

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСИЙ ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ
ТИТАНА В ВОДЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПЕРЕКИСИ**

С.В. Юнакова

Научный руководитель: м.н.с., канд. хим. наук Е.Д. Фахрутдинова
Сибирский физико-технический институт Томского государственного университета. Лаборатория новых
материалов и перспективных технологий,
Россия, г.Томск, пл. Новособорная 1, 634050
E-mail: sophia_yunakova@mail.ru

**STUDY OF DISPERSIONS PREPARED VIA PULSED LASER ABITATION OF METAL TITANIUM
IN WATER AND PEROXIDE WATER SOLUTIONS**

S.V. Yunakova

Scientific Supervisor: Engineer researcher, Ph.D., E.D. Fakhrutdinova
Siberian Physical-Technical Institute of Tomsk State University. Laboratory of Advanced
Materials and Technologies,
1, Novosobornaya Sq., 634050, Tomsk, Russia
E-mail: sophia_yunakova@mail.ru

***Abstract.** This work is devoted to the study of titanium dioxide dispersions prepared via pulsed laser ablation of metallic titanium in water and aqueous solutions of peroxide. The influence of the medium pulsed laser ablation and post-irradiation on the shape and size of particles, optical properties and also the stability of dispersions are estimated.*

Введение. В настоящее время широкое использование оксидов титана обуславливается применением его в различных областях. Данный материал обладает высокой стабильностью, способностью к самоочистке, самодезинфекции, фотокаталитической активностью, противомикробными и антикоррозионными свойствами этих соединений. Существует множество способов получения диоксида: микроволновой синтез, сонохимический метод синтеза, гидротермальный способ синтеза, темплатный метод синтеза, широкое распространение получили технологии золь-гель. Кроме того, интерес представляют физические методы синтеза, например, метод лазерной абляции. Метод импульсной лазерной абляции (ИЛА) является высокоэнергичным методом и позволяет получать вещества в высокодисперсном состоянии. К преимуществам этого метода относится отсутствие химических прекурсоров при синтезе материала, что позволяет получать «чистые» нанокolloиды при абляции в жидкости или нанокристаллические порошки при абляции в вакууме или газе. Кроме того варьируя параметры лазерного излучения (длина волны, мощность, длительность импульса) можно контролировать структуру, размер и морфологию получаемого материала.

Ранее нами был получен диоксид титана методом ИЛА, который обладает поглощением в видимой области спектра. Данное поглощение обусловлено наличием большого числа дефектных состояний, которые формируются при данном способе синтеза. Так как способ синтеза материала в значительной степени влияет на физико-химические свойства конечного продукта, нами было предложено исследование проведения ИЛА металлического титана в различных средах (вода, водные растворы

перекиси). Данное исследование поможет понять особенности организации структуры материала при данном способе синтеза.

Материалы и методы исследования. Методом импульсной лазерной абляции были получены дисперсии диоксида титана в воде и 0,01%- 0,1%-, 0,5%-, 1%-водных растворах перекиси. Для ИЛА использовалось излучение основной гармоники Nd:YAG лазера (LOTIS ТП, модель LS2131M-20) с $\lambda=1064$ нм и энергией в импульсе до 180 мДж. Длительность импульсов и частота следования импульсов соответственно составляли 7 нс и 20 Гц. В качестве мишени использовалась пластинка металлического Ti (99,9 % чистоты), размерами 10×25×1 мм.

Размер и форма полученных частиц оценивалась с помощью просвечивающего электронного (ПЭМ) микроскопа Phillips CM 12. Оптические свойства исследовали с помощью спектрофотометра Cary 100 в интервале длин волн 200-800 нм.

Результаты. С помощью метода ПЭМ было установлено, что форма и размер частиц зависит от природы и концентрации растворителя. Например, в воде и при низких концентрациях водного раствора перекиси частицы имеют форму близкую к сферической с широким распределением по размерам. Средний размер частиц составляет 5-10 нм, с присутствием крупных частиц до 80-100 нм. При увеличении концентрации перекиси частицы приобретают более октаэдрическую, чем сферическую форму (рис. 1.). Частицы укрупняются, однако, распределение по размерам становится уже, и в образец преимущественно состоит из частиц размером 27 нм. Свежеприготовленные дисперсии подвергались дополнительному облучению лазером в течение 30 минут. Установлено, что после облучения распределение частиц по размерам становилось уже, а средний размер частиц значительно уменьшался во всех случаях (рис. 2.).

