

Заключение диссертационного совета МГУ.014.8
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «06» июня 2025 г. № 179

О присуждении Сотничук Елене Олеговне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Пористые несущие основы из анодного оксида алюминия для высокотемпературных применений» по специальностям 1.4.15. Химия твердого тела и 1.4.6. Электрохимия принята к защите диссертационным советом «18» апреля 2025 г., протокол № 177.

Соискатель Сотничук Елена Олеговна, 1996 года рождения, в 2024 году окончила очную аспирантуру факультета наук о материалах ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по направлению 04.06.01. Химические науки. С «01» октября 2019 г. по настоящее время работает в должности инженера-исследователя на факультете наук о материалах МГУ.

Диссертация выполнена на кафедре электрохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова».

Научные руководители:

Росляков Илья Владимирович – кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», факультет наук о материалах, кафедра междисциплинарного материаловедения, ассистент,

Напольский Кирилл Сергеевич – кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени

М.В.Ломоносова», химический факультет, кафедра неорганической химии, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Давыдов Алексей Дмитриевич – доктор химических наук, профессор, ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, лаборатория электрокатализа, главный научный сотрудник,

Белоусов Валерий Васильевич – доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им А.А. Байкова РАН, лаборатория функциональной керамики №31, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник,

Дронов Алексей Алексеевич – кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Институт перспективных материалов и технологий, ведущий научный сотрудник,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой квалификацией и опытом научной работы в областях химии твёрдого тела и электрохимии, что подтверждается наличием публикаций в высокорейтинговых журналах. Давыдов Алексей Дмитриевич развивает теоретические основы тематики анодного окисления металлов и публикует исследования по моделированию протекающих процессов. В этой же сфере работает Дронов Алексей Алексеевич, однако он специализируется на экспериментальных исследованиях плёнок анодных оксидов алюминия и титана. Белоусов Валерий Васильевич является специалистом в области получения керамических материалов. Большая часть публикаций официальных оппонентов близка по направленности к теме рассмотренной диссертации.

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе 5 работ по теме диссертации, из них 5 статей, опубликованных, в рецензируемых

научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.4.15. Химия твердого тела и 1.4.6. Электрохимия.

1. Roslyakov I.V., Sotnichuk E.O., Sotnichuk S.V., Kushnir S.E., Napolskii K.S. Kinetic and crystallographic control of self-ordering of pores in anodic aluminium oxide // Journal of Solid State Electrochemistry 2025. V. 29. P. 1341-1373. DOI: 10.1007/s10008-024-06132-w. JIF = 2,6 (WoS). Объем – 2,06 п.л. / личный вклад – 20%.

2. Gordeeva* E.O., Vitkovskii V.V., Roslyakov I.V., Kostyukov I.A. Napolskii K.S. New insights into aluminium anodizing in phosphonic acid // Electrochimica Acta. 2024. V. 502. P. 144818. DOI: 10.1016/j.electacta.2024.144818. JIF = 5,5 (WoS). Объем – 0,50 п.л. / личный вклад – 50%.

3. Gordeeva E.O., Roslyakov I.V., Napolskii K.S. Aluminium anodizing in selenic acid: electrochemical behaviour, porous structure, and ordering regimes // Electrochimica Acta. 2019. V. 307, P. 13–19. DOI: 10.1016/j.electacta.2019.03.098. JIF = 5,5 (WoS). Объем – 0,44 п.л. / личный вклад – 70%.

4. Гордеева Е.О., Росляков И.В., Садыков А.И., Сучкова Т.А., Петухов Д.И., Шаталова Т.Б., Напольский К.С. Эффективность формирования пористых оксидных пленок при анодном окислении алюминия // Электрохимия. 2018. Т. 54. № 11. С. 999–1009. JIF = 1,1 (РИНЦ). Объем – 0,44 п.л. / личный вклад – 60%.

Gordeeva E.O., Roslyakov I.V., Sadykov A.I., Suchkova T.A., Petukhov D.I., Shatalova T.B., Napolskii K.S. Formation efficiency of porous oxide films in aluminum anodizing // Russian Journal of Electrochemistry. 2018. V. 54. № 11. P. 990–998. DOI: 10.1134/s0424857018130194. JIF = 1,1 (WoS), Объем – 0,56 п.л.

