

также варьировалось содержание органических компонентов в диапазоне от 40 до 60 масс.%. Сушка пленок осуществлялась на воздухе.

Выявлено, что применение пленок, полученных методом литья в форму, является эффективным методом для сборки стеков ТОТЭ планарной конструкции. Стеклокерамические пленки просты в получении, не требуют длительной подготовки органических связующих и использования дополнительного оборудования.

Литература

1. Singh K., Walia T. Review on silicate and borosilicate-based glass sealants and their interaction with components of solid oxide fuel cell // Int. J. Energy Res. 2021. Vol. 45. P. 20559–20582.

Совместное спекание структуры градиентный анод — электролит для микротрубчатого ТОТЭ

А. В. Никонов, Н. Б. Павздерин, В. Р. Хрустов

Институт электрофизики УрО РАН

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются перспективными, экологически чистыми источниками энергии. Одним из подходов к формированию ТОТЭ является совместное спекание всех компонентов или полуэлемента (несущий анод-электролит) с последующим формированием катода. Успешное применение этого метода позволит снизить временные и энергетические затраты на изготовление элемента. Однако реализация совместного спекания — непростая задача, требующая подбора разнородных материалов с одинаковой усадкой во время спекания. В работе отработан метод создания микротрубчатых ТОТЭ (МТ-ТОТЭ), с использованием полимер-керамических пленок путем их совместного спекания.

В качестве исходных материалов были использованы нанопорошки $Zr_{0,84}Y_{0,16}O_{2-\delta}$ (YSZ), $Ce_{0,73}Gd_{0,27}O_{2-\delta}$ (GDC), полученные лазерным испарением, и NiO, полученный электровзрывом проволоки. Кроме того, для формирования несущего анодного слоя использо-

вался микронный коммерческий порошок NiO и рисовый крахмал в качестве порообразователя.

Изучена кинетика спекания образцов электролитных материалов YSZ, GDC и композитов на основе Ni O. Гранулометрический состав электролитных материалов варьировали путем отжига при различных температурах (900–1200 °С).

Показано, что увеличение размера частиц YSZ и GDC сдвигает начало их спекания в высокотемпературную область, но не сильно влияет на скорость усадки. Основное влияние на кинетику спекания анодных композитов оказывает гранулометрический состав порошка электролита. Исследовано влияние порообразователя на микроструктуру несущего анодного слоя. По результатам экспериментов были найдены наиболее подходящие по усадке материалы электролита и анодных слоев. Получены бездефектные полуэлементы градиентный анод-электролит YSZ совместным спеканием при 1200 °С. На основе полученных полуэлементов были сформированы МТ-ТОТЭ путем последовательно нанесения и припекания при 1450 и 1200 °С слоев GDC и $\text{La}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{Co}_{0,2}\text{Fe}_{0,8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF), соответственно.

Максимальная удельная мощность полученных МТ-ТОТЭ составляла 184 мВт/см² при 850 °С. Выяснено, что основной вклад во внутреннее сопротивление МТ-ТОТЭ оказывают диффузионные потери в градиентном аноде.