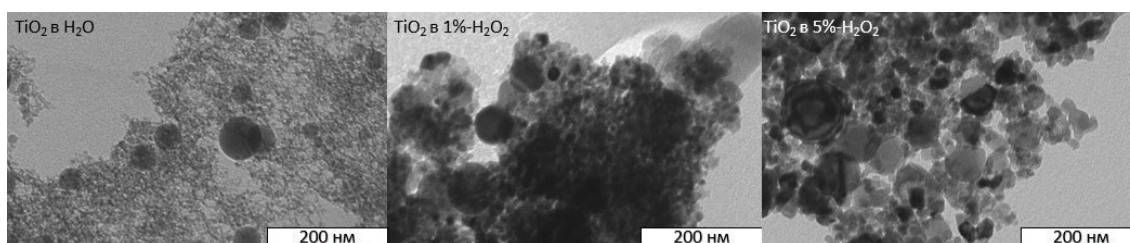


Рис. 1. ПЭМ изображение образцов

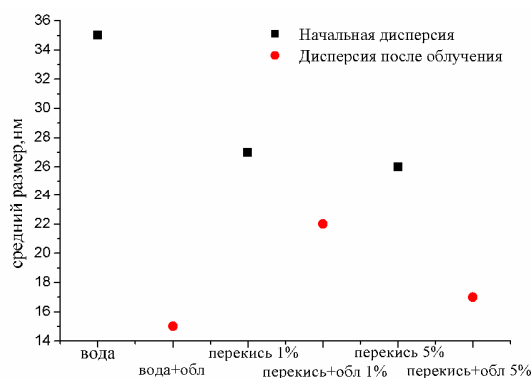


Рис. 2. Распределение частиц по размерам

На рисунке 3а приведены спектры поглощения дисперсий, полученных в воде и водных растворах перекиси. Кривая поглощения дисперсии диоксида титана, полученного в воде, имеет пик с максимумом 268 нм. Данный пик можно отнести к диоксиду титана имеющего координацию анатаза [1, 2]. Также было рассчитано значение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения (вкладка рисунка 3), которое составило 3,25 эВ, что также подтверждает наличие у диоксида титана координации анатаз. Кривые поглощения, относящиеся к водным растворам перекиси, имеют широкие полосы поглощения с максимумом 217 нм и плечом в области 268 нм. Максимум при 217 нм соответствует поглощению перекиси, интенсивность данного пика увеличивается с увеличением концентрации перекиси. Плечо в области 268 нм также соответствует диоксиду титана, имеющему координацию анатаз. Также проводилось исследование поглощения после облучения дисперсий, полученные кривые приведены на рис. 4. Из представленных спектров видно, как для дисперсий, полученных в воде, так и для дисперсий, полученных в перекиси, положение пика после облучения сдвигается в коротковолновую область примерно на 8 нм. Предполагается, что это связано с уменьшением размеров частиц. Обычно порог оптического поглощения для наночастиц увеличивается по мере уменьшения размера наночастиц.

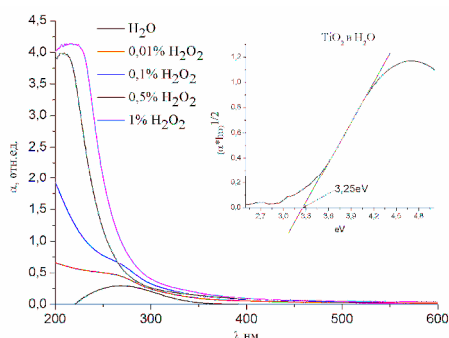


Рис. 3. Спектры поглощения дисперсий, полученных в воде и водных растворах перекиси

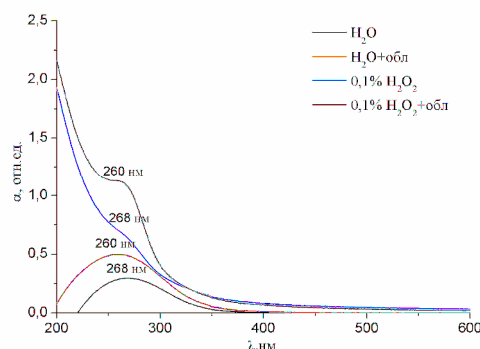


Рис. 4. Спектр дисперсий полученных в воде и водном растворе 0,1% перекиси и дисперсий после облучения

Закключение. Таким образом, по данной работе можно сделать следующие заключения. Размер и форма частиц зависят от природы и концентрации растворителя, а также от последующего облучения. При получении частиц, как в воде, так и в растворах перекиси, основной получаемой фазой диоксида титана является анатаз. Дополнительное облучение дисперсий приводит к сдвигу максимума поглощения в коротковолновую область в результате уменьшения размера частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. P.Jafarkhani, S.Dadras, M.J.Torkamany J.Sabbaghzadeh. Synthesis of nanocrystalline titania in pure water by pulsed Nd:YAG Laser. // Applied Surface Science. -2010. -No 12. - pp. 3817-3821.
2. Seong Min Hong, Seulki Lee, Hyeon Jin Jung, Yiseul Yu, Jae Ho Shin, Ki-Young Kwon, and Myong Yong Choi. Simple Preparation of Anatase TiO₂ Nanoparticles via Pulsed Laser Ablation in Liquid // Bulletin of the Korean Chemical Society. -2013. -No 1. - pp. 279-282.