

**ПОЛУЧЕНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ S-ЗАМЕЩЕННОГО ИНДАТА БАРИЯ***Кондратова К.В., Кочетова Н.А.*Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Одной из актуальных областей современного материаловедения является поиск функциональных материалов для водородной энергетики, в частности, для создания топливных элементов. В качестве электролитов с кислородно-ионной и протонной проводимостью интерес вызывают сложные оксиды с перовскитной или перовскитоподобной структурой, содержащие вакансии кислорода.

Сложный оксид  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$  имеет структуру браунмиллерита с упорядоченным расположением вакансий, что приводит к снижению электропроводности. Улучшить его транспортные свойства можно путем оксоанионного замещения, то есть введением неметаллического элемента (Si, P, S и т. д.) в катионную подрешетку индия. В результате в структуре вместо полиэдров  $[\text{InO}_n]$  образуются тетраэдрические группировки  $[\text{EO}_4]$ , число вакансий кислорода уменьшается, они разупорядочиваются, структура описывается как дефектный перовскит.

В настоящей работе были получены и исследованы S-содержащие твердые растворы состава  $\text{Ba}_2\text{In}_{2-x}\text{S}_x\text{O}_{5+1.5x}$  ( $x = 0,1; 0,2; 0,3$ ). Образцы были получены методом твердофазного синтеза из исходных реагентов  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Смесь подвергалась ступенчатому отжигу при температурах 800, 1000 и 1250 °С. Полученные образцы были аттестованы методом рентгенофазового анализа (XRD-7000, Maxima, Shimadzu, Япония). Было показано, что с ростом  $x$  наблюдается увеличение симметрии структуры. Образец  $\text{Ba}_2\text{In}_{1,9}\text{S}_{0,1}\text{O}_{5,15}$  имеет ромбическую структуру с параметрами  $a = 6,064(5)$  Å,  $b = 5,924(5)$  Å,  $c = 16,971(3)$  Å. Образец  $\text{Ba}_2\text{In}_{1,8}\text{S}_{0,2}\text{O}_{5,3}$  описывается тетрагональной структурой с параметрами  $a = 6,001(4)$  Å,  $c = 16,818(7)$  Å. Образец  $\text{Ba}_2\text{In}_{1,7}\text{S}_{0,3}\text{O}_{5,45}$  имеет кубическую структуру типа перовскита,  $a = 4,220(4)$  Å.

Возможность внедрения молекул воды в структуру было исследовано методом термогравиметрического анализа (Netzsch, Германия). Было установлено, что количество воды в образцах снижается с ростом содержания серы, при уменьшении вакансий кислорода.

Электрические свойства образца исследовали методом импедансной спектроскопии (Elins Z-1000P, ООО «Элинс», Россия) при 100 Гц–1 МГц в сухой ( $p\text{H}_2\text{O} = 3 \cdot 10^{-5}$  атм) и влажной ( $p\text{H}_2\text{O} = 2 \cdot 10^{-2}$  атм) атмосферах в интервале температур 200–900 °С. Было установлено, что во влажной атмосфере происходит рост электропроводности, что свидетельствует о появлении протонного переноса. Общая электропроводность в ряду исследованных составов возрастает при увеличении содержания серы, что связано с ростом подвижности ионных носителей тока (ионов кислорода, протонов) при разупорядочении вакансий кислорода и изменении симметрии структуры с ростом  $x$ .