

Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ

А.А. Аверкиев, Линь Ли, Ф.А. Губарев

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент ИШХБМТ Ф.А. Губарев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, aaa75@tpu.ru*

1. Введение

Горение нанопорошков алюминия и их смесей протекает при температурах свыше 2000 °С [1], и сопровождается ярким свечением, а в ряде случаев разлетом продуктов сгорания. Более того, процесс горения является быстрым процессом со скоростью протекания единицы-десятки сантиметров в секунду. Эти факторы затрудняют исследование горения визуальными методами. Хорошее поглощение света нанопорошком делает лазерное инициирование эффективным и открывает новые перспективы исследований [2]. Одним из оптических методов визуализации является применение оптической системы с усилением яркости – лазерного монитора [3]. В отличие от других методов, лазерный монитор позволяет визуализировать поверхность образца в процессе горения. Целью настоящей работы является разработка и применение оптических систем для дистанционной визуализации процессов горения в режиме реального времени.

2. Методика эксперимента

В этой работе мы изучали нанопорошок алюминия и его смеси с микронным порошком алюминия, нанопорошком железа и микропорошком железа. Используемый нанопорошок алюминия характеризуется следующими параметрами активности: температура начала окисления составляет 450 °С; степень окисления составляет 63,8%; максимальная скорость окисления составляет 0,13 мас. %/°С, удельный тепловой эффект составляет 4995 Дж/г. Содержание металлических примесей в порошках не превышает 0,2 мас. %.

В ходе экспериментов порошок в виде образца вытянутой прямоугольной формы помещали на алюминиевую подложку толщиной 4 мм. Образцы были приготовлены с использованием пресс-формы и имели примерно одинаковые размеры 20×7×3 мм³, чтобы обеспечить удобное для измерений время горения.

Оптическая система с усилением яркости была построена на основе лабораторного усилителя яркости из бромида меди [5]. Газоразрядная трубка имела апертуру 1,5 см и длину активной области 50 см. Трубка генерировала импульсное усиленное спонтанное излучение на длинах волн 510,6 и 578,2 нм, работающее при частоте повторения импульсов 20 кГц. Средняя мощность освещения от усилителя яркости составила 14 мВт (энергия импульса 0,7 Дж), измеренная на месте объекта и была значительно меньше, чем в работе [4], чтобы минимизировать его влияние на воспламенение и сгорание. Воспламенение процесса горения нанопорошка алюминия и порошковых смесей обеспечивалось излучением непрерывной волны 532 нм лазера DPSS.

Запись изображений осуществлялась с помощью высокоскоростной CMOS-камеры HiSpec Fastec 1 с возможностью внешней синхронизации. Запись видео была включена посредством внешнего триггера одновременно с открытием затвора Thorlabs SHB1. Иницилирующее лазерное излучение и интенсивность выхода усилителя яркости регистрировались на высокоскоростных фотодиодах Thorlabs DET10A/M с временем нарастания 1 нс. Осциллограф АКИП-4122/10 регистрировал сигналы фотодиодов со временем сканирования 500 мс.

3. Обсуждение результатов

Данная работа представляет результаты высокоскоростной съёмки процесса горения нанопорошков в микро-масштабе. Освещение зеленым излучением (532 нм) с одновременной фильтрацией полосовым фильтром позволяет частично оторваться от нежелательной вспыш-

ки, создаваемой пламенем. Визуализация с внешним лазерным освещением хороша для панорамного обзора процесса. Она позволяет приблизительно оценить стадии и скорость процессов, характеризует поведение горения образца. