

ФОРМИРОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СЛОЕВ TiO_2/ZnO МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

К. Пак, С.В. Дубков, Д.Г. Громов

Введение

Разработка доступных фотокатализаторов с высокой реакционной способностью имеет большое значение для повышения энергоэффективности и восстановления окружающей среды [1,2]. Композитные фотокатализаторы TiO_2/ZnO демонстрируют улучшенные фотокаталитические характеристики по сравнению с чистыми материалами TiO_2 и ZnO благодаря повышенному оптическому поглощению и более эффективному разделению фотогенерированных электронно-дырочных пар [3,4,5]. Одним из доступных методов формирования фотокаталитических слоев является технология электрофоретического осаждения, которая основана на электрокинетическом движении частиц в суспензии под действием электрического поля. Методом электрофоретического осаждения можно получать слои сложного состава с определенными геометрическими характеристиками. Основной проблемой при разработке методики электрофоретического осаждения многосоставных слоев является создание эффективного поверхностного заряда частиц, что влияет на стабильность суспензии и высокую электрофоретическую подвижность. В данной работе представлены особенности электрофоретического осаждения композитных слоев TiO_2/ZnO с разным соотношением из суспензии на основе изопропилового спирта с различными добавками, повышающими стабильность суспензии.

Экспериментальная часть

Электрофоретическое осаждение проводилось на подложки из нержавеющей стали из суспензии на основе изопропилового спирта, нанопорошков TiO_2 и ZnO . Общая загрузка нанопорошков составляла 1 мг/мл. В качестве стабилизирующих добавок использовались лаурилсульфат натрия (ЛСН) и гидроксипропилцеллюлоза (ГПЦ). Процесс проводился в потенциостатическом режиме при разных значениях напряженности электрического поля и времени осаждения. Морфология поверхности, толщина и стехиометрия полученных

образцов были изучены с помощью растрового электронного микроскопа и энергодисперсионного рентгеновского анализа.

Результаты

Для подбора оптимальных стабилизирующих добавок были изготовлены суспензии объемом 25 мл с нанопорошками TiO_2/ZnO и с разным содержанием ЛСН и ГПЦ. После приготовления суспензий разного состава проводился седиментационный анализ (Рисунок 1). Объем суспензии составлял 25 мл.

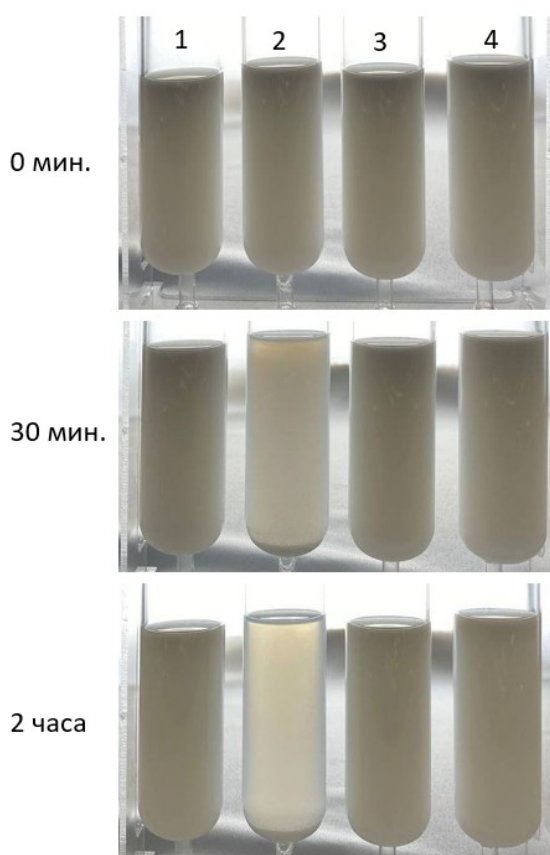


Рисунок 1- Фотографии суспензий 1- без добавок, 2-0,08 мг ЛСН на 1 мг TiO_2/ZnO , 3- 0,04 мг ГПЦ на 1 мг TiO_2/ZnO , 4-0,08 мг ЛСН и 0,04 мг ГПЦ на 1 мг TiO_2/ZnO после ультразвуковой обработки

Седиментационный анализ показал, что суспензия с содержанием только ЛСН является достаточно нестабильной и непригодна к использованию. При добавлении ГПЦ суспензия наиболее стабильная, однако, частицы электрофоретически не осаждались из-за недостаточного поверхностного заряда. Как видно из рисунка 1 суспензия, включающая

ЛСН и ГПЦ, остается стабильной долгое время. Дальнейшая серия экспериментов была направлена на установление оптимального содержания ЛСН и ГПЦ в суспензии.

