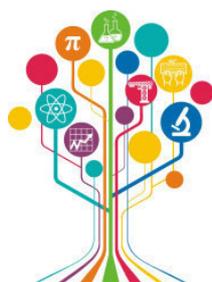


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 2. Химия

Сборник научных трудов
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых
27–30 апреля 2021 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 2. Chemistry

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students
and young scientists
April 27–30, 2021



Национальный
исследовательский
Томский
государственный
университет



Томск 2021

УДК 544.47

**ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО TiO₂, ПОЛУЧЕННОГО
МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ВОДЕ**Ж.П. Федорович, Е.Д. Фахрутдинова

Научный руководитель: к.х.н. Е.Д. Фахрутдинова

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: zhanna.fedorovich.99@gmail.com

**PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF NANOSIZED TiO₂ OBTAINED VIA PULSE LASER
ABLATION IN WATER**Z.P. Fedorovich, E.D. Fakhrutdinova

Scientific Supervisor: PhD E.D. Fakhrutdinova

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: zhanna.fedorovich.99@gmail.com

Abstract. *In this work, we prepare nanosized TiO₂ via pulsed laser ablation in water with using post radiation stage (Nd:YAG laser wavelength of 1064 nm, frequency of 20 Hz, pulse duration of 7 ns). Studied the photocatalytic properties using Rhodamine B as the contaminant. The most active sample is TiO₂hv_400, due to its anatase crystal structure, relatively high specific surface area and absorption in the visible range.*

Введение. В настоящее время для очистки воды и воздуха активно применяются фотокаталитические методы. Наиболее распространенными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, взвешенные твердые частицы, масла и жиры, фенолы, бензол и другие органические соединения, в том числе органические красители [1]. Органические красители разнообразны по структуре и химическому строению, большинство молекул красителей нелегко поддаются биологическому разложению и обладают высокой химической стабильностью. Таким, например, является класс ксантеновых красителей, к которому относится Родамин Б, который часто используется в качестве модельного химического соединения для исследования активности фотокатализаторов [2]. В качестве фотокатализатора часто применяется диоксид титана, обладающий высокой фотоустойчивостью, фотоактивностью, экологической безопасностью. В последнее время внимание исследователей привлекает темный диоксид титана [3]. Одним из способов его получения является метод импульсной лазерной абляции в воде, который позволяет получить вещество в высокодефектном и высокодисперсном состоянии [4], что способствует улучшению его поглощения в видимой области.

Ранее мы исследовали влияние дополнительного лазерного облучения на структуру и свойства TiO₂ и выяснили, что дополнительное лазерное облучение приводит к уменьшению размера частиц, увеличению площади удельной поверхности и изменению оптических свойств, что должно повлиять на его фотокаталитическую активность [5]. Поэтому в данной работе исследуются фотокаталитические свойства TiO₂ (подвергнутого лазерной постобработке) на примере фоторазложения Родамина Б.

Экспериментальная часть. Для получения наночастиц диоксида титана использовался Nd:YAG лазер (LOTIS ТП, модель LS2131M-20) с длиной волны – 1064 нм, энергией импульса до 180 мДж, длительность и частота следования импульсов соответственно составляли 7 нс и 20 Гц. В качестве мишени использовалась пластинка металлического Ti (99,9 % чистоты). После часа проведения абляции раствор подвергался дополнительному облучению при тех же условиях в течение 1 часа, но без участия мишени. Образец подвергался термической обработке в муфельной печи при температурах 250-800° С для дальнейших исследований. Введем условные обозначения TiO_2hv для начального образца, TiO_2hv_x для отожженных образцов, где x – значение температуры.

Результаты. Характеризация образцов приведена в Таблице 1. По данным, образцы TiO_2hv и TiO_2hv_{250} являются рентгеноаморфными, однако для образца TiO_2hv_{250} начинают проявляться зачатки кристаллической структуры анатаза. Образец, отожженный при 400° С, имеет регулярную структуру, состоящую преимущественно из кристаллической фазы анатаза, которая при дальнейшей термообработке начинает переходить в рутил, однако при 800° С полного перехода не происходит. Начальный образец TiO_2hv преимущественно состоит из мелкой фракции частиц 3-5 нм с небольшим количеством крупных частиц до 50 нм, при этом удельная площадь поверхности для него составляет 253 м²/г. При термообработке до 600° С частицы незначительно укрупняются, что ведет к небольшому снижению удельной площади поверхности.

