

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **В.М. Куимова** «Гетеросистема «пленочный электролит $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ / композитный электрод»: взаимодействие и свойства», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия

Актуальность сугубо прикладной тематики разработки и изготовления высокотемпературных электрохимических устройств, в том числе, в первую очередь, твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), трудно переоценить. На сегодняшний день не известна более эффективная технология преобразования химической энергии окисления водорода и углеводородных видов топлива в электрическую и тепловую энергию. ТОТЭ демонстрируют рекордные значения коэффициента полезного действия (КПД), позволяют создавать гибридные установки с газовыми турбинами с достижением КПД по электрической энергии до 70%, обладают высокими экологическими характеристиками (выбросы NO_x и CO в сотни раз ниже, чем значения, указанные в экологических стандартах Евро-6 и Tier-4); отсутствие движущихся частей гарантирует бесшумность, а также большой ресурс работы и межсервисный интервал. Один из основных лимитирующих факторов, ограничивающих коммерциализацию технологии ТОТЭ, – поиск и аттестация недорогих перспективных материалов для электродов и мембран анионного проводника топливных элементов, позволяющих в том числе существенно снизить рабочую температуру устройств, что приведет к возможности использования недорогих конструкционных материалов и увеличит ресурс работы систем. Диссертационная работа В.М. Куимова посвящена задаче исследования взаимодействия пленочного электролита $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ (CZY) с материалами несущих электродов, а также влиянию данного взаимодействия на электропроводность электролита.

Диссертационная работа имеет классическую структуру: состоит из введения, литературного обзора работ по синтезу и исследованиям цирконатов щелочноземельных элементов, структур с пленочным электролитом, экспериментальной главы, посвященной методам синтеза и исследований, четырех экспериментальных глав, посвященных результатам исследований несущих электродов, пленок электролитов, их электропроводности, а также электрохимическим характеристикам топливных элементов, а также заключения, в котором приводятся выводы из диссертационной работы и кратко описаны основные результаты.

К важнейшим результатам диссертационной работы следует отнести изучение важных функциональных характеристик потенциальных материалов несущих электродов для ТОТЭ с протонными проводниками в контакте с цирконатом кальция, фазовый и элементный состав, электропроводность пленок твердого электролита, а также результаты электрохимических исследований модельных ячеек топливных элементов с тонкопленочным и толстым электролитом.

Рецензируемая работа выполнена на хорошем экспериментальном уровне, использованы современные экспериментальные методики и подходы к интерпретации полученных результатов, в том числе современные методы синтеза и характеристики материалов (ТГ, ДСК, РФСА, СЭМ, дилатометрия), а также электрохимические методики характеристики топливных элементов (импедансная спектроскопия, вольтамперные и мощностные характеристики). Неоспоримым подтверждением достоверности и надежности полученных автором результатов является использование указанных современных исследовательских методик, а также воспроизводимость экспериментальных данных при изучении серий однотипных образцов.

Автореферат диссертации написан ясным языком, информация хорошо структурирована, выводы из исследований хорошо аргументированы. Результаты, изложенные в диссертации, прошли апробацию на ряде российских и международных научных конференций по тематике работы, представительность участников которых не вызывает никаких сомнений. Основные результаты, изложенные в диссертации, были опубликованы в ведущих научных изданиях. Большая статья опубликована в журнале с высоким для тематики impact factor-ом выше 2 – Solid State Ionics, International Journal of Hydrogen Energy, Ionics. По результатам диссертации была заявлена заявка на патент.

Следует, все же, отметить ряд незначительных замечаний к автореферату:

1. В автореферате не достаточно внимание уделено обоснованию преимуществ систем ТОГЭ с протон-проводящими электролитами по сравнению с традиционными кислород-анионными системами.
2. Вызывают большие вопросы крайне высокие значения сопротивления электролита и поляризационного сопротивления электродов (рисунок 7), приводящие к крайне низким значениями плотности снимаемой с ячеек мощности на уровне 1 мВт/см^2 (рисунок 8). Думаю, стоило уделить больше внимания обсуждению полученных результатов.
3. Высокие значения сопротивления ячеек, вероятно, могли стать веской причиной для приготовления дополнительных серий образцов с целью достоверного выяснения причин и с целью снижения сопротивления.
4. Вызывает вопросы временная стабильность полученных электрохимических характеристик, крайне уместными были бы ресурсные испытания.

Указанные недостатки не снижают общего крайне положительного впечатление от автореферата диссертации и полученных диссертантом результатов, а также не влияют на общую положительную оценку указанной работы, которая приводится ниже. Считаю, что работа **В.М. Куимова** «Гетеросистема «пленочный электролит $\text{CaZr}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ / композитный электрод»: взаимодействие и свойства», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия, – соответствует требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по указанной специальности.

Заведующий Лабораторией
топливных элементов МФТИ,
к.ф.-м.н.



Агарков Дмитрий Александрович

28.01.2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(государственный университет)»,
Россия 141701, Московская область,
г. Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9
тел. +7 916 758 49 30, e-mail: agarkov.da@mipt.ru
научная специальность: 01.04.07 – физика
конденсированного состояния

Подпись к.ф.-м.н. Д.А. Агаркова удостоверяю
Ученый секретарь МФТИ,
к.ф.-м.н.



Скалько Юрий Иванович