

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОЧАСТИЦ $\text{CoFe}_2\text{O}_4@ \text{BiFeO}_3$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ ОБОЛОЧКИ В ПЕРЕМЕННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Никифоров К.А.¹, Шабалкин И.Д.¹

Научный руководитель – доктор хим. наук, профессор Кривошапкин П.В.¹

¹Университет ИТМО
nikiforov@scamt-itmo.ru,
idshabalkin@itmo.ru

Введение

Разработка новых каталитических систем, чувствительных к внешним физическим воздействиям, является одним из приоритетных направлений современной энергетики. Особый интерес представляют магнитоэлектрические материалы, способные генерировать заряд под действием внешнего магнитного поля. Это открывает возможности для бесконтактного управления каталитической активностью, влиять на перенос заряда (спин-поляризация), гидродинамику или локальный нагрев [1]. Перспективной структурой являются наночастицы типа ядро-оболочка, где ферромагнитное ядро (например, CoFe_2O_4) покрыто пьезоэлектрической оболочкой (BiFeO_3 или BaTiO_3). При наложении магнитного поля магнитострикция ядра приводит к деформации пьезоэлектрической оболочки, следствием чего является появление поляризационного заряда на поверхности частицы [2].

Целью данной работы является синтез наночастиц $\text{CoFe}_2\text{O}_4@ \text{BiFeO}_3$ с различной толщиной оболочки, исследование их структуры, магнитных и магнитоэлектрических свойств, а также оценка их каталитической активности.

Основная часть

На первом этапе были синтезированы наночастицы ферромагнитного ядра CoFe_2O_4 с использованием различных оснований (NaBH_4 , NH_3 , NaOH). Согласно данным вибрационной магнитометрии (VSM), большая намагниченность насыщения была достигнута при использовании NaBH_4 , что позволило получить частицы со средним размером кристаллитов ~ 15 нм. Далее методом золь-гель была сформирована оболочка BiFeO_3 с молярным соотношением к ядру от 0.4:1 до 1.5:1. Структура и морфология полученных материалов подтверждена СЭМ и рентгенофазовым анализом (РФА). Анализ магнитоэлектрических свойств показал, что при наложении переменного магнитного поля показал, значение ΔE для частиц $\text{CoFe}_2\text{O}_4@ \text{BiFeO}_3$ выше, чем для отдельных частиц CoFe_2O_4 или BiFeO_3 , что свидетельствует о дополнительной генерации заряда на поверхности. Однако корреляция между толщиной оболочки BiFeO_3 и величиной ΔE , ожидаемая теоретически, в эксперименте не наблюдалась, что может быть связано с дефектностью структуры или неоптимальным механическим контактом на границе раздела фаз. Дополнительно была выявлена немонотонная корреляция между толщиной оболочки и эффективностью разложения метиленового синего под действием переменного магнитного поля.

Выводы

Синтезированы магнитоэлектрические наночастицы $\text{CoFe}_2\text{O}_4@ \text{BiFeO}_3$ с различной толщиной оболочки. Подтверждено наличие магнитоэлектрического отклика и его влияние на электрохимические процессы (HER). В ходе фотокаталитических экспериментов обнаружена немонотонная зависимость активности разложения метиленового синего от толщины оболочки BiFeO_3 , что указывает на необходимость оптимизации структуры для достижения максимального эффекта.

Литература

1. Song, H. Core–Shell Magnetolectric Nanoparticles: Materials, Synthesis, Magnetolectricity, and Applications // Actuators. 2022, Vol. 11, 380.
2. Shao, D. A Perspective of Magnetolectric Effect in Electrocatalysis // Small Science. 2023, Vol. 3, 2300065.