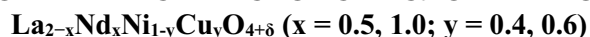


**СИНТЕЗ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ИЗУЧЕНИЕ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ**

*Соболь М.Е., Суханов К.С., Гилев А.Р., Киселев Е.А., Черепанов В.А.*

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

Сложные оксиды  $\text{Ln}_2\text{NiO}_{4+\delta}$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Nd}$ ), относящиеся к фазам Раддлсдена – Поппера  $\text{Ln}_{n+1}\text{Ni}_n\text{O}_{3n+1}$ , где  $n = 1$ , рассматриваются как перспективные катодные материалы для среднетемпературных твердооксидных топливных элементов. Целью работы являлся синтез, исследование фазового состава полученных образцов, уточнение их кристаллической структуры и оценка поляризационного сопротивления фаз  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 0.5, 1.0, y = 0.4, 0.6$ ) в симметричных ячейках  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta} \mid \text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{2-\delta} \mid \text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 1.0; y = 0.4, 0.6$ ).

Синтез образцов сложных оксидов  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 0.5, 1.0; y = 0.4, 0.6$ ) и  $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{2-\delta}$  (SDC) проводили по цитратно-нитратной технологии. В качестве исходных веществ использовали следующие реагенты:  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (99.9 %),  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.),  $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.),  $\text{CuO}$  (ч.д.а),  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  (х.ч.) и  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (х.ч.). Перед взятием навесок оксид меди  $\text{CuO}$  отжигали при  $450^\circ\text{C}$ , а оксид самария  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  и оксид неодима  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  при  $1100^\circ\text{C}$  в течение 12 ч на воздухе для удаления влаги и адсорбированных газов. Взятые в необходимых стехиометрических количествах исходные вещества растворяли в разбавленной азотной кислоте (ос.ч.) с добавлением избытка моногидрата лимонной кислоты (х.ч.) Получившийся цитратно-нитратный раствор упаривали в чашке на электрической плитке и разлагали при температуре  $300\text{--}450^\circ\text{C}$  и далее при  $900^\circ\text{C}$ . Фазовый состав полученных образцов устанавливали методом рентгенофазового анализа (РФА). Результаты РФА показали, что сложные оксиды  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 0.5, 1.0; y = 0.4, 0.6$ ) и спеченные таблетки SDC были получены однофазными, имели тетрагональную структуру типа  $\text{K}_2\text{NiF}_4$ , пр. гр.  $I4/mmm$ , и кубическую структуру типа флюорита, пр. гр.  $Fm\bar{3}m$ , соответственно. Кристаллическую структуру образцов уточняли методом Ритвелда.

Для исследования импеданса симметричных ячеек  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta} \mid \text{SDC} \mid \text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 1.0; y = 0.4, 0.6$ ) на каждую сторону таблетки SDC наносили спиртовые суспензии из порошков сложных оксидов  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_y\text{Cu}_{1-y}\text{O}_{4+\delta}$  ( $x = 1.0, y = 0.4, 0.6$ ) и затем припекали при  $950^\circ\text{C}$  в течение 4 ч на воздухе. Спектры импеданса были получены двухконтактным методом в интервале частот от 300 кГц до 1 мГц с амплитудой сигнала 15–20 мВ в интервале температур  $600\text{--}800^\circ\text{C}$ . Значения общего поляризационного сопротивления,  $R_p$ , для  $\text{La}_{2-x}\text{Nd}_x\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y\text{O}_{4+\delta}$ , рассчитанные из полученных годографов, составили  $0.081 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$  ( $x=1.0, y=0.4$ ) и  $0.093 \text{ Ом}\cdot\text{см}^2$  ( $x=1.0, y=0.6$ ) при  $800^\circ\text{C}$ .

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-23-00128, <https://rscf.ru/project/24-23-00128/>*