



График изменения потенциала алюминиевого электрода после добавки карбида бора

1. Yolshina L.A., Muradymov R.V., Korsun I.V. et al. Novel aluminum-graphene and aluminum-graphite metallic composite materials: Synthesis and properties // J. of Alloys and Compounds. 2016. V. 663. P. 449–459.

2. Смирнов М. В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. М. : «Наука», 1973. 246 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ СОСТАВОВ $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_2\text{InMO}_6$ (M – Nb, Ta) В АТМОСФЕРЕ ВЛАЖНОГО $\text{CO}_2$

*Матвеев Е.С., Николаева М.М., Алябьева И.В., Кочетова Н.А.*

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

Создание композитных материалов на основе известных твердых электролитов является одним из способов улучшения функциональных характеристик. Интерес к композиционным протонным электролитам обусловлен перспективами их практического использования в таких электрохимических устройствах как топливные элементы, газовые сенсоры и др.

Ранее проведенные исследования композитных образцов состава  $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  (M – Nb, Ta),  $0 \leq x \leq 1$ , показали, что их электрическая проводимость в среднем интервале температур существенно

превышает проводимость хорошо изученного протонного электролита  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ , что открывает потенциальную возможность практического применения. В связи с этим возникает необходимость изучения их химической стабильности. В настоящей работе была изучена химическая устойчивость образцов  $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  в атмосфере влажного  $\text{CO}_2$ .

Приготовление композитных составов велось методом твердофазного синтеза в температурном интервале  $800\text{--}1350^\circ\text{C}$  из карбоната бария и оксидов соответствующих металлов. Полученные образцы были аттестованы методом РФА (Bruker D8 ADVANCE).

Для изучения химической стабильности таблетированные образцы выдерживали в атмосфере влажного углекислого газа в течение 3.5 часов при температуре  $600^\circ\text{C}$ , во время выдержки осуществляли контроль электрических характеристик методом электрохимического импеданса (импедансметр Elins Z-2000) в диапазоне  $100\text{Гц--}1\text{МГц}$ .

Исследование наиболее проводящих составов ( $x=0.2$ ) показало, что образцы быстро реагируют с углекислым газом. Рентгеновский анализ, помимо основных фаз  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$  и  $\text{Ba}_2\text{InMO}_6$ , фиксирует присутствие карбоната бария  $\text{BaCO}_3$  и оксида индия  $\text{In}_2\text{O}_3$ . В процессе химической деградации образцов наблюдается увеличение их общей электропроводности, что связано с появлением оксида индия, имеющего электропроводность n-типа. Появление  $\text{In}_2\text{O}_3$  также определяет изменение цвета образцов с серо-белого на насыщенно-желтый.

Для более детального понимания происходящих процессов была изучена химическая устойчивость фаз, составляющих композиционный материал. Было показано, что фазы  $\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  ( $M - \text{Nb}, \text{Ta}$ ) в атмосфере влажного  $\text{CO}_2$  химически стабильны, в то время как индат бария  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$  подвергается химическому взаимодействию по реакции:  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 + 2\text{CO}_2 = 2\text{BaCO}_3 + \text{In}_2\text{O}_3$ .

Образцы с большим содержанием  $\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  ( $x>0.67$ ) в изучаемых условиях также демонстрируют химическую стабильность. Фазовый состав образцов, а также их электрические характеристики не изменяются. Стабильность компонента  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$  в этих образцах, вероятно, связана с кинетическими затруднениями процесса его взаимодействия с  $\text{CO}_2$ .

Таким образом, полученные результаты показали, что композиционные оксидные образцы  $(1-x)\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5 \cdot x\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  подвергаются химической деградации в атмосфере углекислого газа за счет разрушения фазы  $\text{Ba}_2\text{In}_2\text{O}_5$ . Составы с большим содержанием  $\text{Ba}_2\text{InMO}_6$  демонстрируют лучшую химическую стабильность в изученных экспериментальных условиях.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КИСЛОРОДОДЕФИЦИТНЫХ ФАЗ СЕМЕЙСТВА $\text{LaMO}_x$ И КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

*Партин Г.С., Корона Д.В.*

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

Молибдаты лантана со структурным типом  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  привлекают интерес исследователей как перспективный класс кислородионных проводников для применения в качестве твердых электролитов твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). При температурах выше температуры фазового перехода ( $\sim 580$  °С) стабилизируется кубическая  $\beta$ -фаза  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ , которая показывает значения ионной проводимости около  $10^2$  См/см при 800 °С, что сравнимо с величинами для допированного итрием оксида циркония. Моноклинная  $\alpha$ -фаза  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$ , существующая при температурах ниже  $T_{\text{ф.п.}}$ , является низкопроводящей [1]. Проблема подавления фазового перехода и стабилизации  $\beta$ -фазы при комнатной температуре решена катионным замещением  $\text{Mo}^{6+}$  на  $\text{W}^{6+}$  [2], хотя такое допирование не приводит к значительному увеличению проводимости.

Целью данной работы являлось увеличение ионной составляющей проводимости  $\text{La}_2\text{Mo}_{2-x}\text{W}_x\text{O}_9$  посредством гетерофазного допирования. Твердофазным синтезом были получены фазы состава  $\text{La}_2\text{Mo}_2\text{O}_9$  ( $\text{La}_2\text{O}_3:\text{MoO}_3 = 1:2$ ),  $\text{La}_2\text{Mo}_{1,5}\text{W}_{0,5}\text{O}_9$ ,  $\text{La}_2\text{MoO}_6$  ( $\text{La}_2\text{O}_3:\text{MoO}_3 = 1:1$ ),  $\text{La}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$  ( $\text{La}_2\text{O}_3:\text{MoO}_3 = 1:3$ ), фазовый состав продуктов синтеза установлен методом РФА. Кроме того, впервые получены композиты  $\{(100\%-x)\text{La}_2\text{Mo}_{1,5}\text{W}_{0,5}\text{O}_9-x\text{TiO}_2\}$ , где  $x = 0,5; 5; 10$  мол. % для поиска композитного эффекта (явления роста ионной проводимости при добавлении оксидного полупроводника с низкой поверхностной энергией к матричной фазе) и изучения транспортных свойств.

Электрические свойства были исследованы методом импедансной спектроскопии. Необходимо отметить заметно возросшую относительную плотность керамики с малой добавкой нано- $\text{TiO}_2$   $(100\%-x)\text{La}_2\text{Mo}_{1,5}\text{W}_{0,5}\text{O}_9-x\text{TiO}_2$ , где  $x = 0,5$  мол. % ( $> 90\%$ ) по сравнению с  $\text{La}_2\text{Mo}_{1,5}\text{W}_{0,5}\text{O}_9$  (78%) при сохранении величины объемной проводимости  $5 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-3}$  См/см при 800 °С (см. рисунок).