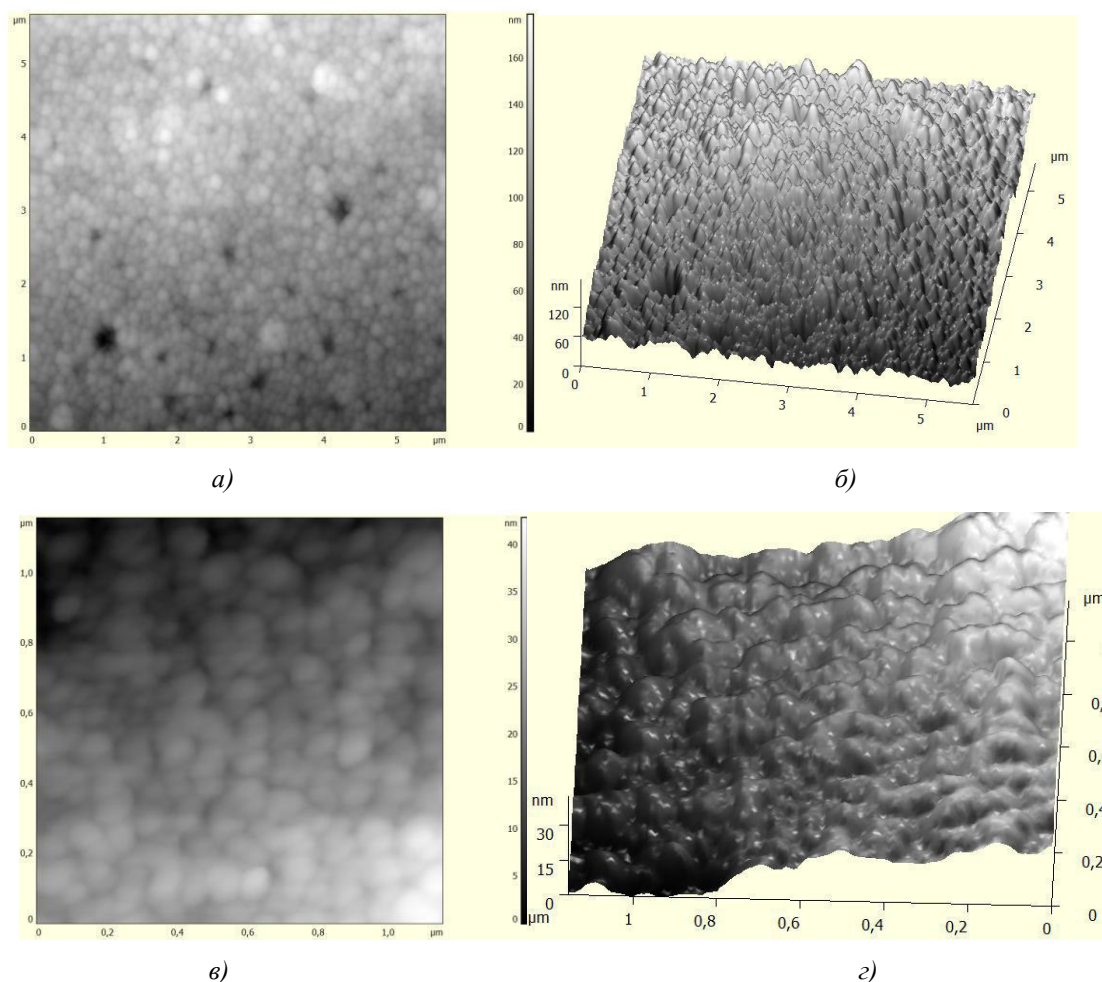


Рис. 1. Поверхность АОА, полученного в электролите № 1 (а, б), в электролите № 2 (в, г)

**Результаты.** Анодирование алюминия привело к формированию пористых АОА со неупорядоченным расположением ячеек/пор, т. е. аморфной мезоструктурой (рис. 1). На рис. 2 и 3 приведены зависимости тока ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ ) от времени и распределение образующихся пор по размеру.

