

## СИНТЕЗ, ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРЕМНИЙ-ЗАМЕЩЕННОГО СКАНДАТА-АЛЮМИНАТА БАРИЯ С БЛОЧНО-СЛОЕВЫМ ТИПОМ СТРУКТУРЫ

*Селищев М.М., Кочетова Н.А., Корона Д.В.*

Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

В рамках развития водородной энергетики важным научным направлением является создание новых функциональных материалов для твердооксидных топливных элементов, в частности, материалов с протонной проводимостью, которые могут использоваться в качестве протонпроводящих мембран.

Сложный оксид состава  $\text{Ba}_7\text{Sc}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$  относится к классу гексагональных певоскитов и состоит из структурных блоков  $\beta\text{-Ba}_2\text{ScAlO}_5$  и  $\text{Ba}_3\text{Sc}_4\text{O}_9$ . Наличие структурных вакансий кислорода обеспечивает возможность взаимодействия с парами воды, что приводит к проявлению протонной проводимости. Оптимизация структуры путем гетеровалентного замещения катионных позиций может приводить к улучшению электротранспортных свойств.

В данной работе изучен твердый раствор  $\text{Ba}_7\text{Sc}_6\text{Al}_{1.9}\text{Si}_{0.1}\text{O}_{19.05}$ , то есть часть позиций алюминия была замещена на неметаллический элемент – кремний. Такое замещение называют оксоанионным, поскольку полиэдры  $[\text{AlO}_4]$  в структуре замещаются на оксоанионные группировки ( $\text{SiO}_4$ ) с ковалентным типом связи.

Образец был получен по растворной технологии с использованием модифицированного метода Печини. Рабочий раствор содержал нитраты  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , а также лимонную кислоту и глицерин. Кремний вводили в виде ультрадисперсного порошка  $\text{SiO}_2$  на этапе гелеобразования. Дополнительный отжиг после пиролиза проводили при температурах 1250 и 1600 °С.

Рентгенофазовый анализ (Shimadzu, Япония) показал, что образец описывается гексагональной структурой с параметрами элементарной ячейки:  $a=5.801 \text{ \AA}$ ,  $c=35.256 \text{ \AA}$ . В небольших количествах обнаружена примесная фаза  $\beta\text{-Ba}_2\text{ScAlO}_5$ .

Термический анализ (Netzsch, Германия) предварительно гидратированного образца показал, что основной выход воды наблюдается в интервале температур 300 – 600 °С. Степень гидратации составляет 0.77 моль, что ниже по сравнению с  $\text{Ba}_7\text{Sc}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$  и связано с уменьшением параметров элементарной ячейки.

Исследование электрических свойств проводили в интервале 300 – 900 °С методом электрохимического импеданса (Elins Z-1000P (ООО «Элинс», Россия) в атмосферах сухого ( $p_{\text{H}_2\text{O}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ атм.}$ ) и влажного ( $p_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ атм.}$ ) воздуха и азота. Установлено, что на воздухе образец является смешанным ионно-дырочным проводником, во влажной атмосфере ионный вклад обусловлен переносом ионов кислорода и протонов, в средних температурах протонная проводимость доминирует. Значения электропроводности ниже, чем для образца  $\text{Ba}_7\text{Sc}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$ .

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда и правительства Свердловской области № 24-13-20026.*