

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ТИТАНА, ДОПИРОВАННОГО ЛАНТАНОМ

А.О. Кайдарова, А.А. Шмелев, Р.В. Шафигулин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. В последние годы полупроводниковые фотокатализаторы нашли широкое применение для очистки окружающей среды от органических и неорганических веществ. Наиболее перспективным среди фотокатализаторов является диоксид титана благодаря своим оптическим, электрическим и фотохимическим свойствам, механической прочности, низкой стоимости и нетоксичности, а также высокой эффективности преобразования солнечной энергии. Основным ограничением применения TiO_2 в качестве фотокатализатора является его спектральная область поглощения ($\lambda < 380$ нм), что делает невозможным использование солнечного излучения при проведении фотокатализа [1]. Существует несколько методов, позволяющих расширить область поглощения TiO_2 в видимую область спектра, наиболее эффективный из которых — допирование кристаллической решетки TiO_2 атомами металлов и неметаллов [2]. Допирование диоксида титана лантаном позволяет получить фотокатализаторы, удовлетворительные как с точки зрения простоты и доступности синтеза, так и с точки зрения получаемых фотокаталитических свойств.

Цель — осуществить синтез мезопористого диоксида титана, допированного лантаном, и исследовать возможность его применения в фотокатализе.

Методы. Синтез допированного лантаном диоксида титана (La-TiO_2) проводили при помощи золь-гель синтеза, в качестве темпланта использовали N-цетил-N,N,N-триметиламмония бромид (ЦТАБ). Навеску ЦТАБ растворяли в этиловом спирте, после чего к раствору при постоянном перемешивании последовательно добавляли уксусную кислоту и этоксид титана. Для синтеза образцов, допированных лантаном, к реакционной смеси добавляли водный раствор нитрата лантана. Полученную смесь перемешивали в течение 3 ч, после чего выдерживали на воздухе в течение 10 дней до получения ксерогеля, который впоследствии подвергали температурной обработке в муфельной печи в течение 3 ч при температуре 500 °С. В результате был получен 1 недопированный образец TiO_2 и 3 допированных образца с содержанием лантана 2,2; 9,5 и 17,9 масс. % — образцы $\text{La-TiO}_2(2,2)$, $\text{La-TiO}_2(9,5)$, $\text{La-TiO}_2(17,9)$ соответственно.

Фотокаталитическую активность полученных образцов исследовали на примере реакций фотоокисления метилового оранжевого и ализарина красного С. Навеску исследуемого образца помещали в водные растворы метилового оранжевого с концентрацией 2 ppm и ализаринового красного С с концентрацией 25 ppm. Полученные смеси перемешивали в стеклянном стакане при помощи магнитной мешалки под действием двух люминесцентных ламп белого света Camelion FT5 13W/33 Cool Light 4200 K без доступа постороннего света. Отбор проб проводили через 1; 1,5; 2; 3 ч от начала процесса. Пробы фильтровали на целлюлозном фильтре с диаметром пор 0,45 мкм. Изменение концентрации адсорбируемых веществ определяли

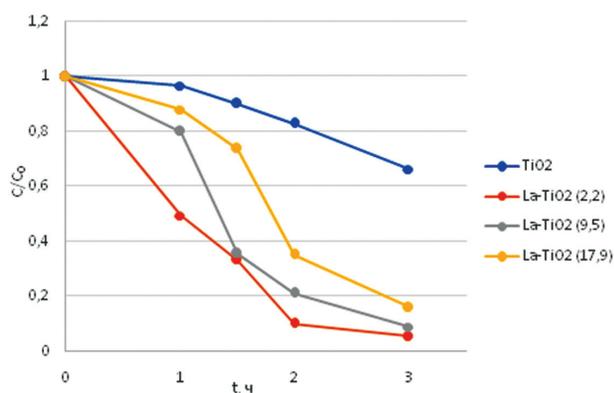


Рис. 1. Кинетическая кривая фотодegradации метилового оранжевого на недопированном и допированных образцах диоксида титана

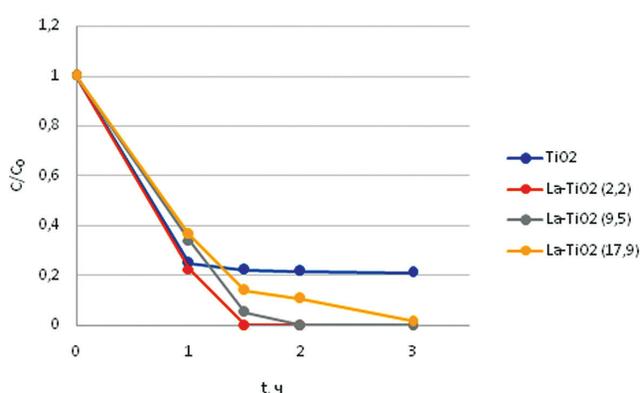


Рис. 2. Кинетическая кривая фотодegradации ализаринового красного С на недопированном и допированных образцах диоксида титана

при помощи однолучевого сканирующего спектрофотометра Unicо 2800. Оптическую плотность растворов определяли при 464 нм для метилового оранжевого и 425 нм для ализаринового красного С.

Результаты. Кинетические кривые фотодегградации метилового оранжевого и ализаринового красного С из водных растворов представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

Из рис. 1 и 2 видно, что при воздействии видимого света концентрация красителей значительно уменьшилась на допированных образцах. Наибольшей фотокаталитической активностью обладает образец $\text{LaTiO}_2(2,2)$. На этом образце уже через 1,5 ч деградация метилового оранжевого на образце составила 67 %, ализаринового красного С — 100 %.

Выводы. Синтезированы образцы мезопористого допированного лантаном диоксида титана $\text{La-TiO}_2(2,2)$, $\text{La-TiO}_2(9,5)$, $\text{La-TiO}_2(17,9)$. Показано, что допированные материалы обладают большей фотокаталитической активностью по сравнению с недопированным образцом. Среди допированных материалов образец $\text{LaTiO}_2(2,2)$ обладает лучшей фотокаталитической активностью в реакциях фотодегградации красителей, что может быть связано с морфологией образцов.

Ключевые слова: мезопористый диоксид титана; допирование лантаном; фотокаталитическая активность; фотодегградация красителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения госзадания (грант № FSSS-2020-0016).

Список литературы

1. Pascariu P., Cojocarua C., Homocianua M., et al. New La^{3+} doped TiO_2 nanofibers for photocatalytic degradation of organic pollutants: Effects of thermal treatment and doping loadings // *Ceram Int.* 2022. Vol. 48, No. 4. P. 4953–4964. DOI: 10.1016/j.ceramint.2021.11.033
2. Basavarajappa P.S., Patila S.B., Ganganagappa N., et al. Recent progress in metal-doped TiO_2 , non-metal doped/codoped TiO_2 and TiO_2 nanostructured hybrids for enhanced photocatalysis // *Int J Hydrog Energy.* 2020. Vol. 45, No. 13. P. 7764–7778. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.07.241

Сведения об авторах:

Алина Олеговна Кайдарова — студентка, группа 4501-040501D, химический факультет; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: kaydarova.1999@mail.ru

Александр Александрович Шмелев — научный руководитель, аспирант кафедры физической химии и хроматографии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: Shmelsasha@yandex.ru

Роман Владимирович Шафигулин — научный руководитель, доцент; доцент кафедры физической химии и хроматографии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: shafiro@mail.ru