Таблица 1

Характеристики образцов

Образец	Фазовый состав, %		Средний размер частиц, нм	$S_{\text{ВЕТ}}$, м ² /г	Ширина запрещенной зоны, эВ
	Анатаз	Рутил			
TiO_2hv	-	-	4	253	2,93
TiO_2hv_{250}	-	-	10	237	3,15
TiO_2hv_{400}	96	4	20	111	3,06
TiO_2hv_{600}	75	25	35	55	3,04
TiO_2hv_{800}	45	55	100	14	3,01

Полученный TiO_2hv имеет светло-серый цвет, который по мере отжига переходит в коричневый и затем в светло-желтый. Образцы TiO_2hv и TiO_2hv_{250} хорошо поглощают во всем видимом диапазоне благодаря дефектности структуры (Рис. 1а). При дальнейшей термообработке поглощение уменьшается, что связано с залечиванием дефектов.

Фотокаталитические свойства образцов исследовались на примере разложения Родамина Б под действием излучения диодов с длиной волны 375 нм в течении 8 часов, с учетом темновой стадии, процент разложения красителя рассчитывали по пику поглощения 553 нм. На Рис. 1 (б, в) представлены результаты для образцов TiO_2hv и TiO_2hv_{400} . Для образца TiO_2hv видно, что Родамин Б разлагается через стадию N-деэтилирования (отрыв этильных групп без разложения ароматических колец). Полное деэтилирование для образца TiO_2hv происходит за 3,5 часа (продукт деэтилирования Родамин 110, 495 нм), а полного разложения красителя не происходит. Образец TiO_2hv_{400} более эффективно разлагает Родамина Б, полное разложение происходит за 8 часов, при этом не происходит образования Родамина 110.

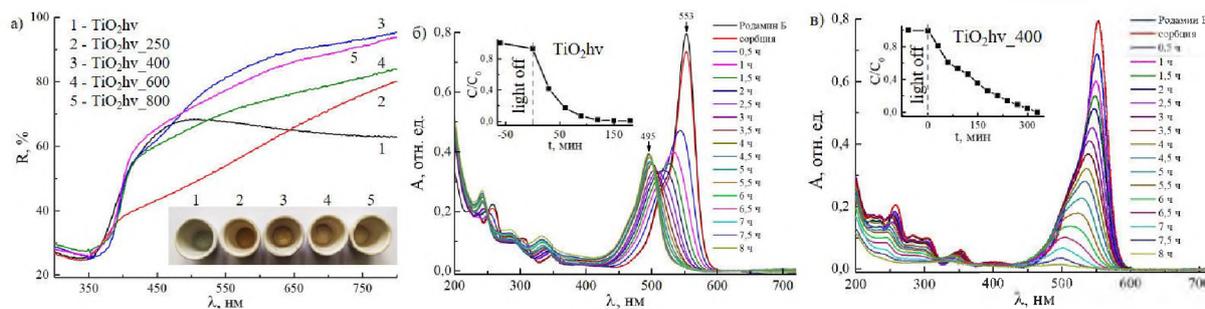


Рис. 1. а) Спектры диффузного отражения образцов; Фотразложение Родамина В с использованием б) TiO_2hv , в) TiO_2hv_{400}

Закключение. Таким образом, образец TiO_2hv_{400} лучше проявляет себя в фотокаталитическом процессе, что мы связываем с более регулярной кристаллической структурой анатаза (образец TiO_2hv рентгеноаморфен), при этом перенос носителей заряда должен происходить более эффективно. Также данный образец имеет относительно высокую удельную площадь поверхности – $111 \text{ м}^2/\text{г}$ и имеет поглощение в видимом диапазоне – рассчитанная ширина запрещенной зоны $3,06 \text{ эВ}$.

Исследование поддержано РФФ № 19-73-30026.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kjellstrom T., Lodh M., McMichael T., et.al. Air and Water Pollution: Burden and Strategies for Control // Disease Control Priorities in Developing Countries. – 2006. – Ch. 43.
2. Isari A.A., Payan A., et.al. Photocatalytic degradation of Rhodamine B and Real Textile Wastewater using Fe-Doped TiO_2 anchored on Reduced Graphene Oxide (Fe- TiO_2/rGO): Characterization and feasibility, mechanism and pathway studies // Applied Surface Science. – 2018. – Vol. 462. – P. 549-564.
3. Rajaramana T.S., Parikha S.P., Gandhi V.G. Black TiO_2 : A review of its properties and conflicting trends // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 389. – P. 123918-123947.
4. Fakhrutdinova E.D., Shabalina A.V., Gerasimova M.A. et.al. Highly Defective Dark Nano Titanium Dioxide: Preparation via Pulsed Laser Ablation and Application // Materials. – 2020. – Vol. 13. – P. 2054 (17).
5. Федорович Ж.П. Исследование влияния дополнительного лазерного облучения при синтезе наноразмерного TiO_2 методом импульсной лазерной абляции // ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК: Сборник научных трудов XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Томск, 2020. - Том 2. Химия. – С. 188-190.