

**ТВЕРДООКСИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ,  
РАБОТАЮЩИЕ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.  
ПРОЕКТ № 157**

**Координаторы:** член-корр. РАН Предтеченский М. Р., д-р хим. наук Собянин В. А.,  
д-р хим. наук Игуменов И. К.

**Исполнители:** ИТ, ИК, ИНХ СО РАН, ИВТЭ УрО РАН

Цель работы — создание фундаментальных основ технологий изготовления тонкопленочных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), работающих при пониженных температурах на природном газе.

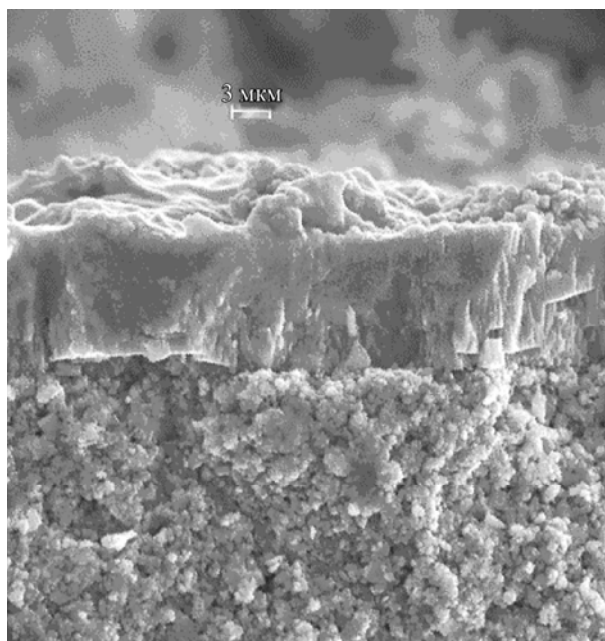
Проведены исследования по выбору несущего электрода как основы для пленочного твердооксидного электролита. Экспериментально изучены процессы формирования несущих электродов, определены требования, предъявляемые к электродам с точки зрения их электропроводности, газопроницаемости и морфологии поверхности. Изготовлены несущие

аноды с оптимальными электрофизическими, прочностными свойствами, а также с высокой однородностью поверхности, пригодной для дальнейшего осаждения на него тонких пленок.

Для получения тонких пленок электролита системы  $ZrO_2(Y_2O_3)$  для ТОТЭ был использован метод химического осаждения металлоорганических соединений из газовой фазы (MOCVD). Предлагаемый метод обладает уникальными особенностями, позволяющими рассчитывать на значительный прогресс в области получения пленочных электролитов для ТОТЭ. В качестве исходных реагентов по совокупности физико-химических свойств для осаждения пленок были использованы соединения летучего класса бета-дикетонатных комплексов металлов  $Zr(dpm)_4$ , и  $Y(dpm)_3$ .

Разработаны научные основы высокоэффективных методов синтеза исходных летучих соединений циркония (IV) и иттрия (III), определены температурные зависимости давления насыщенного пара при сублимации реагентов, методом масс-спектрометрии изучены процессы термораспада реагентов в газовой фазе. Полученные экспериментальные данные о термических свойствах реагентов позволили определить начальные температурные интервалы для проведения процесса осаждения пленок электролитов, а также рассчитать скорости массопереноса реагентов в зону реакции потоком инертного газа-носителя.

Для проведения экспериментов по осаждению пленочного электролита системы  $ZrO_2(Y_2O_3)$  на пористый несущий электрод рассчитана и изготовлена система испарения с отдельной сублимацией реагентов, камерой



*Рис. 1.* Пленка электролита  $ZrO_2(Y_2O_3)$  толщиной 11 мкм, полученная методом MOCVD.

*Fig. 1.* Film of electrolyte  $ZrO_2(Y_2O_3)$  of 11  $\mu m$  thickness deposited by MOCVD method.

