

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Р-ЗАМЕЩЕННОГО  
ИНДАТА-АЛЮМИНАТА БАРИЯ С БЛОЧНЫМ ТИПОМ СТРУКТУРЫ***Глинский Н.Н., Пикалова А.А., Корона Д.В., Кочетова Н.А.**Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19*

В рамках развития водородной энергетики для создания твердооксидных топливных элементов идет поиск новых функциональных материалов, в том числе сложнооксидных электролитов с высокой кислородно-ионной и/или протонной проводимостью. Особый интерес вызывают сложные оксиды с перовскитной или перовскитоподобной структурой, содержащие вакансии кислорода. Сложный оксид  $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$  относится к гексагональным перовскитным фазам, структура которых состоит из чередующихся блоков  $\text{Ba}_3\text{In}_4\text{O}_9$  и  $\beta\text{-Ba}_2\text{InAlO}_5$ . Блоки состава  $\beta\text{-Ba}_2\text{InAlO}_5$  некомплектны по кислородной подрешетке, что обеспечивает кислородно-ионную проводимость в сухой атмосфере и протонную проводимость во влажной атмосфере. Для улучшения электрических свойств  $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$  можно использовать метод оксоанионного замещения, то есть введение в катионные позиции неметаллического элемента.

В настоящей работе образцы  $\text{Ba}_{7-x}\text{In}_6\text{Al}_{2-x}\text{P}_x\text{O}_{19}$  ( $x = 0.05, 0.1, 0.15$ ) были синтезированы раствором методом из исходных веществ квалификации ос.ч.:  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  (к). В качестве органических реагентов использовали глицерин и лимонную кислоту. Полученные после пиролиза полупродукты были перетерты в этаноле и дополнительно отожжены при  $1150^\circ\text{C}$  в течение 24 часов. По данным рентгенофазового анализа (XRD-7000 Maxima, Shimadzu, Япония), однофазным был получен образец с  $x = 0.1$ , электрические свойства которого были исследованы.

Электропроводность была измерена методом электрохимического импеданса (Z-1000P, Elins, Россия) в частотном диапазоне 100 Гц – 1 МГц в интервале температур  $300\text{--}900^\circ\text{C}$  в атмосферах сухого/влажного воздуха и аргона. Показано, что характерен рост электропроводности во влажной атмосфере по сравнению с сухой из-за появления протонного переноса. Электропроводность в атмосфере аргона ( $p\text{O}_2=1\cdot 10^{-5}$  атм) ниже, чем в атмосфере воздуха ( $p\text{O}_2=0.21$  атм), то есть при высоких  $p\text{O}_2$ , наряду с превалирующей ионной проводимостью, образец имеет вклад дырочного типа проводимости. Проведено разделение парциальных проводимостей в атмосфере влажного воздуха, рассчитаны кислородно-ионные и протонные числа переноса. При температурах ниже  $500^\circ\text{C}$ , когда при взаимодействии с парами воды в структуре оксида формируются протонные дефекты, преобладает протонная проводимость; протонные числа переноса превышают 80 %. Замещение фосфором позиций алюминия не приводит к улучшению электропроводности в сравнении с  $\text{Ba}_7\text{In}_6\text{Al}_2\text{O}_{19}$ .

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