

УДК 669.713.7

АНОДИРОВАНИЕ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

И.А. Аккозиев, А.А. Жээнбеков, П.Д. Демьянович, Д.П. Демьянович

Исследованы процессы роста пористых оксидных пленок на поверхности алюминия и его сплавов в различных электролитах. Получены параметрические результаты образования пористых оксидных пленок на поверхности алюминия и его сплавов для разработанных электролитов и режимов анодирования.

Ключевые слова: нанотехнология; наноструктура; самоформирование наноструктур; оксидная наноструктура; анодирование алюминия; поверхностный эффект.

ANODIZING OF ALUMINUM AND ITS ALLOYS

I.A. Akkoziev, A.A. Jeenbekov, P.D. Demianovich, D.P. Demianovich

The paper describes the study of growth processes porous oxide films on aluminum and its alloys in various electrolytes. The authors obtained parametric formation of porous oxide layers on the surface of aluminum and its alloys developed for the electrolytes and anodizing conditions.

Keywords: nanotechnology; nanostructures; nanostructures self-formation; the oxide nanostructure; anodizing of aluminum; the surface effect.

В настоящее время в разных странах мира проводятся работы по созданию различных наноструктур и исследованию их свойств. Большой интерес представляют методы создания наноструктур, в основу которых положен принцип самоформирования. Одним из материалов, подходящим для создания наноструктур на основе самоформирования, является алюминий. Установлено, что с помощью известных технологий на его поверхности возможно образование пористой оксидной наноструктуры с высокой степенью упорядоченности пор.

При создании приборов для микро- и наноэлектроники все чаще используются принципы поверхностных эффектов материалов с развитой поверхностью. К таким материалам относится и пористый оксид алюминия.

Пока еще нет единой теории, описывающей все фазы процесса образования пористой оксидной пленки на алюминии. В большинстве теоретических работ [1–5] показано, что технология образования оксидной пленки на алюминии представляет собой комплекс целого ряда химических и физических процессов. Из них наиболее хорошо изучен процесс химического окисления алюминия.

В работах [2, 3] показано, что ионы алюминия диффундируют к поверхности оксидного слоя, куда подходят ионы кислорода из электролита, и образование новых слоев оксида происходит вблизи

границы оксидная пленка-электролит. Таким образом, механизм анодного окисления алюминия связан с переносом алюминия и кислорода через растущий оксидный слой под действием электрического поля с реакциями образования комплексов на внутренних и внешних границах оксида. Увеличение объема оксида алюминия будет пропорционально потоку ионов алюминия в данную область. Согласно литературным данным, поры в оксидной пленке образуются только в растворяющих оксид электролитах.

В зависимости от выбора состава электролита, т.е. концентрации и типа кислоты, формируется оксидная пленка с порами различного диаметра. Существует также зависимость между анодным напряжением и типом кислоты. Температура электролита также играет важную роль в процессе получения твердых оксидных пленок. При понижении температуры происходит преобладание процесса образования оксидной пленки над процессом ее растворения. В процессе исследований механизмов анодирования алюминия было установлено, что оксидная пленка формируется с высокой степенью упорядоченности в виде шестигранных призм, направленных перпендикулярно поверхности, в центре которых находится пора.

Известны химические и электрохимические способы получения оксидных пленок из растворов

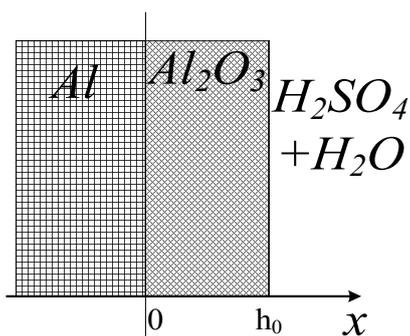


Рисунок 1 – Схема образования беспористого барьерного оксидного слоя

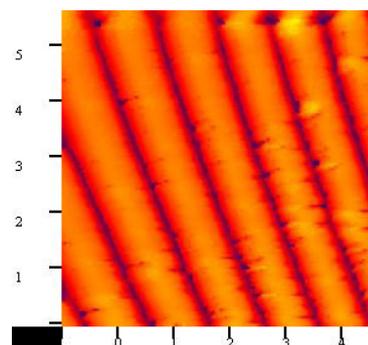


Рисунок 2 – Вид алюминиевой поверхности DVD диска после удаления оксидного слоя

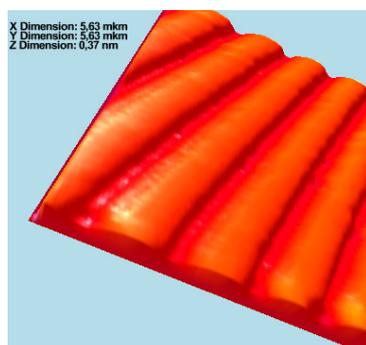


Рисунок 3 – Трехмерное изображение поверхности DVD диска после удаления оксидного слоя

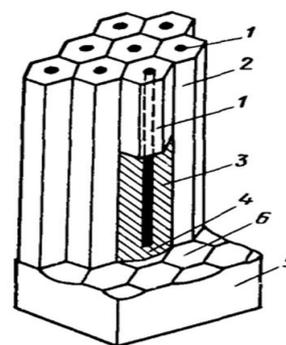
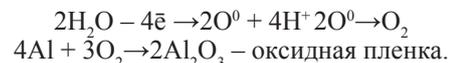
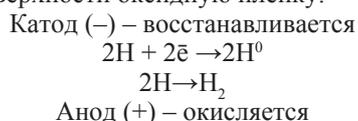


Рисунок 4 – Схема модели пористых оксидных пленок: 1 – пора; 2 – оксидная ячейка; 3 – стенка оксидной ячейки; 4 – беспористый оксидный слой барьерного типа; 5 – отпечатки оснований оксидных ячеек на поверхности алюминия; 6 – алюминий

кислот и щелочей. В качестве электролита при электрохимическом оксидировании, получившем название анодирования, применяют серную, фосфорную, щавелевую, сульфосалициловую кислоты и хромовый ангидрид. В зависимости от состава электролита, при прохождении через него тока, на алюминиевом аноде образуются продукты реакции, которые образуют на поверхности металла прочно сцепленное, электроизоляционное пористое оксидное покрытие толщиной в десятки и сотни микрон.

