

УДК 544.47

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ Pt НА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕМНОГО TiO<sub>2</sub>,  
ПОЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ**

Ж.П. Федорович, Е.Д. Фахрутдинова, О.А. Реутова

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

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

**EFFECT OF Pt CONTENT ON PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF DARK TiO<sub>2</sub> OBTAINED VIA  
PULSED LASER ABLATION**

Z.P. Fedorovich, E.D. Fakhrutdinova, O.A. Reutova

Scientific Supervisor: PhD E.D. Fakhrutdinova

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

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

***Abstract.** Pt/dark TiO<sub>2</sub> nanoparticles with different platinum contents were obtained by pulsed laser ablation (PLA). The photocatalytic activity was examined by determining the rate of decomposition of phenol and rhodamine B and by determining amount of the evolved hydrogen from methanol solution under LED irradiation. Materials exhibit an average activity in the process of photocatalytic decomposition of phenol and high activity in the process of hydrogen evolution and decomposition of rhodamine B.*

**Введение.** В настоящее время технологии фотокатализа активно применяются в процессах очистки воды и воздуха, а также для получения водорода. В качестве фотокатализаторов выступают наноразмерные полупроводниковые соединения, такие как диоксид титана. Данный полупроводник обладает высокой фотоустойчивостью, фотоактивностью, экологической безопасностью. Однако, для него характерны низкая квантовая эффективность, которая преодолевается путем получения наноразмерных частиц диоксида титана, и большая ширина запрещенной зоны, что предполагает только УФ-излучение для его возбуждения. Ранее методом импульсной лазерной абляции нами был получен высокодефектный темный диоксид титана, что позволило улучшить его поглощение в видимой области [1].

Существуют другие способы улучшения фотоактивности полупроводниковых соединений, например, добавление благородных металлов, которое может привести к образованию активных центров на поверхности полупроводников. Такая модификация может повлиять на активность реакций восстановления и окисления на поверхности полупроводника за счет увеличения поглощения в видимой области спектра, а также за счет улучшения разделения заряда за счет образования перехода Шоттки или гетероперехода между полупроводником и металлом [2]. Одним из часто используемых для модификации TiO<sub>2</sub> благородных металлов является платина [3]. В данной работе изучено влияние содержания платины на фотокаталитические свойства в процессах генерации водорода и фотокаталитического разложения родамина и фенола.

**Экспериментальная часть.** Синтез образцов проводился следующим образом. Сначала был получен коллоидный раствор наночастиц диоксида титана методом импульсной лазерной абляции металлической мишени титана в воде в течении 3 часов с использованием Nd:YAG-лазера (параметры лазерного излучения - 1064 нм, 7 нс, 20 Гц). Далее с использованием тех же параметров лазерного излучения был получен коллоидный раствор платины в этиловом спирте. Затем коллоидные растворы смешивали в определенном молярном соотношении и подвергали ультразвуковой обработке. Коллоидные растворы высушивали на воздухе при температуре 60 °С до и отжигали при 400 °С. Таким образом, была подготовлена серия образцов с различным содержанием платины: 1%, 0,5%, 0,25% и 0,1%. Для них введены условные обозначения: Pt/TiO<sub>2</sub>\_x, где x – массовый процент содержания платины. Тем же методом был получен чистый TiO<sub>2</sub> без Pt и отожжен при 400 °С [1].

**Результаты.** Характеризация образцов приведена в таблице 1. Образец без Pt содержит преимущественно фазу анатаза с небольшой примесью рутила. Когда в систему добавляют платину, в образцах начинает образовываться третья фаза – брукит, однако, доминирующей фазой остается анатаз. Добавление Pt также не изменяет удельную площадь поверхности и спектр поглощения. Все образцы являются серыми и имеют поглощение в видимой области спектра. Оптическая ширина запрещенной зоны была оценена методом Таука. Значения для всех образцов приблизительно равны 2,1 эВ.

Таблица 1

Характеристики образцов

Образцы	Содержание фазы, %			S <sub>ВЕТ</sub> m <sup>2</sup> /g	Константа скорости разложения, мин <sup>-1</sup>		Выделение H <sub>2</sub> (за 3 часа), мкмоль
	Анатаз	Рутил	Брукит		Фенол	Родамин Б	
TiO <sub>2</sub> _400	90	10	-	86	0,0011	0,0105	30
Pt/TiO <sub>2</sub> _0,1	72	20	8	90	0,0011	0,0097	106
Pt/TiO <sub>2</sub> _0,25	72	21	7	94	0,0017	0,0510	124
Pt/TiO <sub>2</sub> _0,5	79	13	8	94	0,0022	0,0101	129
Pt/TiO <sub>2</sub> _1	81	10	9	94	0,0029	0,0109	131

Для исследования фотокаталитических свойств полученных материалов были проведены следующие эксперименты, результаты которых показаны в Таблице 1 и на рисунке 1. Для проведения фотокаталитических реакций использовалось излучение диодов с длиной волны 375 нм.

В процессе фотокаталитического разложения фенола (рис. 1а) добавление платины приводит к увеличению скорости разложения вещества, а константа скорости разложения увеличивается с увеличением содержания платины.

