
Жидкофазный синтез и физико-химические свойства нанопорошков состава $\text{Ce}_{1-x}\text{Dy}_x\text{O}_{2-\delta}$ ($x = 0,05; 0,10; 0,15; 0,20$) и электродных материалов на их основе*

**Н. Р. Локтюшкин¹, Н. В. Фарафонов¹,
М. В. Калинина², С. В. Мякин¹**

¹*Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)*

²*Институт химии силикатов*

им. И. В. Гребеникова Российской академии наук

В настоящее время по-прежнему актуальной является проблема развития альтернативной, водородной энергетики. Решение данной проблемы открывает путь к получению «безопасной» энергии, выработка которой не влияет на климат, обеспечивает повышение эффективности использования энергии и способствует созданию новых генераторов энергии — твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ).

На данный момент при создании твердых электролитов для ТОТЭ, работающих в среднетемпературном диапазоне (400–800 °C), часто используется диоксид церия, допированный оксидами редкоземельных элементов (РЗЭ). Наиболее хорошо изучены электролитные материалы в системах $\text{CeO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ и $\text{CeO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$. Особый интерес в качестве твердооксидного электролита для ТОТЭ представляют материалы, имеющие высокие значения электропроводности и оптимальный уровень ионной проводимости, например керамика в системе $\text{CeO}_2\text{-Dy}_2\text{O}_3$.

Синтез ксерогелей, порошков и керамических материалов состава $(\text{CeO}_2)_{1-x}(\text{Dy}_2\text{O}_3)_x$ ($x = 0,05; 0,10; 0,15$ и $0,20$) осуществлялся методом совместного осаждения гидроксидов с последующей заморозкой. Раствором гидрата аммония (~1 М) осаждали гидроксиды из разбавленных растворов (~0,1 М) азотнокислых солей

* Работа выполнена в рамках Госзадания ИХС РАН (номер госрегистрации темы 0081-2022-0007).

церия и диспрозия при поддержании $\text{pH} = 10$, выбранного методом pH -метрического титрования с учетом pH -осаждения каждого из гидроксидов ($\text{pH} = 8,3\text{--}9,8$ для $\text{Ce}(\text{OH})_3$ и $\text{pH} = 6,8\text{--}8,8$ для $\text{Dy}(\text{OH})_3$). Осаждение проводили при тщательном перемешивании с минимальной скоростью. Полученный гелеобразный осадок гидроксидов фильтровали, а затем замораживали при -25°C , 24 ч для дезагломерирования и сохранения высокой дисперсности соосажденного продукта в системе $\text{CeO}_2\text{--Dy}_2\text{O}_3$. Полученные в результате сушки (150°C , 1 ч) рентгеноаморфные ксерогели затем подвергались термообработке (600°C , 1 ч) для формирования устойчивой кристаллической структуры нанопорошков. Далее производилась консолидация полученных нанопорошков путем одноосного холодного прессования при давлении 150 МПа с последующим спеканием при 1300°C (2 ч), что позволило получить требуемые материалы, перспективные для применения в качестве оксидных электролитов для среднетемпературных ТОТЭ.

Показано, что полученные порошки-прекурсоры имеют мезопористую структуру с размером пор в интервале 2–6 нм, общий объем пор в интервале $0,028\text{--}0,082\text{ см}^3/\text{г}$, площадь удельной поверхности — $23\text{--}66\text{ м}^2/\text{г}$. Полученные керамические материалы обладали высокой плотностью в интервале $6,96\text{--}5,95\text{ г}/\text{см}^3$, низкой пористостью — 5–12 %.

Образцы, синтезированные методом соосаждения гидроксидов и содержащие 15 мол. % Dy_2O_3 , обладают наибольшей ионной проводимостью в диапазоне температур $500\text{--}700^\circ\text{C}$: $\sigma_{700^\circ\text{C}} = 0,39 \cdot 10^{-2}\text{ См}/\text{см}$, числа ионного переноса $t_i = 0,85\text{--}0,73$ в интервале температур $300\text{--}700^\circ\text{C}$ (рис. 1).

Полученные керамические наноматериалы по своим механическим и электротранспортным свойствам перспективны в качестве твердооксидных электролитов среднетемпературных топливных элементов.

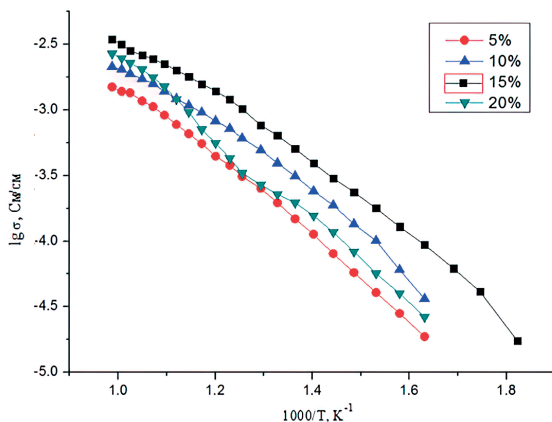


Рис. 1. Температурные зависимости удельной электропроводности керамических образцов состава:
 $(\text{CeO}_{2,0,95}(\text{Dy}_{2,0,05}\text{O}_3)_{0,05} - (\bullet); (\text{CeO}_{2,0,90}(\text{Dy}_{2,0,10}\text{O}_3)_{0,10} (\blacktriangle);$
 $(\text{CeO}_{2,0,85}(\text{Dy}_{2,0,15}\text{O}_3)_{0,15} (\blacksquare); (\text{CeO}_{2,0,80}(\text{Dy}_{2,0,20}\text{O}_3)_{0,20} (\blacktriangledown)$

Получение и физико-химическая аттестация Ва- и Sr-замещенных слоистых перовскитов на основе $\text{BaLa}_2\text{In}_2\text{O}_7$

И. С. Федорова¹, Е. В. Абакумова²,
 А. О. Бедарькова^{1,2}, Н. А. Тарасова^{1,2}, И. Е. Анимича^{1,2}

¹Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

²Институт высокотемпературной электрохимии

Уральского отделения Российской академии наук

Водородная энергетика — актуальная и высокотехнологичная отрасль энергетики. Разработка электрохимических устройств, создание сложнооксидных соединений, обладающих протонной проводимостью, — все это задачи, которые решают исследователи данного направления. Топливные элементы занимают особое место в области альтернативных источников энергии. Для их работы