

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПСИЛОН-ФАЗЫ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А. И. Циммерман^{1,2}, И. И. Шаненков^{1,2}, А. Р. Насырбаев¹
 Научный руководитель – д.т.н., профессор А. А. Сивков¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, alextsimmer@yandex.ru

²Тюменский государственный университет
 625003, г. Тюмень, улица Володарского, дом 6

Нанооксиды железа все больше привлекают внимание научной общественности в связи с большими перспективами их применения. По сравнению с другими нанооксидами железа, эpsilon-фаза оксида железа ($\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$) обладает уникальными физическими свойствами, такими как высокая коэрцитивная сила, магнитоэлектрическая связь и ферромагнитный резонанс, и может использоваться в магнитных носителях записи, хранении информации, постоянных магнитах и т. д. [1]. Эpsilon-фаза представляет собой темно-коричневую магнитную фазу оксида железа и является термодинамически неустойчивой промежуточной фазой между $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Образование $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ очень чувствительно к синтетическим методам и экспериментальным условиям, поскольку эpsilon-фаза может быть стабильной только в пределах определенного диапазона нанометровых размеров. Фазовое превращение $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ имеет место при достижении определенного критического размера [2].

В настоящее время известно несколько методов синтеза $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$, например, золь-гель метод [3], термическое разложение глинистого минерала нонтронита [4], импульсное лазерное осаждение [5] и механический высокоэнергетический размол [1]. Все эти методы имеют положительные и отрицательные стороны. Основными недостатками являются продолжительность

процесса синтеза (до нескольких недель), его многоступенчатость и дороговизна.

В работе для синтеза оксидов железа предложено использовать плазмодинамический метод, который ранее был описан в работе [6]. Стальной электрод-ствол и кислород являются прекурсорами в данном методе оксидов железа, поэтому изменение концентрации кислорода в камере-реакторе должна влиять на получаемый продукт. Основные параметры серии экспериментов представлены в таблице 1. Фазовый состав полученных материалов исследовался методом рентгеновской дифрактометрии с использованием дифрактометра Shimadzu XRD 7000S, и программного обеспечения Crystallographica Search-Match и PowderCell для анализа полученных рентгеновских дифрактограмм.

Расшифровка дифрактограмм синтезированных материалов показала, что полученные плазмодинамическим методом продукты состоят из трех фаз оксидов железа: эpsilon-фазы $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (№ 76-8881), магнетита Fe_3O_4 (№ 88-315) и гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (№ 79-7). Количественный анализ фазового состава (таблица 1) показал, что при увеличении концентрации кислорода в камере-реакторе от 10 до 100 % приводит к увеличению содержания эpsilon-фазы в синтезированном продукте от 18,1 до 67,2 масс. %.

Таблица 1. Основные параметры серии экспериментов

№	O ₂	W ₃	W	Фазовый состав, %		
	%			кДж	кДж	$\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$
1(187)	100	90	55,2	67,2	20,3	12,5
2(189)	90		52,7	65,9	22,1	12,0
3(185)	80		56,8	65,1	22,7	12,2
4(179)	70		58,0	63,7	22,9	13,4
5(186)	50		61,1	55,4	31,7	12,9
6(188)	30		56,8	41,2	41,3	11,5
7(184)	10		53,8	18,1	71,7	10,2

Исходя из полученных данных, показана возможность синтеза высокодисперсного материала системы Fe–O при изменении концентрации кислорода в камере-реакторе. Такое изменение

позволяет увеличить содержание эpsilon-фазы до ~ 70 масс. % в синтезированном материале.

Аналитические исследования выполнены при финансовой поддержке Госзадания № FEWZ-2021-0014.

Список литературы

1. Zhao Y., Wen G. // *J. Magn. Magn. Mater.*, 2020. – V. 512. – P. 167039.
2. El Mendili Y. et al. // *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 2016. – V. 17. – № 1. – P. 597–609.
3. Nikolić V. N. et al. // *Ceram. Int.*, 2017. – V. 43. – № 3. – P. 3147–3155.
4. Kelm K., Mader W. // *Z. Anorg. Allg. Chem.*, 2005. – V. 631. – № 12. – P. 2383–2389.
5. Morber J. R. et al. // *J. Phys. Chem. B.*, 2006. – V. 110. – № 43. – P. 21672–21679.
6. Tsimmerman A. I. et al. // *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.*, 2022. – V. 86. – № 10. – P. 1224–1229.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ФУРАЦИЛИНА В ПРИСУТСТВИИ НАНОКОМПОЗИТОВ $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{PrFeO}_3$ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИДИМОГО СВЕТА

М. И. Чебаненко, Л. А. Лебедев, А. С. Сероглазова

Научный руководитель – к.х.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией материалов и процессов водородной энергетики В. И. Попков

ФГБУН Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН (Ioffe Institute)
194021, Санкт-Петербурге, Политехническая ул., 26, m_chebanenko@list.ru

В последнее десятилетие количество фармацевтических производств в мире динамично растет. Сточные воды таких производств очень сложны по своему составу, а содержащиеся в них лекарственные препараты даже в следовых концентрациях способны оказывать губительное воздействие на водные экосистемы. Поэтому возможность безопасной утилизации фармацевтических препаратов является важной задачей, требующей особого внимания. Фотокатализ, индуцированный солнечным светом, представляется одним из перспективных и экологически чистых способов очистки, однако выбор катализаторов на сегодняшний день ограничен ввиду невысокой активности большинства известных соединений в видимой области спектра.

Поэтому целью данной работы стала разработка высокоэффективных фотокаталитических материалов на основе графитоподобного нитрида углерода ($g\text{-C}_3\text{N}_4$) и ортоферрита празеодима (PrFeO_3) для разложения фармацевтических препаратов (на примере фурацилина) под действием видимого света. Выбор состава данного наноконкомпозита был обусловлен высокой фотокаталитической активностью исходных компонентов, которая была подробно изучена и опубликована в работах [1, 2].

Синтез $g\text{-C}_3\text{N}_4$ осуществлялся посредством термической обработки мочевины в воздушной атмосфере. Однофазный PrFeO_3 был синтезирован методом глицин-нитратного горения при соотношении G/N = 0,2 с последующей термообработкой. Наноконкомпозит на основе графитоподобного нитрида углерода и PrFeO_3 был получен смешением исходных компонентов в этаноле под ультразвуковым воздействием.

Фазовый состав образцов был подтвержден методом порошковой рентгеновской дифрактометрии. Электронные спектры диффузного отражения были получены и пересчитаны с помощью функции Кубелки-Мунка для определения оптической ширины запрещенной зоны (E_g). Значения E_g для чистого $g\text{-C}_3\text{N}_4$, PrFeO_3 и композита $g\text{-C}_3\text{N}_4/5\% \text{PrFeO}_3$ составили 2,91 эВ, 1,9 эВ, 2,85 эВ, соответственно.

Фотокаталитическая активность полученной серии образцов была определена в процессе деградации фурацилина под действием видимого света (рис. 1а). Константы скорости реакции были рассчитаны с помощью кинетического уравнения реакции псевдопервого порядка и приведены на рисунке 1б.

Таким образом, была исследована возможность фотокаталитического разложения фурацилина под действием видимого света. Установ-