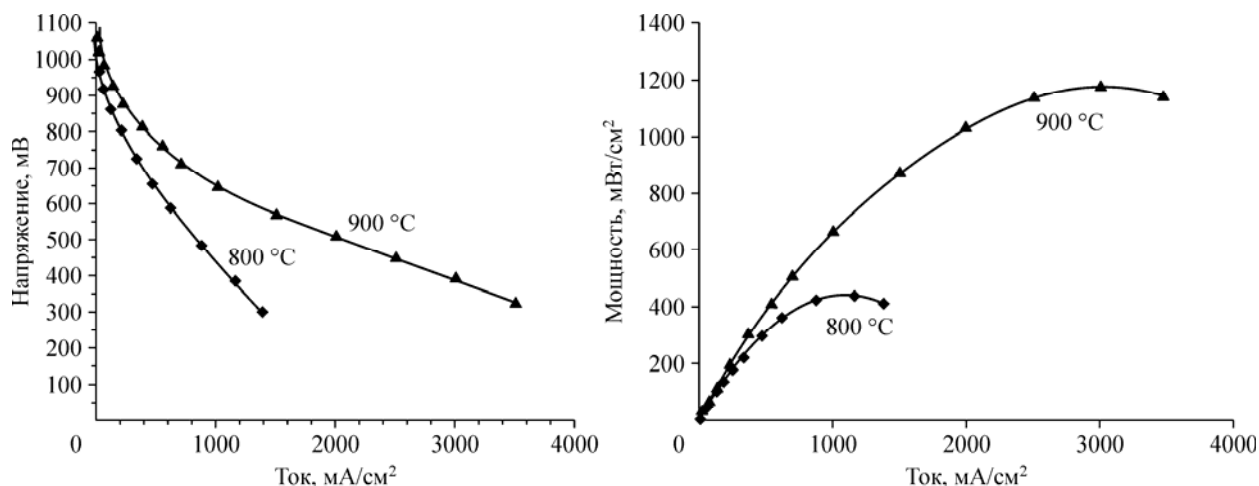


Рис. 2. Зависимость напряжения и удельной мощности ячейки ТОТЭ от плотности тока.

Fig. 2. Dependence of tension and specific power of a SOFC cell on the current density.

смешения для контролируемого подвода реагентов в зону осаждения. При отработке методики осаждения пленок электролитов на несущие электроды варьировались следующие параметры: температура подложки, температуры испарителей, расходы газов реагента ( $O_2$ ) и носителя (Ar), а также общее давление в реакторе. Все эти параметры в комплексе определяют процесс роста пленки электролита, ее структуру, фазовый и химический состав.

Разработана методика получения тонких пленок твердых электролитов толщиной 10 мкм на пористом несущем электроде при умеренных температурах синтеза 550—650 °С, полученные пленки представляли собой кубическую модификацию  $ZrO_2(Y_2O_3)$  (рис. 1).

На основе полученных пленок электролита изготовлена электрохимическая топливная ячейка, в качестве топлива использовался во-

дород, окислителем являлся воздух. Напряжение разомкнутой цепи на ячейке составляло 1,06—1,09 В при температурах 800—900 °С. На рис. 2 приведены типичные вольт-амперные характеристики ячеек и зависимости удельной мощности от тока. Максимальные значения удельной мощности, полученные в ходе экспериментов, составляли 440 мВт/см<sup>2</sup> при температуре 800 °С и 1200 мВт/см<sup>2</sup> при 900 °С.

Важнейшим результатом, полученным в ходе выполнения проекта, является разработка основ метода создания тонкопленочных электролитов и ячеек ТОТЭ, работающих при пониженных температурах с высокими электрофизическими параметрами.

### Основные публикации

1. Predtechensky M. R., Bobrenok O. F., Gelfond N. V. et al. SOFC based on thin-film electrolyte// Proceedings of Solid Oxide Fuel Cell Congress IX (SOFC IX), Quebec City, Canada, 15—19 May, 2005. P. 243—245.
2. Gelfond N. V., Morozova N. B., Igumenova I. K. et al. Application of Zr(IV) and Y(III) beta-diketonate derivatives in MOCVD of YSZ film electrolyte for SOFC// Advances in Coordination, Bioinorganic and Inorganic Chemistry/ Ed. by M. Melnik, J. Šima, M. Tatarko/ Slovak Technical University Press, Bratislava, 2005. P. 156—159.
3. Предтеченский М. Р., Бобренок О. Ф., Гельфонд Н. В. и др. ТОТЭ с тонкопленочным электролитом// XIII Росс. конф. по физической электрохимии расплавленных и твердых электролитов. Екатеринбург, 2004. С. 54—55.
4. Гельфонд Н. В., Морозова Н. Б., Игуменов И. К. и др. Химическое осаждение из газовой фазы — перспективный метод получения пленочных электролитов// Там же. С. 55—56.