



МОДИФИКАЦИЯ КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА ТОТЭ НА ОСНОВЕ Pr_2CuO_4

Добровольский Ю.О.^{*}, Мазо Г.Н.^{*}, Лысков Н.В.^{**}

^{*} Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Россия, e-mail burstvine@gmail.com

^{**} Институт проблем химической физики, 142432, г. Черноголовка, Россия

Значительный интерес к твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ) связан с возможностью прямого преобразования химической энергии в электрическую с высоким коэффициентом полезного действия. Однако при работе таких альтернативных источников энергии при высоких температурах (800-1000°C) происходит их деградация за счет химического взаимодействия между смежными компонентами (преимущественно катодного материала и электролита). Поэтому актуальной задачей является снижение рабочей температуры ТОТЭ до среднетемпературного интервала 500-800°C, что позволит использовать более рентабельные конструкционные материалы и увеличит ресурс работы. Переход к новым условиям эксплуатации требует использования новых катодных материалов с улучшенными электрохимическими свойствами [1].

В традиционных ТОТЭ в качестве катода используется $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$ (LSM) со структурой перовскита, однако его основным недостатком является низкая электрохимическая активность в реакции восстановления кислорода в интервале средних температур, что снижает выходную мощность ТОТЭ. В качестве альтернативы LSM существенный интерес могут представлять сложные оксиды редкоземельных элементов со слоистой структурой, обладающие смешанной электронной и кислород-ионной проводимостью. В данной работе в качестве перспективного катодного материала ТОТЭ был рассмотрен сложный оксид Pr_2CuO_4 (PCO). Купрат празеодима имеет высокую электропроводность (~100 См/см при 900°C), термохимическую стабильность и термомеханическую совместимость (коэффициент термического расширения (КТР) = $11.8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) со стандартными твердыми электролитами GDC (КТР = $12.4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) и YSZ (КТР = $10.5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$). В качестве основных методов повышения электрохимической активности катодных материалов может быть использована оптимизация микроструктуры электрода при варьировании содержания порообразователя и переход к композитному составу [2,3].

Для исследования зависимости электрохимических характеристик ТОТЭ от способа организации микроструктуры катода были приготовлены тестовые ячейки ТОТЭ электролит-несущей конструкции состава NiO-YSZ/YSZ/GDC/катод. Толщина мембраны твердого электролита YSZ составляла ~ 500 мкм. Нанесение электродных слоев на мембрану твердого электролита осуществляли методом трафаретной печати. Для повышения электрохимической



производительности топливной ячейки катодный слой формировали несколькими способами: а) с добавлением в PCO рисового крахмала для создания пористой микроструктуры; б) при замене однофазного PCO на композитный состав PCO-GDC в соотношении 60/40 масс. %. Исследование вольтамперных и мощностных характеристик единичных ячеек ТОТЭ проводили с помощью электрохимического устройства ProboStat NORECS (Норвегия) в интервале температур 500-900°C. В качестве окислителя использовался кислород, топливом являлся увлажненный водород.

Результаты анализа микроструктуры методом электронной микроскопии показали, что введение порообразователя способствуют образованию развитой системы пор, а использование композитного состава обеспечивает хороший контакт между частицами и равномерное распределение пор в электродном слое, что позволило увеличить количество реакционных центров на трехфазной границе. Изучение характеристик полученных топливных ячеек показало, что добавление порообразователя в электродный слой улучшает их мощностные характеристики, а использование композитного состава значительно увеличивает удельную мощность (до ~200 мВт/см² при 900°C). Исследование образцов ТОТЭ методом импедансной спектроскопии при 850°C показало, что для образца с композитным составом PCO-GDC наблюдаются наименьшие величины поляризационных потерь. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использованных методов модификации катода для улучшения эффективности работы ТОТЭ в интервале средних температур.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-08-00454).

[1] Moisés R. Cesário, Daniel A. de Macedo. "Functional Materials for Solid Oxide Fuel Cells: Processing, Microstructure and Performance". Sharjah: Bentham Science Publishers, 1 (2017) 2-4.

[2] L.M. Kolchina, N.V. Lyskov, D.I. Petukhov, G.N. Mazo. J. of Alloys and Compounds, 605 (2014) 89-95.

[3] И.Н. Бурмистров, Д.А. Агарков, Ф.М. Цыбров, С.И. Бредихин. Электрохимия, 52 (7) (2016) 749-758.