

XRD 6000), седиментационного анализа (CPS 24000) и микроэлектрофореза (ZetaSizer Nano ZSP). Антимикробную активность определяли методом микроразведений в соответствии с M07-A9 CLSI 2012 [5].

Результаты и обсуждение

При совместном электрическом взрыве железной и медной проволоки в атмосфере аргона независимо от соотношения их диаметров образуются сферические частицы, среднечисленный размер n которых лежит в диапазоне 63–72 нм. При детальном исследовании частиц видно, что медь и железо неравномерно распределены по частицам (рис. 1). Встречаются участки обогащенные одним из компонентов с четкими границами разделения фаз. На дифрактограммах образцов основные рефлексы соответствуют фа-

зам металлического Fe и Cu. Отношение высот пиков коррелирует с количественным составом нанопорошков.

Антимикробная активность наночастиц Cu/Fe была определена в аэробных условиях методом серийных разведений в микропланшете. По величине оптической плотности бактериальной суспензии была рассчитана минимальная ингибирующая концентрация наночастиц бактериальных штаммах. Показано, что полученные наночастицы обладают высокой антимикробной активностью по отношению к грамотрицательным и грамположительным бактериям, включая антибиотикоустойчивый штамм MRSA. Биметаллических наночастиц Cu/Fe могут быть перспективны для создания антибактериальных средств для лечения ран, как альтернатива серебро-содержащим наноматериалам.

Список литературы

1. Shahzadi S., Zafar N., Sharif R. // *Bacterial Pathogenesis and Antibacterial Control*, 2018.– P.51.
2. Glazkova E.A., Bakina O.V., Lerner M.I., Pervikov A.V. // *Recent patents on nanotechnology*, 2018.– V.12.– №2.– P.132–142.
3. Sharma G., Kumar A., Sharma S., Naushad M., Dwivedi R.P., ALOthman Z.A., Mola G.T. *Journal of King Saud University-Science*, 2019.– V.31.– №2.– P.257–269.
4. Pervikov A.V., Suliz K.V., Lerner M.I. // *Powder Technology*, 2020.– V.360.– P.855–862.
5. «*Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-Ninth Edition*».

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОДВЕДЁННОЙ ЭНЕРГИИ НА СИНТЕЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИОКСИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ю.Н. Вымпина

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Сивков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, хулыashax@mail.ru

Благодаря прямому использованию солнечного света, фотокатализ стал широко изучаемым в последние годы как один из способов предотвращения дальнейшего загрязнения окружающей среды. Наиболее известным фотокатализатором является диоксид титана (TiO_2) ввиду высокой каталитической активности, химической стабильности и низкой стоимости [1–3]. К сожалению, существуют два основных ограничения по применению диоксида титана в качестве фотокатализатора: величина запрещённой зоны, что даёт возможность применения TiO_2 лишь в ультрафиолетовой области спектра, и

высокая скорость рекомбинации электронно-дырочных носителей заряда [4].

В связи с этим, в настоящее время многие учёные занимаются вопросами, касающимися повышением фотокаталитической активности диоксида титана. Безусловно, свойства TiO_2 напрямую зависят от метода синтеза. Среди известных можно выделить золь-гель метод, гидротермальный метод и микроволновой гидротермальный синтез, электроосаждение, сольватермический метод и т.д. Однако все указанные способы времязатратны и сложны в проведении.

В работах [5–6] предложен синтез дисперсного диоксида титана методом плазмодинамического синтеза. Этот метод является простым, одностадийным и экологически безопасным. Одним из параметров системы, влияющих, в первую очередь, на фазовый состав материала и, как следствие, на его свойства, является величина подведённой к ускорителю энергии. В связи с этим, в данной работе исследовано влияние указанного параметра на фазовый состав материала порошка.

Проведена серия экспериментов по синтезу материала нанокристаллического TiO_2 при следующих условиях: $C_{\text{зар}} = 14,4$ мФ, $U_{\text{зар}} = 1,8\text{--}2,5$ кВ, накапливаемая энергия $W_c = 23,3\text{--}45$ кДж, величина подведённой к ускорителю энергии $W = 20\text{--}35$ кДж, длина ствола $l_{\text{ук}} = 230$ мм, диаметр ствола $d_{\text{ук}} = 12$ мм, соотношение $\text{O}_2/\text{Ar} - 1 : 1$, давление в камере $P = 1$ атм., температура помещения $t_0 \approx 20^\circ\text{C}$. Состав порошковых продуктов исследовался методом рентгеновской дифрактометрии на дифрактометре Shimadzu XRD 7000S (CuK_α -излучение). Качественный анализ проводился с использованием базы данных PDF4+, количественный анализ – программного пакета «PowderCell 2.4».

Проведена серия экспериментов для исследования влияния величины подведённой энергии W на фазовый состав материала порошка. Однозначно установлено, что материал порошков

содержит исключительно две кристаллические модификации TiO_2 : анатаз с тетрагональной сингонией и рутил также с тетрагональной сингонией. По результатам исследований получено, что с ростом W примерно до 33–34 кДж наблюдается увеличение содержания частиц, принадлежащих кристаллической фазе анатаза. Это обусловлено повышением скорости плазменного течения и распыления. Синтезируемый материал в свободном разлёте кристаллизуется со структурой анатаза. Дальнейшее увеличение W приводит к обратному изменению содержания кристаллических фаз анатаза и рутила – причиной этого является ограниченность габаритов камеры-реактора, где и происходит синтез материала. Как следствие, происходит осаждение на стенки камеры-реактора жидкофазных капель и их кристаллизация со структурой рутила.

В работе показаны результаты исследования величины подведённой энергии ускорителя на фазовый состав нанокристаллического диоксида титана. Установлено, что основными кристаллическими фазами являются две модификации TiO_2 : анатаз и рутил с тетрагональной сингонией. Выявлено, что продукт возможно синтезировать с содержанием анатаза до 80%. Предполагается, что этот фактор окажет положительное влияние на оптические и полупроводниковые свойства.

Список литературы

1. Chung I. et al. // *Nature*, 2012.– V.485.– №7399.– P.486–489.
2. Lilja M. et al. // *Biotechnology Letters*, 2012.– V.34.– №12.– P.2299–2305.
3. Lilja M. et al. // *Biotechnology Letters*, 2012.– V.34.– №12.– P.2299–2305.
4. Jumat N.A. et al. // *Polymers and Polymer Composites*, 2017.– V.25.– №17.– P.507–514.
5. Sivkov A.A. et al. // *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.– V.1393.– №28.
6. Вымпина Ю.Н. // *Полифункциональные химические материалы и технологии: сборник статей материалов Международной научной конференции. г. Томск, 22–25 мая 2019.*– С.43–44.