

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ерилина Ивана Сергеевича на тему «Формирование функциональных слоев твердооксидных топливных элементов методом аэрозольного осаждения в вакууме», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния

Разработка способов генерации энергии, минимизирующих эмиссию соединений углерода в атмосферу, является одной из ключевых задач современной энергетики. Энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) рассматриваются как один из наиболее перспективных источников энергии благодаря высоким значениям к.п.д., толерантности к различным видам и чистоте топлива. Варианты конструкции с тонкопленочным электролитом позволяют снизить рабочие температуры ТОТЭ, которые традиционно являются основной проблемой, ведущей к ускорению деградации элемента в целом. Для реализации эффективной работы таких топливных ячеек необходима разработка технологических подходов, которые позволяют формировать газоплотный слой электролита, нанесенный на пористом аноде. Тема диссертации Ерилина И.С., направленной на исследования микроструктуры и электрохимических характеристик, анод- и металл-поддерживаемых ТОТЭ, изготовленных с применением метода аэрозольного осаждения в вакууме, безусловно является важной и актуальной.

В работе проведены исследования и созданы научно-технологические разработки изготовления для планарных ТОТЭ; впервые изготовлены функциональные анодные слои Ni/GDC и Ni/10Sc1YSZ толщиной 20 – 50 мкм, показаны зависимости качества слоя от температуры обжига и параметров осаждения. Методом аэрозольного осаждения получены плотные электролитные мембраны, толщиной от 0.1 мкм. Благодаря сочетанию современных подходов и качественного анализа экспериментальных данных, достоверность представленных результатов не вызывает сомнений. Особо можно отметить, что, автором спроектирована и создана высокопроизводительная установка аэрозольного осаждения в вакуум, предложенная в работе технология позволит ускорить серийное производство ТОТЭ. Безусловной новизной работы является сборка и испытание ТОТЭ с единственным обжигом всех керамических и металлокерамических слоев при температуре 950°C, существенно более низкой по сравнению с другими известными методами формирования электролитных слоев.

При ознакомлении с текстом автореферата возникли следующие вопросы и замечания:

1. В работе изготовлены металл-поддерживаемые ТОТЭ с анодом Ni/GDC, осажденным методом аэрозольного осаждения, электролитом GDC, осажденным методом магнетронного напыления, и катодом, изготовленным методом трафаретной печати. Чем обусловлен выбор методов формирования различных функциональных слоев ячейки?
2. Чем обусловлено снижение удельной мощности сборки металл-поддерживаемых ТОТЭ при увеличении температуры выше 600°C (рисунок 8). В тексте автореферата этот вопрос не обсуждается.

3. К сожалению, в Заключение диссертации не озвучен вывод о применимости метода аэрозольного осаждения для организации серийного производства твердооксидных топливных элементов.

Указанные вопросы и замечания не ставят под сомнения основные выводы и не снижают общего хорошего впечатления о диссертации. Работа представляет собой завершённое научное исследование на актуальную тему, выполненное на высоком уровне. Заданные вопросы лишь могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

Считаю, что по объёму, новизне, практической и научной значимости и общему уровню проведенных исследований работа соответствует всем требованиям ВАК и пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства России от 24 сентября 2013 г. №842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335. Ерилина Ивана Сергеевича заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

29 ноября 2023 года

Кузьмин Антон Валериевич,  
кандидат химических наук,  
специальность 02.00.04 – Физическая химия,  
и.о. заведующего кафедрой  
технологии неорганических веществ  
и электрохимических производств,  
Вятский государственный университет  
610000, г. Киров, ул. Московская, д.36  
тел. +7 (8332) 742-690, +79226192066  
a.v.kuzmin@yandex.ru

Я, Кузьмин Антон Валериевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Кузьмина А.В. заверяю:

Подпись заверяющего лица и печать организации:

