

Л.Л. Хомутинникова¹, С.К. Евстропьев^{1,2,3},
И.К. Мешковский¹, С.А.Плясцов¹

¹ Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург

² СПбГТИ (ТУ), Россия, Санкт-Петербург

³ НПО «ГОИ им. С.И. Вавилова, Россия, Санкт-Петербург

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦВЕТКООБРАЗНЫХ КОМПОЗИТОВ ZnO-SnO₂-Fe₂O₃, ПОЛУЧЕННЫХ ПОЛИМЕРНО-СОЛЕВЫМ МЕТОДОМ

В настоящее время во всем мире проводятся многочисленные исследования и разработки новых фотокаталитических и бактерицидных материалов для применения в области экологии, медицины и энергетике. Одними из наиболее эффективных фотокатализаторов и антибактериальных неорганических материалов являются композиты на основе оксида цинка. Исследованиям и разработкам этих материалов, и изучению механизмов, определяющих их фотокаталитическую и антибактериальную активность, посвящено большое число работ [1-5].

Установлено, что фотокаталитические свойства и антибактериальная активность материалов на основе оксида цинка могут быть существенно повышены введением небольших добавок других компонентов. Введение этих модификаторов в состав фотокатализатора может способствовать уменьшению размеров частиц и увеличению удельной поверхности материалов [], уменьшает вероятность процессов рекомбинации фотогенерируемых электронно-дырочных пар, что повышает эффективность фотокатализаторов [3, 4,], расширяет спектральный диапазон fotocувствительности фотокаталитических материалов [2].

Полимерно-солевой метод является простым и недорогим методом синтеза материалов и применяется для создания высокоэффективных фотокаталитических полупроводниковых гетероструктур на основе оксида цинка [6,7].

В качестве исходных материалов при синтезе композитов были использованы водные растворы солей цинка, олова и железа, а также спиртовой раствор поливинилпирролидона.

**Таблица 1 - Химический состав использованного раствора
и полученного оксидного композита**

Состав пленкообразующего раствора						Состав композита, мол.%		
H ₂ O	Пропанол-2	Zn(NO ₃) ₂	SnCl ₂	FeCl ₃	ПВП	ZnO	SnO ₂	Fe ₂ O ₃
47,62	47,62	2,26	0,07	0,05	2,38	95	3	2

Введение в раствор полимера позволяет получить однородную смесь, а также повышает дисперсность композитов. Схема получения представлена на рисунке 1. Для подбора режима термообработки исследована методом ДТА/ТГ анализ термическая эволюция материалов для синтеза цветкообразных фотокаталитических композитов.



Рисунок 1 - Схема получения фотокаталитического композита

Полученные композиты были исследованы методами РФА и СЭМ анализов и люминесцентной спектроскопии.

На рисунке 2 приведены электронно-микроскопические снимки синтезированного фотокаталитического порошка $ZnO-SnO_2-Fe_2O_3$. Из рисунка видно, порошок состоит из микрочастиц и их агрегатов, а также содержит микрокристаллические образования, имеющие форму «цветов», содержащих гексагональные микрокристаллы оксида цинка. Такая морфология порошков обусловлена неодновременной кристаллизацией различных оксидов в процессе неизотермической термообработки исходной смеси и обеспечивает высокие фотокаталитические характеристики материала [8].



Рисунок 2 - Электронно-микроскопические снимки фотокаталитического порошка $ZnO-SnO_2-Fe_2O_3$

Для описания кинетики фотокаталитического разложения красителей в растворах часто применяется модель Ленгмюра-Хиншельвуда. Изменение концентрации C красителя в разбавленных ($C \ll 10^{-3}$ М) растворах описывается уравнением псевдо-первого порядка скорости фотокаталитического процесса.

$$\frac{C}{C_0} = e^{-kt} \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация красителя в растворе, k – константа скорости псевдо-первого порядка.