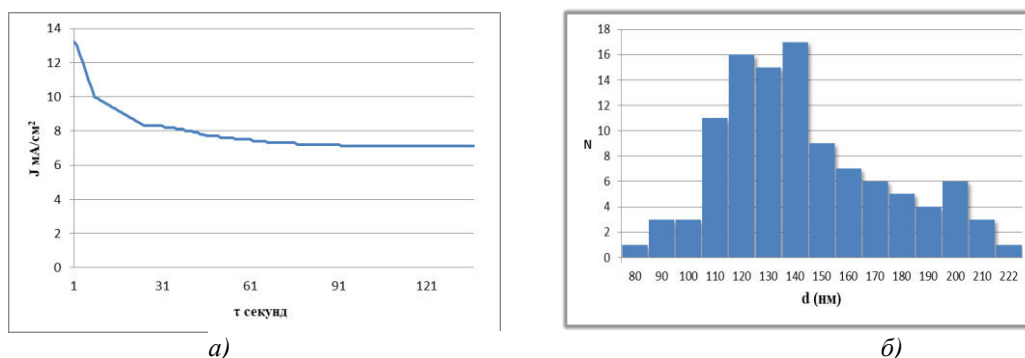


Рис. 2. Зависимость плотности тока от времени (а) и распределение образующихся пор по размеру (б) для АОА полученного в электролите № 1 ( $U_a=85$  В)

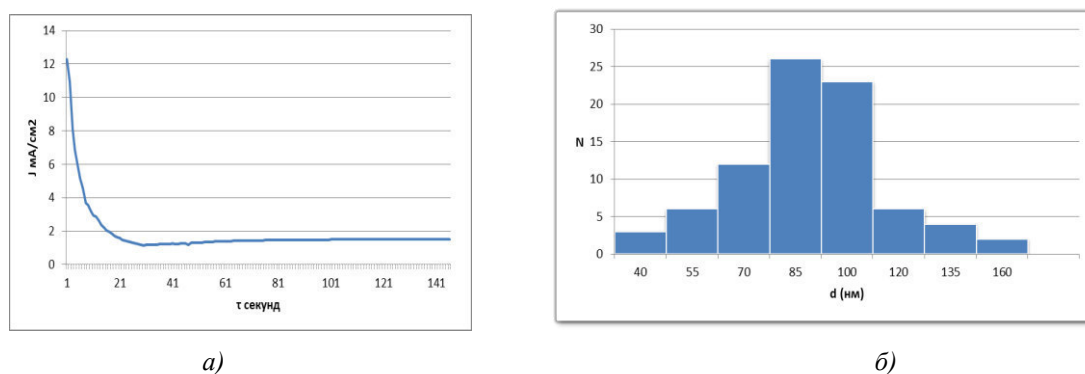


Рис. 3. Зависимость плотности тока от времени (а) и распределение образующихся пор по размеру (б) для АОА полученного в электролите № 2 ( $U_a=40$  В)

Как видно на рис. 1-3, условия анодирования оказывают влияние на характеристики АОА. Распределение пор по размеру имеет широкий мономодальный вид для обоих электролитов, но максимум распределения пор для электролита №1 составляет 40 нм, а для электролита №2 85 нм. Зависимость плотности тока от времени процесса показывает три стадии: начало окисления, начало формирования пор, рост пор. Однако для электролита № 2 эта зависимость свидетельствует о более интенсивном процессе окислирования, что приводит к формированию пор меньшего диаметра.

**Заключение.** Анодирование алюминия в растворе щавелевой кислоты (электролит № 2) дает возможность формирования пор меньшего диаметра (40 нм в среднем). За счет более агрессивного действия электролит № 1 (ортофосфорная кислота) способен частично растворять образующиеся мелкие поры и способствует росту пор с диаметром 85 нм в среднем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокатев А. Н Наноструктурирование поверхности металлов и сплавов//Конденсированные среды и межфазные границы. – 2015. – Т. 17., № 2, – С. 137-152.
2. Woo Lee, Sang-Joon Park. Porous anodic aluminum oxide: Anodization and template synthesis of functional nanostructures // Chemical Review – 2014. – С. 7487-7556.