Наибольшее распространение для анодирования алюминиевых деталей получил серноокислый электролит. Например, при анодировании алюминиевых сплавов деталь погружают в кислый электролит (H_2SO_4) и соединяют с положительным полюсом источника тока; выделяющийся при этом кислород взаимодействует с алюминием, образуя на его поверхности оксидную плёнку.



С увеличением количества примесей в металле, повышением температуры электролитов и плотности анодного тока увеличивается нерегулярность микроструктуры оксидных покрытий (нарушается перпендикулярность роста ячеек и пор, их параметры становятся более неравномерными). Наиболее хаотичная структура наблюдается в пленках, сформированных на алюминиевых сплавах в растворах хромовой и ортофосфорной кислот.

Анодное оксидирование придает поверхности алюминия и его сплавов высокие коррозионную стойкость, твердость, износостойкость, термостойкость, каталитическую активность, декоративный вид.

В момент подачи напряжения на анод на поверхности алюминия начинается рост барьерного оксидного слоя (рисунок 1), а затем начинается образование пористого слоя (рисунок 4). Испытания на коррозионную устойчивость проводили путем

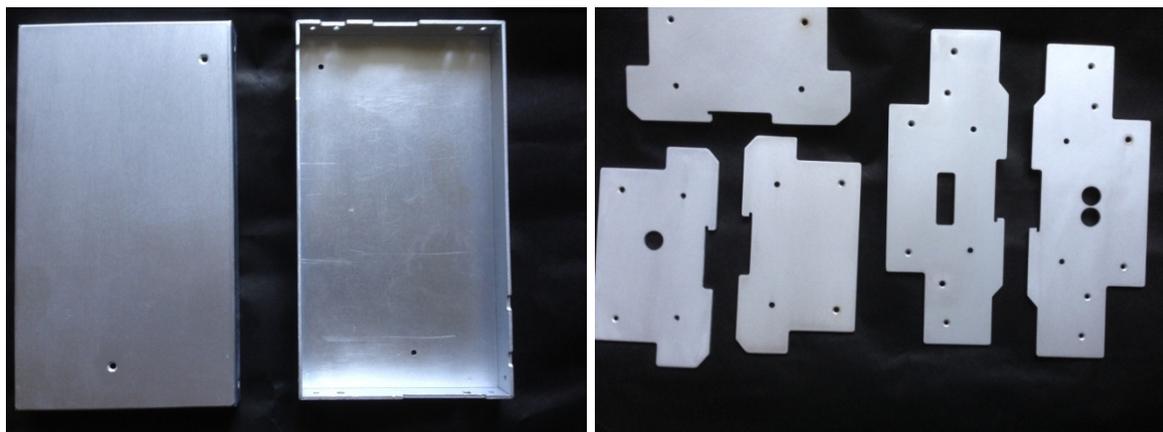


Рисунок 5 – Образцы анодированных деталей из алюминия

нанесения на поверхность образца 1 капли тестового раствора. Толщина оксидной пленки устанавливалась по времени (по числу минут) от начала нанесения капли тестового раствора на образец до начала ее позеленения.

Исследуемые образцы подвергали химическому травлению в водном растворе Cr_2O_3 при температуре 50–60 °С в течение 3–5 мин, что позволяет увеличивать диаметр полученных пор. Травление в течение 20–30 мин приводит к полному растворению оксидной пленки, этот метод используется для исследования рельефа поверхности металла под оксидным слоем. Исследование рельефа поверхности проводили с помощью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) (рисунки 2, 3).

В лаборатории оптоэлектроники КРСУ в результате лабораторных исследований была разработана и апробирована на промышленных образцах (рисунок 5) технология анодирования изделий из алюминия и его сплавов, на основе оборудования и электролитов собственной разработки.

Литература

1. *Томашов Н.Д.* Толстослойное анодирование алюминия и алюминиевых сплавов / Н.Д. Томашов, М.Н. Тюкина, Ф.П. Заливалов. М.: Машиностроение, 1968. 157 с.
2. *Аверьянов Е.Е.* Справочник по анодированию / Е.Е. Аверьянов. М.: Машиностроение, 1988. 224 с.
3. *Su Z.X.* Formation mechanism of porous anodic aluminium and titanium oxides / Z.X. Su, W.Z. Zhou // *Adv. Mater.*, 2008; 20(19): 3663–7.
4. *Sample C.* Formation of porous metal oxides in the anodization process / C. Sample, A.A. Golovin // *Physical review*. E74, 041606, 2006.
5. *Jessensky O.* Self-organized formation of hexagonal pore arrays in anodic alumina / O. Jessensky, F. Muller and U. Gosele // *Appl. Phys. Lett.*, 1998, 72, 1173.
6. *Кауль А.Р.* Химические методы синтеза неорганических веществ и материалов. Ч. 2 / А.Р. Кауль. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008. 212 с.