

количества кислородных вакансий и может успешно стабилизировать высокопроводящую  $\gamma$ -модификацию BIMEVOX при комнатной температуре.

Составы из семейства  $\text{Bi}_4\text{V}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{11-\delta}$  (BIFEVOX), где  $x=0.25-0.325$  получены по стандартной керамической технологии и с помощью растворного синтеза. Аттестацию порошкообразных образцов проводили с помощью РФА. Установлено, что все рефлексы на рентгенограммах хорошо описываются в тетрагональной установке с пространственной группой  $I4/mmm$ , т.е. отвечают высокотемпературной  $\gamma$ -модификации твердого раствора. Определены параметры элементарной ячейки соединений.

Исследование транспортных характеристик полученных материалов в зависимости от термодинамических параметров среды проведено методом импедансной спектроскопии. Электропроводность образцов как функцию температуры и парциального давления кислорода исследовали в интервале температур 800-200°C и давлений кислорода  $\lg P_{\text{O}_2}$  от -0.68 до -10 Па в режимах охлаждения и нагревания – охлаждения. Оценены параметры импеданса, подобраны эквивалентные схемы ячеек для различных температурных областей. По данным импедансной спектроскопии построены температурные и барические зависимости общей проводимости образцов.

### **ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ТОТЭ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ И КЕРАМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Меньщикова А.В.<sup>(1)</sup>, Калинина Е.Г.<sup>(2)</sup>, Осинкин Д.А.<sup>(3)</sup>, Буянова Е.С.<sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup> Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

<sup>(2)</sup> Институт электрофизики УрО РАН  
620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 106

<sup>(3)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН  
620990, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 20

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) обладают широким диапазоном перспективных применений, а их привлекательность обусловлена высокой эффективностью преобразования химической энергии топлива в электрическую. Для улучшения эксплуатационных характеристик ТОТЭ используют тонкие газоплотные пленки твердых электролитов, нанесенные на электроды. Методы электрофоретического осажде-

ния (ЭФО) и керамических технологий не требуют дорогостоящего оборудования, индифферентны к форме покрываемой поверхности и просты в исполнении, что делает их наиболее привлекательными.

В работе использовали нанопорошок  $ZrO_2$ , стабилизированный 9,8 мольн.%  $Y_2O_3$  (YSZ), полученный методом испарения – конденсации при нагреве мишени излучением импульсного  $CO_2$ -лазера. С помощью просвечивающего электронного микроскопа JEOL JEM 2100 было обнаружено, что частицы порошка имеют сферическую форму со средним геометрическим диаметром 11 нм. Удельная поверхность нанопорошка YSZ была определена методом БЭТ по низкотемпературной равновесной сорбции паров азота из смеси с гелием на вакуумной установке Micromeritics TriStar 3000 и составила  $54.6 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Для получения пленок ТОТЭ методами ЭФО и керамическими технологиями были приготовлены два типа седиментационно-устойчивых суспензий в смешанной дисперсионной среде изопропанол/ацетилацетон 50/50 об.%. Исходная суспензия (концентрация 10 г/л) была приготовлена методом ультразвуковой обработки (УЗО) с помощью ультразвуковой ванны (УЗВ-10/150-ТН) в течение 125 минут. Дезагрегированная суспензия (концентрация 6 г/л) была приготовлена УЗО и центрифугированием (Hermle Z383) в режиме 10000 об./мин. в течение 3 минут. Для предотвращения растрескивания пленок ТОТЭ использовали полимерный модификатор (связующее) БМК-5 (сополимер бутилметакрилата с метакриловой кислотой) концентрацией 2-10 г/л.

В результате проведенного эксперимента были получены неспеченные тонкие пленки YSZ. Как показали данные оптической микроскопии, полученные пленки были однородными, без трещин. Опробованы различные варианты сушки покрытий и выбран наиболее оптимальный: сушка в центрифуге; сушка на воздухе в чашке Петри при медленном удалении растворителя; вакуумная сушка. Был проведен сравнительный анализ пленок, полученных методами ЭФО и керамических технологий из исходной и дезагрегированной суспензии, и показано, что пленки, полученные из дезагрегированной суспензии (метод ЭФО), имеют более плотную однородную микроструктуру (сканирующий электронный микроскоп LEO 982).

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ «Мой первый грант» № 14-00-31030 и 13-03-96098 р\_урал\_а.*