

в электричество и тепло. Использование водорода в качестве энергоносителя в ТОТЭ является более эффективным и экологически безопасным способом, чем традиционное сжигание углеродосодержащего топлива. Твердоокисные топливные элементы также могут работать в качестве электролизера для расщепления воды и производства водорода с помощью электроэнергии. Именно благодаря своей способности использовать и производить водород ТОТЭ будут играть важную роль в переходе к водородной энергетике.

Для улучшения рабочих параметров ТОТЭ и снижения их рабочей температуры интенсивно развиваются материаловедческие исследования; тем не менее соединения со структурой перовскита или родственной перовскиту остаются наиболее широко изучаемыми объектами. Эти соединения могут проявлять высокую ионную (кислородно-ионную или протонную) проводимость, поскольку они могут адаптироваться к дефициту кислорода  $\text{ABO}_{3-\delta}$ .

В настоящей работе проведена модификация цирконата кальция  $\text{CaZrO}_3$  путем содопирования в подрешетке циркония. Получены новые сложные оксиды, проведена их фазовая аттестация и исследованы физико-химические свойства.

---

## Протонный перенос в слоистом перовските $\text{SrLa}_2\text{Sc}_2\text{O}_7$

В. Д. Гнатюк<sup>1</sup>, Е. В. Абакумова<sup>1,2</sup>, А. О. Бедарькова<sup>1,2</sup>,  
Н. А. Тарасова<sup>1,2</sup>, И. Е. Анимица<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б. Н. Ельцина

<sup>2</sup>Институт высокотемпературной электрохимии

Уральского отделения Российской академии наук

---

В настоящее время активно создаются и исследуются новые материалы с заданными свойствами для различных электрохимических устройств преобразования и накопления энергии. Эти устройства должны соответствовать определенным требованиям, таким

как высокая эффективность, низкая себестоимость, экологичность и безопасность. Водородная энергетика хорошо удовлетворяет этим критериям, поэтому может считаться одним из наиболее перспективных энергетических источников будущего. Соответственно, необходимо развитие систем для производства, транспортировки и преобразования водорода. Протонный керамический топливный элемент — это электрохимическое устройство, которое преобразовывает энергию химической реакции окисления водорода в электрическую энергию. Основными элементами таких устройств являются электролиты и электроды. Хотя многие материалы исследуются в качестве потенциальных электролитических компонентов для этих устройств, существует множество проблем, включая совместимость между электродами и электролитами. Наиболее изученными материалами с протонной проводимостью, используемыми как электролиты в протонных керамических топливных элементах, являются цераты-цирконаты бария  $\text{BaCeO}_3$ - $\text{BaZrO}_3$ , характеризующиеся структурой перовскита. Однако такие перспективные электродные материалы, как никелаты и кобальтаты, имеют слоистую структуру. Следовательно, синтез протонпроводящих материалов со слоистой структурой очень важен с точки зрения совместимости между электролитом и электродными материалами.

Слоистые перовскиты могут быть описаны общей формулой  $\text{AA}'_n\text{B}_n\text{O}_{3n+1}$ , где А представляет собой щелочноземельный металл, такой, как барий или стронций, А' представляет собой редкоземельный металл, такой, как лантан или неодим, и В представляет собой трехвалентный металл, такой, как индий или скандий. Монослойные перовскиты  $\text{AA}'\text{BO}_4$  ( $n = 1$ ) в качестве протонных проводников были впервые описаны несколько лет назад. Были исследованы такие матричные составы, как  $\text{BaNdInO}_4$ ,  $\text{BaNdScO}_4$ ,  $\text{SrLaInO}_4$ ,  $\text{BaLaInO}_4$  и другие составы на их основе, также выявлены основные закономерности протонного переноса в допированных монослойных перовскитах. Двухслойные перовскиты с общей формулы  $\text{AA}'_2\text{B}_2\text{O}_7$  ( $n = 2$ ), такие как  $\text{BaLa}_2\text{In}_2\text{O}_7$  и  $\text{BaNd}_2\text{In}_2\text{O}_7$ , были описаны как материалы с протонной проводимостью в 2022 году. Было доказано, что они являются протонными проводниками при температуре ниже 350 °С во влажном воздухе. Соответственно, двухслойные

перовскиты являются перспективным классом материалов с точки зрения их протонной проводимости.

В настоящем исследовании слоистый перовскит  $\text{SrLa}_2\text{Sc}_2\text{O}_7$  был впервые исследован в качестве протонного проводника. Были выявлены локальная структура, возможность поглощения воды и протонного переноса.

---

## Получение сплошных кремниевых пленок из расплава $\text{KCl-K}_2\text{SiF}_6$ \*

Л. В. Горшков, Т. А. Гевел, А. В. Суздальцев, Ю. П. Зайков

*Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина*

---

Исследование закономерностей осаждения тонких пленок кремния является актуальной задачей в современной науке. Кремний высокой чистоты используется в фотоэлектрических преобразователях, микро- и нанoeлектронике, а также литий-ионных источниках тока с повышенной удельной емкостью.

Целью данной работы является определение параметров электролиза для получения тонких пленок кремния из расплава  $\text{KCl-K}_2\text{SiF}_6$ .

Электролиз проводили в трехэлектродной герметичной водоохлаждаемой ячейке из нержавеющей стали в атмосфере высокочистого аргона при температуре 790 °С.

В качестве рабочего электрода использовался стеклоуглерод, в качестве квазиэлектрода сравнения и противоэлектрода — кремний марки КР-00.

Электролиз проводили в гальваностатическом режиме при различных соотношениях плотности тока зарождения к плотности тока роста (табл. 1). На рис. 1 представлены зависимости изменения перенапряжения от времени для некоторых образцов.

---

\* Работа выполнена в рамках соглашения № 075-03-2022-011 от 14.01.2022 (номер темы FEUZ-2020-0037).