

## ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{FeO}_{3-\delta}$ ДЛЯ СИММЕТРИЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Гордеев Е.В.<sup>(1,2)</sup>, Осинкин Д.А.<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН

620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 20

<sup>(2)</sup> Уральский федеральный университет

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Симметричные твёрдооксидные топливные элементы всё чаще привлекают внимание научного сообщества. Одной из проблем таких электрохимических ячеек является достижение оптимальной границы раздела электрод/электролит. Это связано с рядом факторов, включая испарение, фазовый распад, химическое взаимодействие, несоответствие теплового расширения, сегрегация и т.д. В связи с этим эффективной стратегией улучшения функциональных свойств электродов является использование спекающей добавки. Данная работа посвящена оптимизации условий формирования электродов  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{FeO}_{3-\delta}$  (LSF) на несущем электролите  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$  (LSGM), которые рассматриваются как перспективные материалы для симметричных устройств.

Электролит LSGM был получен твердофазным методом с конечной температурой спекания 1450 °С. LSF электроды были синтезированы цитрат-нитратным методом с двухстадийной температурной обработкой при 900 °С и 1150 °С. Электродные чернила были приготовлены путём смешения порошка LSF и спекающей добавки ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  или  $\text{CuO}$  3 мас. %) с органической составляющей. Симметричные электрохимические ячейки изготавливали с помощью трафаретной печати с дальнейшим совместным спеканием при температуре 1000, 1050, 1100 и 1150 °С. Морфологию электродных слоёв исследовали методом электронной сканирующей микроскопии, а электрохимические характеристики методом импедансной спектроскопии с последующим анализом спектров методом распределения времени релаксации (DRT).

Было показано, что природа спекающей добавки и температура спекания оказывают различное влияние на активность электродов в зависимости от газовой среды (воздух или водород). При повышении температуры спекания в атмосфере воздуха лимитирующая стадия изменяется с переноса ионов кислорода через границу раздела фаз при 1000 °С, на обмен с кислородом из газовой фазы при 1050-1100 °С, и на газовую диффузию при 1150 °С. В атмосфере влажного водорода лимитирующей стадией является перенос заряда через трёхфазную границу, с повышением температуры эта стадия становится более выраженной. Среди исследованных электродов оптимальную активность как в окислительной, так и в восстановительной среде продемонстрировал  $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{FeO}_{3-\delta}$  с 3 мас.%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  при температуре спекания 1050 °С.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00040, <https://rscf.ru/project/24-19-00040/>.*