Композитные материалы на основе многослойных углеродных нанотрубок и оксидов переходных металлов: синтез, структура и электрокаталитические свойства

Голубцов Г.В. [1], *Казакова М.А.* [1], *Селютин А.Г.* [1], *Morales D.M.* [2], *Schuhmann W.* [2]

ggv@catalysis.ru
[1] ИК СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

Разработка высокоактивных и стабильных бифункциональных электрокатализаторов, не содержащих драгоценных металлов, а также способных обратимо управлять реакциями выделения кислорода (РОВ) и восстановления кислорода (РВК), остается одной из ключевых задач при создании кислородных электродов для металл-воздушных батарей и обратимых топливных элементов.

В данной работе был предложен эффективный подход к улучшению бифункциональной РОВ/РВК активности катализатора, основанный на оптимизации, с одной стороны, состава и соотношения металлов в нанесенных оксидных Fe/Co/Ni/Mn наночастицах, а с другой стороны, функционального состава и структурных характеристик носителя на основе многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ). Для этого осуществляли функционализацию МУНТ кислород- и/или азотсодержащими группами [1]. Легирование азотом проводили в ходе синтеза МУНТ в присутствии различных концентраций аммиака в реакционной среде. Модификацию кислородсодержащими группами проводили путем их обработки в азотной кислоте. Моно-, би- и триметаллические Fe/Co/Ni/Mn/МУНТ композитные материалы с различным составом и соотношением металлов были получены методом пропитки по влагоемкости МУНТ [1, 2, 3]. Установлено, что окислительная обработка позволяет управлять дисперсностью и локализацией оксидных наночастиц в структуре МУНТ, тогда как оптимизация степени легирования азотом благоприятна для увеличения бифункциональной активности и стабильности в условиях РОВ и РВК. Объединение нескольких оксидных частиц в одном составе позволяет управлять как структурными, так и на электрокаталитическими характеристиками материала. Так, наиболее активный триметаллический $Mn_{0.5}Fe_{0.15}Ni_{0.35}$/МУНТ катализатор продемонстрировал существенно более низкую разность перенапряжений РВК/РОВ (ΔE = 0.73 В) и лучшую селективность в отношении 4-х электронного восстановления O_2 до OH^- с выходом пероксидных частиц менее 10% [2]. Кроме того, оптимальная триметаллическая система показала высокую стабильность, что делает данный катализатор перспективным для кислородных электродов с потенциалом применения в металл-воздушных батареях и обратимых топливных элементах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект FWUR-2024-0034).

Ссылки

1. Kazakova M.A., Koul A., Golubtsov G.V., Selyutin A.G., Ishchenko A.V., Kvon R.I., Kolesov B.A., Schuhmann W., Morales D.M., ChemElectroChem (2021), 8, 15, 2803.
2. Morales D.M., Kazakova M.A., Dieckhöfer S., Selyutin A.G., Golubtsov G.V., Schuhmann W., Masa J., Advanced Functional Materials (2020), 30, 6, 1905992:1.
3. Kazakova M.A., Morales D.M., Andronescu C., Elumeeva K., Selyutin A.G., Ishchenko A.V., Golubtsov G.V., Dieckhöfer S., Schuhmann W., Masa J, Catal. Today, (2020), 357, 259.