Было проведено электрофоретическое осаждение суспензий с различным содержанием ЛСН для выявления оптимального соотношения добавок. График зависимости скорости осаждения от напряженности электрического поля при разных содержаниях ЛСН представлен на рисунке 2.

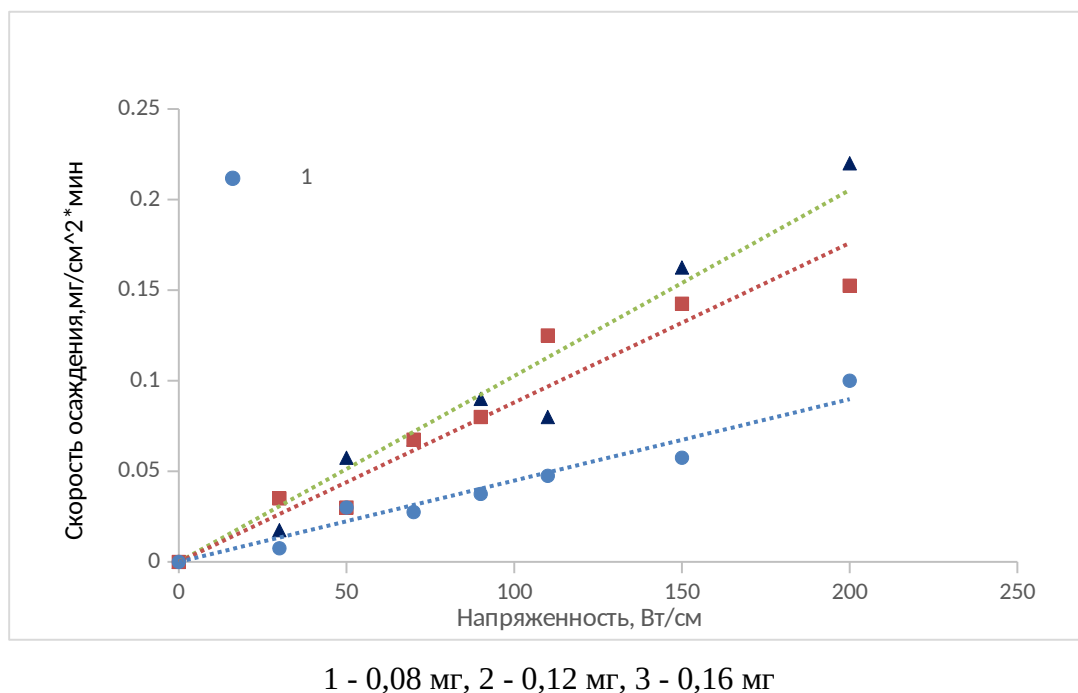


Рисунок 2 - График зависимости скорости осаждения частиц от напряженности электрического поля при разных содержаниях ЛСН с добавлением 0,04 мг ГПЦ на 1 мг TiO_2/Zn

С ростом напряженности электрического поля скорость осаждения частиц возрастает линейно во всех случаях. При 0,08 мг ЛСН скорость осаждения самая низкая. При увеличении содержания ЛСН в суспензии скорость осаждения возрастает. Как можно увидеть из графика скорость осаждения при добавлении 0,12 мг и 0,16 мг ЛСН на 1 мг TiO_2/ZnO примерно одинаковая. Из чего можно сделать вывод, что оптимальным содержанием ЛСН в суспензии составляет 0,12 мг ЛСН на 1 мг TiO_2/ZnO и 0,04 мг ГПЦ. Далее была проведена серия экспериментов по электрофоретическому осаждению слоев TiO_2/ZnO с разным соотношением. Был определен состав осажденных слоев и построена зависимость содержания ZnO масс. % в слое от содержания ZnO масс. % в суспензии с

использованием энергодисперсионного анализа. Результаты расчета представлены на рисунке 3.