5. Roslyakov I.V., Gordeeva E.O., Napolskii K.S. Role of electrode reaction kinetics in self-ordering of porous anodic alumina // Electrochimica Acta. 2017. V. 241, P. 362-369. DOI: 10.1016/j.electacta.2017.04.140. JIF = 5,5 (WoS). Объем – 0,50 п.л. / личный вклад – 50%.

**Фамилия до вступления в брак*

На диссертацию и автореферат поступило 3 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

– Найдены новые условия анодирования алюминия в серной и селеновой кислотах и в смеси серной и щавелевой кислот, приводящие к формированию АОА с гексагональной упаковкой каналов в плоскости оксидной плёнки. В частности, впервые детально изучен процесс анодирования алюминия в 0,3 М селеновой кислоте в диапазоне напряжений вплоть до 100 В, на количественном уровне аттестованы массовая доля примесей, коэффициент объёмного расширения, удельный заряд, эффективность формирования оксидного слоя.

– Предложен новый универсальный подход к формированию пористого АОА с упорядоченной структурой по всей толщине материала при высоких напряжениях анодирования, который позволяет избежать перестройки пористой структуры на стадии развёртки напряжения.

– Впервые изучены фазовые превращения АОА, полученного анодированием алюминия в 1,0 М фосфористой кислоте, при термической обработке. На основе экспериментальных данных предложена программа отжига, приводящая к кристаллизации АОА в фазу корунда с сохранением исходной пористой структуры при 1300 °С в течение не менее 60 часов.

– Впервые проведено систематическое изучение механических характеристик АОА, полученного анодированием алюминия в 1,0 М фосфористой кислоте, в зависимости от параметров пористой структуры и условий термической обработки.

Практическая и теоретическая значимость работы заключается в следующих положениях:

– Новые условия формирования пористой структуры АОА с гексагональной упаковкой каналов и ранее не достижимым расстоянием между центрами соседних пор расширяют диапазон возможных практических применений материала.

– Всесторонняя аттестация процесса анодирования алюминия в селеновой и фосфористой кислотах позволила установить экспериментальные значения различных параметров изучаемых систем

(массовой доли примесей, коэффициента объёмного расширения, удельного заряда, эффективности формирования оксидного слоя, кажущейся энергии активации), которые востребованы для уточнения теоретических моделей самоорганизации структуры АОА.

– Предложенный универсальный подход к двухстадийному анодированию, ключевой стадией которого является развёртка напряжения в слабом электролите, может быть использован для формирования АОА, упорядоченного по всей толщине материала, при высоких напряжениях в различных электролитах.

– Зависимости механических свойств АОА (предела прочности и модуля Юнга) от пористости и толщины, а также термической предыстории материала могут быть использованы для моделирования результатов прочих механических испытаний, а также оценки прочностных характеристик устройств на его основе.

– Методика получения стабильных при температурах ≥ 1300 °С пористых плёнок АОА, а также демонстрация возможности формирования функциональных слоёв на их поверхности, послужат толчком к разработке высокотемпературных устройств, в частности, планарных ТОТЭ с высокими мощностными характеристиками.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– Линейная вольтамперометрия позволяет осуществлять целенаправленный поиск условий анодного окисления алюминия в порообразующих электролитах, приводящих к формированию оксидных плёнок АОА с малодефектной гексагональной упаковкой пор в плоскости.

– Плотный оксидный слой барьерного типа, предварительно сформированный на поверхности алюминия путём анодирования в растворе

слабой кислоты, эффективно снижает плотность тока при последующем ступенчатом повышении напряжения в порообразующем электролите.

– Отжиг АОА по многоступенчатой программе с медленным нагревом вблизи температур фазовых переходов приводит к кристаллизации аморфного АОА в фазу корунда с сохранением исходной морфологии пористой структуры.

– Предел прочности и модуль Юнга АОА уменьшаются при увеличении пористости и толщины, а также в результате кристаллизационного отжига.

– Методы аэрозольного напыления и центрифугирования с последующей термической обработкой позволяют формировать на поверхности АОА однородные слои твёрдого электролита YSZ микронной толщины.

На заседании «06» июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Сотничук Е.О. ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.4.15. Химия твердого тела и 4 доктора наук по специальности 1.4.6. Электрохимия, участвовавших в заседании, из 33 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 4 человека), проголосовали: за – 25, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета МГУ.014.8
д.х.н., проф., член-корр. РАН

Шевельков А.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.014.8
к.х.н.

Еремина Е.А.