В процессе фотокаталитического разложения родамина Б (рис. 1б) добавление 0,25% Pt приводит к увеличению фотокаталитической активности почти в 5 раз (при этом полное разложение происходит за 3,5 часа облучения). Однако, константа скорости для родамина Б рассчитывалась относительно пика поглощения 553 нм, в то время как процесс разложения структуры родамина Б происходил одновременно с дезилированием. Добавление большего количества Pt на TiO<sub>2</sub> не привело к изменению активности относительно чистого титана.

В процессе фотокаталитического получения водорода (рис. 1в) из водного раствора метанола добавление платины приводит к увеличению активности в 3,5 раза для 0,1% Pt по сравнению с чистым

темным титаном. Дальнейшее добавление Pt не приводит к значительному изменению фотокаталитической активности.

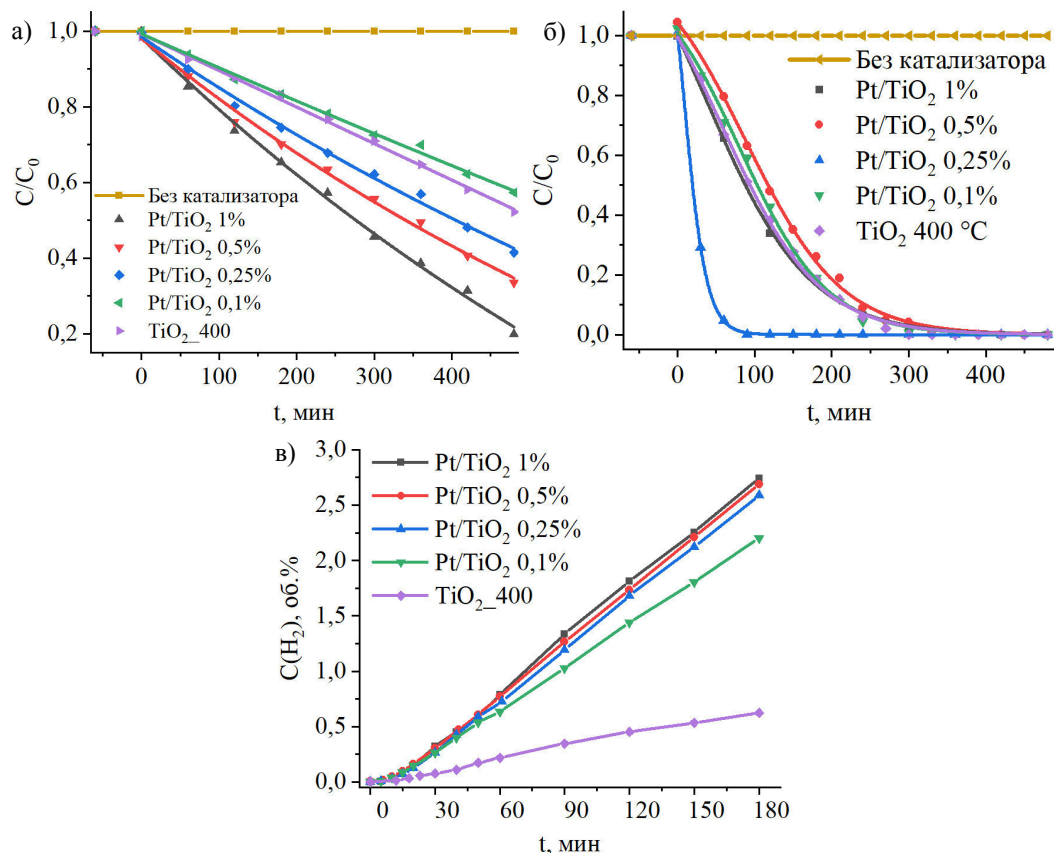


Рис. 1. Фоторазложение фенола (а) и родамина Б (б), выделение водорода из раствора метанола (в)

**Закключение.** В данной работе представлены композиты Pt/TiO<sub>2</sub> с различным содержанием платины, полученные с помощью импульсной лазерной абляции. Добавление платины незначительно влияет на фазовый состав и практически не влияет на оптические свойства темного диоксида титана и величину удельной поверхности. Эти материалы проявляют среднюю активность в процессе фотокаталитического разложения фенола и высокую активность в процессе выделения водорода и фотокаталитического разложения родамина Б по сравнению с TiO<sub>2</sub>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fakhruddinova 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).
2. Fernandez-Rodriguez C., Dona-Rodriguez J.M., Gonzalez-Diaz O. et.al. Synthesis of highly photoactive TiO<sub>2</sub> and Pt/TiO<sub>2</sub> nanocatalysts for substrate-specific photocatalytic applications // Applied Catalysis B: Environmental. – 2012. – Vol. 125. – P. 383-389.
3. Ali E., Maryam S., Ahmad J.J. et.al. Pt-based TiO<sub>2</sub> photocatalytic systems: A systematic review // Journal of Molecular Liquids. – 2022. – Vol. 352. – P. 118685 (13).