

Механизмы OER в условиях магнитного электрокатализа: оценка механизмов и степени их воздействия

Пономарец А.Д. (ИТМО), Шабалкин И.Д. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор химических наук, Кривошапкин П.В. (ИТМО)

Введение. Одним из важнейших вызовов в развитии водородной энергетики является получение "зеленого" водорода с помощью электролиза воды, эффективность которого ограничена высокой энергией активации реакции выделения кислорода [1]. Использование катализаторов основе благородных и редкоземельных металлов (Pt, Ir, Ru) сопряжено с дополнительными затратами, что затрудняет переход на возобновляемый водород [2]. Среди прочих методов повышения эффективности катализатора можно выделить увеличение пористости поверхности, использование дефектов поверхности, а также применение магнитного поля [3].

Повышение эффективности реакции под действием магнитного поля происходит за счет двух эффектов: гидродинамического и спинового [4]. Несмотря на то, что механизмы известны и описаны, степень их влияния в конкретной системе зачастую остается неисследованной. Целью данной работы было определение влияния гидродинамического и спинового эффектов магнитного поля на кинетику реакции выделения кислорода.

Основная часть. В качестве катализатора были использованы наночастицы FeCo с соотношением железа и кобальта 80% к 20%, 60 % к 40%, 40% к 60%, соответственно. Выбор данного сплава обусловлен его выраженными ферромагнитными свойствами, что обеспечивает эффективное взаимодействие с магнитным полем. Синтез проводился методом соосаждения: постепенно добавлялся боргидрид натрия в раствор хлоридов железа и кобальта. После прохождения реакции частицы осадили магнитом, промыли водой, высушили и прокалили в пламени спиртовки.

Для характеристики частиц были использованы методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), энергодисперсионный анализ, рентгенофазовый анализ, а также электрохимические методы анализа.

Результаты анализа подтвердили формирование однофазных наночастиц среднего размера ~20 нм. На поверхности частиц обнаружена оксидная пленка толщиной 4–6 нм, которая может играть важную роль в эффективности и стабильности катализатора. Для электрохимического тестирования 7 мг полученного катализатора наносилось на никелевую пену размеров 1x1 см, методом drop cast.

Электрохимические измерения проводились в трехэлектродной ячейке. Для изучения влияния магнитного поля на OER были исследованы четыре системы:

1. Без воздействия внешних факторов
2. С воздействием механического перемешивания при помощи орбитального шейкера. Эта система позволяет оценить влияние гидродинамических факторов в отсутствие магнитного поля.
3. С воздействием магнитного поля
4. С воздействием магнитного поля и механического перемешивания при помощи орбитального шейкера. Эта система позволяет оценить совместное влияние гидродинамических и спиновых эффектов.

Выводы. Анализ полученных данных показал, что спиновой эффект оказывает более существенное влияние, чем гидродинамический, и составляет 80% от общего прироста. Это позволяет четко обозначить дальнейшие пути развития катализаторов для HER и OER.

Список использованных источников:

1. Van Renssen S. The hydrogen solution? //Nature Climate Change. – 2020. – Т. 10. – №. 9. – С. 799-801.
2. Song J. et al. A review on fundamentals for designing oxygen evolution electrocatalysts //Chemical Society Reviews. – 2020. – Т. 49. – №. 7. – С. 2196-2214.
3. Liu D. et al. Multiscale catalysis under magnetic fields: methodologies, advances, and trends //ChemCatChem. – 2022. – Т. 14. – №. 24. – С. e202200889.
4. Zhang Y. et al. Recent advances in magnetic field-enhanced electrocatalysis //ACS Applied Energy Materials. – 2020. – Т. 3. – №. 11. – С. 10303-10316.

Автор_____ Пономарец А.Д.

Научный руководитель_____ Кривошапкин П.В.