Рисунок 3 иллюстрирует влияния добавки фотокатализатора на кинетику фоторазложения красителя Rodamin 6G в водном растворе. Следует отметить, что при отсутствии добавок фотокатализатора процесс фоторазложения красителя в растворе протекал в 20 раз медленнее

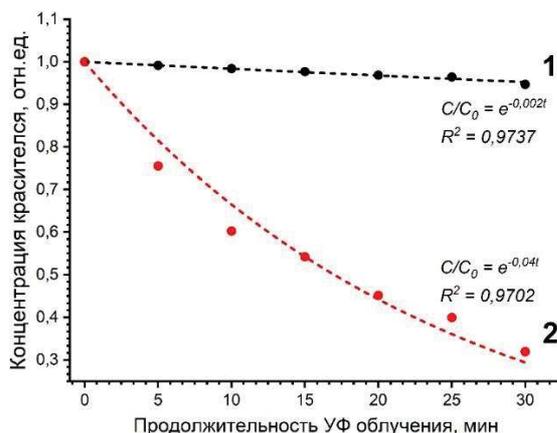


Рисунок 3 - Влияние продолжительности УФ облучения на изменение относительной концентрации красителя в водном растворе (кривая 1), и в аналогичном растворе, содержащем фотокаталитический порошок (кривая 2)

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar, P. ZnO-Fe₂O₃ heterojunction for photocatalytic degradation of Victoria blue dye / P. Kumar, T. Khatri, H. Bawa, J. Kaur // AIP Conference Proceedings. - 2017. - V. 1860. – P. 020065.
2. Cheng, L. Liquid phase deposition of α -Fe₂O₃-ZnO heterojunction film with enhanced visible-light photoelectrocatalytic activity for pollutant removal / L. Cheng, L. Liu, R. Li // Electrochem. Soc. – 2017. – 164. - Н. 726
3. Hamrouni, A. Sol-gel synthesis and photocatalytic activity of ZnO-SnO₂ nanocomposites / A. Hamrouni, N. Moussa, F. Parrino // J. Mol. Catal. A Chem. - 2014. - V. 390. - P. 133–141.
4. Lamba, R. ZnO doped SnO₂ nanoparticles heterojunction photocatalyst for environmental remediation / R. Lamba, A. Umar, S.K. Mehta, S.K. Kansal // J. Alloys Compd. - 2015. - V. 653. - P. 327–333.
5. Boltenev, I.S. Synthesis and characterization of transparent photocatalytic ZnO-Sm₂O₃ and ZnO-Er₂O₃ coatings / I.S. Boltenev, E. V. Kolobkova, S.K. Evstropiev // J. Photochem. Photobiol. A Chem. -

2018. - V. 367. - P. 458–464.

6. Evstropiev, S.K. Antibacterial effect of nanostructured ZnO-SnO₂ coatings: The role of microstructure / S.K. Evstropiev, A.V. Karavaeva, M.A. Petrova, N.V. Nikonorov, V.N. Vasilyev, L.L. Lesnykh, K.V. Dukelskii // Mater. Today Comm. – 2019. - V.21. – P. 100628.

7. Evstropiev, S.K. Intensification of photodecomposition of organic contaminations by nanostructured ZnO-SnO₂ coatings prepared by polymer-salt method / S.K. Evstropiev, L.L. Lesnykh, A.V. Karavaeva, N.V. Nikonorov // Chem. Engineering and Processing: Process Intensification. - 2019. - 142. – P. 107587.

8. Khomutinnikova, L.L. Structural Engineering of Photocatalytic ZnO-SnO₂-Fe₂O₃ Composites / L.L. Khomutinnikova, S.K. Evstropiev, D.P. Danilovich, I.K. Meshkovskii, D.V. Bulyga // Journal of Composite Science. –2022. - 6. – P. 331.

УДК 666.3:542.06:546.01'05'41

И.И. Преображенский, А.М. Мурашко, Д.В. Дейнеко, В.И. Путляев
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДВОЙНЫХ ФОСФАТОВ МАГНИЯ-НАТРИЯ

Создание новых резорбируемых материалов для лечения дефектов костной ткани является одной из важнейших задач биоматериаловедения, что объясняется увеличением численности населения и количества хирургических операции по восстановлению утраченной костной ткани [1, 2]. Малоисследованным направлением является создание биокерамических материалов на основе фосфатов магния. За счет введения в состав одновалентных катионов, таких как натрий или калий, возможно изменение свойств биокерамических материалов [3, 4]. Таким образом, целью данной работы явилось исследование условий синтеза и поведения при нагревании порошков двойных фосфатов магния-натрия (MgNaPO₄ и Mg₄Na(PO₄)₃) и последующее получение биокерамических материалов на основе исследуемых соединений.

В работе были найдены условия синтеза двойных фосфатов магния-натрия [5]: для получения двойного фосфата магния-натрия MgNaPO₄ проводили двухстадийный обжиг при 900°C и 600°C с выдержкой в течение 10 часов смеси из пирофосфата магния Mg₂P₂O₇ и карбоната натрия Na₂CO₃. Двойной ортофосфат магния-натрия