

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ СЛОИСТОГО ФЕРРОКОБАЛЬТИТА НЕОДИМА–БАРИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАТОДОВ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Я. Ю. ЖУРАВЛЕВА

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – А. И. КЛЫНДЮК, КАНДИДАТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

Керамическим методом получена керамика состава  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Me}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  ( $\text{Me} = \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg}$ ), изучено влияние природы замещающего иона и степени замещения на кристаллическую структуру, микроструктуру, тепловое расширение, удельную электропроводность и коэффициент термо-ЭДС образцов. Установлено, что частичное замещение бария стронцием в структуре  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  приводит к улучшению термических и электротранспортных характеристик керамики: максимальная удельная электропроводность составила 299 См/см при  $T = 1021$  К для состава  $\text{NdSrFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ .

Ключевые слова: твердые растворы; слоистые перовскиты; твердооксидные топливные элементы; электропроводность; коэффициент термо-ЭДС.

Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) являются эффективными устройствами, способными с высоким коэффициентом полезного действия генерировать электрическую энергию из химической энергии топлива и применяются в различных сферах промышленности и в быту [1]. Одними из наиболее перспективных материалов катодов ТОТЭ являются перовскитные слоистые кобальтиты, обладающие высокими каталитической активностью в реакции восстановления кислорода и значениями электропроводности [2]. Регулирование и тонкую настройку свойств слоистых кобальтитов осуществляют путем частичного замещения кобальта другими  $3d$ -металлами, что позволяет понизить их высокий коэффициент термического расширения (КТР), и частичного замещения бария другими щелочноземельными элементами, что может привести к улучшению электротранспортных свойств [3].

В данной работе выполнено гетеровалентное замещение кобальта железом и медью, и изовалентное замещение бария стронцием, кальцием и магнием. Получены зависимости параметров кристаллической структуры, термической стабильности, КТР, электротранспортных свойств и энергетики электропереноса в  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Me}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  ( $\text{Me} = \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg}$ ).

Установлено, что частичное замещение кобальта медью в  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  приводит к уменьшению коэффициентов как термического, так и химического расширения фазы  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  и улучшает ее термостабильность. Замещение бария стронцием в  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  уменьшает КТР керамики и улучшает ее электротранспортные характеристики: максимальная удельная электропроводность наблюдалась для состава  $\text{NdSrFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  и составила 299 См/см (при  $T = 1021$  К), что в три раза превышает максимальное значение удельной электропроводности фазы  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ . Замещение бария магнием также приводит к уменьшению КТР образцов до величины  $15,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  при  $x = 0,40$  (КТР состава с  $x = 0,00$  составляет  $17,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ), однако ухудшает электротранспортные свойства керамики. Введение кальция улучшает спекаемость керамики.

На основании проведенных исследований можно заключить, что полученная в работе керамика  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ , характеризующаяся низкими значениями КТР и высокими значениями удельной электропроводности, может рассматриваться как перспективный материал для разработки катодов твердооксидных топливных элементов.

### Библиографические ссылки

1. *Afroze S. [et al.] Latest development of double perovskite electrode materials for solid oxide fuel cells: a review // Front. Energy. 2019. Vol. 13. P. 770–797.*
2. *Истомин С. Я. [и др.] Электродные материалы на основе сложных оксидов  $d$ -металлов для симметричных твердооксидных топливных элементов // Усп. хим. 2021. Т. 90, № 6. С. 644–676.*
3. *Hussain S., Yangping L. Review of solid oxide fuel cell materials: Cathode, anode, and electrolyte // Energy Transit. 2020. Vol. 4. P. 113–126.*