

*П. В. Черемисина, Е. В. Абакумова, А. О. Бедарькова, Н. А. Тарасова,  
И. Е. Анимица*

Уральский федеральный университет

e-mail: pv.cheremisina@urfu.ru

## **ПРОТОННЫЙ ТРАНСПОРТ В ИЗОВАЛЕНТНО-ДОПИРОВАННЫХ $BaLa_{0,9}M_{0,1}InO_4$ ( $M = Nd, Gd$ ) И $BaLaIn_{0,9}M_{0,1}O_4$ ( $M = Sc, Y$ )**

Развитие водородной энергетики включает в себя разработку и создание различных электрохимических устройств. Среди них особое место занимают твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ), для работы которых необходимо создание новых материалов, характеризующихся комплексом функциональных свойств. В частности, сложных оксидов, обладающих высокими значениями ионной ( $O^{2-}$ ,  $H^+$ ) проводимости, выступающих в качестве материала электролита.

Использование протонных проводников в ТОТЭ, в отличие от кислородно-ионных проводников, позволяет понизить рабочую температуру и повысить эффективность ТОТЭ. Так как большинство протонпроводящих сложных оксидов характеризуются структурой перовскита  $ABO_3$  или производной от нее, это делает блочно-слоевые сложные оксиды со структурой Раддлесдена – Поппера перспективными с точки зрения изучения их в качестве протонных проводников.

До недавнего времени в аспекте ионного переноса соединения со структурой Раддлесдена – Поппера изучались только как кислородно-ионные проводники. Однако в течение последних лет была показана возможность протонного переноса в этих соединениях, в том числе в составах на основе  $BaLaInO_4$ .

В структуре слоистых перовскитов  $AA'BO_4$  чередование слоев соли  $[AO]$  и слоев перовскита  $[A'BO_3]$  приводит к появлению в структуре межслоевого пространства.

При обработке во влажной атмосфере в структуре данных фаз формируются протонные дефекты, что обуславливает возникновение протонной проводимости.

Было установлено, что при температурах ниже 500 °С во влажной атмосфере фазы на основе  $\text{BaLaInO}_4$  демонстрируют протонный перенос  $> 95 \%$ , а допирование катионных подрешеток La и In приводит к росту значений электропроводности. Однако фундаментальные закономерности переноса протонов, в частности влияние природы допанта на количество поглощаемой воды, на настоящий момент еще не установлены.

Целью данной работы было установить влияние допанта на значение проводимости.

Введение в подрешетку  $\text{La}^{3+}$  (A'-подрешетка) ионов  $\text{Nd}^{3+}$  и  $\text{Gd}^{3+}$  с меньшими ( $r_{\text{La}^{3+}} = 1,216 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Nd}^{3+}} = 1,163 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Gd}^{3+}} = 0,938 \text{ \AA}$ ) радиусами и большими значениями электроотрицательности привело к увеличению параметров элементарной ячейки, что можно объяснить дополнительными эффектами отталкивания.

Подрешетку  $\text{In}^{3+}$  (B-подрешетка) изовалентно допировали ионами  $\text{Sc}^{3+}$  и  $\text{Y}^{3+}$  ( $r_{\text{In}^{3+}} = 0,80 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Sc}^{3+}} = 0,745 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Y}^{3+}} = 0,90 \text{ \AA}$ ). Это также привело к увеличению параметров элементарной ячейки.

Электрические свойства были исследованы методом импедансной спектроскопии. Были рассчитаны значения электропроводности.

Для всех допированных образцов значения электропроводности наблюдались выше, чем для  $\text{BaLaInO}_4$ .

Таким образом, было показано, что допирование сложного оксида  $\text{BaLaInO}_4$  редкоземельными элементами приводит к увеличению межслоевого пространства, вследствие чего возрастает протонная проводимость.