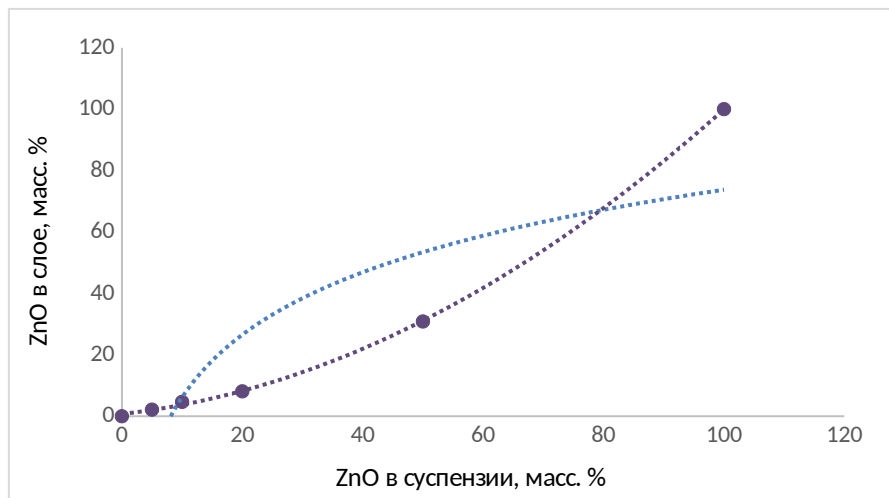


Рисунок 3 - График зависимости содержания ZnO масс. % в слое от содержания ZnO масс. % в суспензии

По данному графику возможно прогнозировать состав композитов, а также видно, что содержание ZnO масс. % в слое изменяется не линейно в зависимости от содержания ZnO масс. % в суспензии. Это говорит о том, что электрофоретическая подвижность частиц ZnO ниже, чем у TiO_2 .

Выводы

Проведен анализ влияния стабилизирующих добавок на стабильность суспензии и электрофоретическую скорость осаждения частиц. Было обнаружено, что при добавлении ГПЦ суспензия наиболее стабильная, однако частицы электрофоретически не осаждались из-за недостаточного поверхностного заряда. При увеличении содержания ЛСН в суспензии скорость осаждения возрастает. Было выявлено оптимальное соотношение добавок: 0,12 мг ЛСН и 0,04 мг ГПЦ на 1 мг TiO_2/ZnO . Были получены зависимости скорости осаждения TiO_2/ZnO от напряженности электрического поля в диапазоне от 30 до 200 В/см при разных количествах стабилизирующих добавок. Установлено, что с ростом напряженности электрического поля скорость осаждения частиц возрастает линейно во всех случаях. Была проведена серия экспериментов по электрофоретическому осаждению слоев TiO_2/ZnO с разным соотношением. Определен состав осажденных слоев и построена зависимость содержания ZnO масс. % в слое от содержания ZnO масс. % в суспензии.

Список литературы

1. M. Ismael, "A review and recent advances in solar-to-hydrogen energy conversion based on photocatalytic water splitting over doped-TiO₂ nanoparticles," *Sol. Energy*, vol. 211, pp. 522–546, 2020.
2. G. O. Testoni et al., "Increased photocatalytic activity induced by TiO₂/Pt/SnO₂ heterostructured films," *Solid State Sci.*, vol. 76, pp. 65–73, 2018.
3. K. Sabzehei, S. H. Hadavi, M. G. Bajestani, and S. Sheibani, "Comparative evaluation of copper oxide nano-photocatalyst characteristics by formation of composite with TiO₂ and ZnO," *Solid State Sci.*, vol. 107, no. 106362, p. 106362, 2020.
4. T. Giannakopoulou, N. Todorova, M. Giannouri, J. Yu, and C. Trapalis, "Optical and photocatalytic properties of composite TiO₂/ZnO thin films," *Catal. Today*, vol. 230, pp. 174–180, 2014.
5. Y. Chen et al., "Synthesis of porous ZnO/TiO₂ thin films with superhydrophilicity and photocatalytic activity via a template-free sol–gel method," *Surf. Coat. Technol.*, vol. 258, pp. 531–538, 2014.