

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 544.45

DOI: 10.17223/00213411/65/9/3

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ БИКОМПОНЕНТНЫХ НАНОЧАСТИЦ $\text{TiO}_2\text{-Ag}^*$

О.В. Бакина, Н.В. Сваровская, В.Р. Чжоу, К.В. Сулиз

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Наночастицы оксида титана, обладающие термической и химической стабильностью, широкой запрещенной зоной и низкой токсичностью, являются наиболее используемыми фотокатализаторами разложения органических веществ. Однако быстрая рекомбинация электронно-дырочных пар и высокая энергия фотоактивации значительно ограничивают их применение. Модификация TiO_2 серебром способствует пространственному разделению зарядов и повышает их фотохимическую активность. В настоящей работе для получения бикомпонентных наночастиц $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ использовали электрический взрыв металлических проводников в атмосфере 85 об.% Ag – 15 об.% O. Данный метод обладает высокой производительностью (170–200 г/ч), достаточной для промышленного применения наночастиц. Однако электровзрывные наночастицы в основном представляют собой агломераты размером 200–500 нм, что значительно снижает их фотохимическую активность в тестовой реакции разложения модельного красителя метиленового голубого под действием видимого излучения. Ультразвуковая обработка наночастиц в водной суспензии в течение 15 мин способствовала увеличению фотоактивности наночастиц $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ на 10%.

Ключевые слова: электрический взрыв проводников, композитные наночастицы, оксид титана, серебро, фотокатализатор.

Введение

В настоящее время среди большого количества фотокатализаторов оксид титана (IV) находит широкое применение благодаря химической стабильности, высокой активности и низкой токсичности [1]. Однако, имея запрещенную зону более 3 эВ [2, 3], этот полупроводник активен только под действием УФ-света (100–400 нм), что составляет $\approx 4\%$ всего солнечного спектра [4]. В настоящее время наиболее популярным методом модификации широкозонных полупроводников с целью снижения энергии их фотоактивации является построение гетероперехода [5] с использованием наночастиц благородных металлов, которые имеют полосу поверхностного плазмонного резонанса, таких как серебро, золото и т.д. [6]. Согласно последним исследованиям, опубликованным в [7], наиболее эффективным является серебро, которое может образовывать омический контакт с широкозонным полупроводником. Фотохимическая активность наночастиц $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ сильно зависит от условий и методов их синтеза. Для получения наночастиц $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ применялись различные методы, такие как золь-гель-синтез [8], гидротермальный метод [9] и т.д. Тем не менее, синтез таких частиц представляет трудности, поскольку необходимо объединение двух фаз на уровне одной наночастицы с образованием плотной межфазной границы, на которой в ходе синтеза не адсорбировались бы примеси и не возникли дефекты, способные выступать в роли ловушек фотогенерированных носителей заряда. Применение электрического взрыва проводников (ЭВП) позволяет получать наночастицы размером до 100 нм, состоящие из полупроводника и серебра с протяженными межфазными границами внутри частицы, что позволяет сочетать два фактора улучшения свойств фотокатализатора – переход к наноразмерному состоянию и формирование гетероперехода [10]. При ЭВП двух свитых проволок металлы диспергируются на пары и кластеры, окисляются и далее самосборкой объединяются в наночастицы. Поскольку наночастицы формируются в среде из смеси инертного газа и кислорода, то на границе раздела фаз исключается присутствие примесей, как при химических методах формирования наночастиц. Однако при получении наночастиц ЭВП они вступают в контакт друг с другом, образуя агломераты и агрегаты [11], что может значительно снизить их фотохимическую активность под действием видимого излучения.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 21-13-00498.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>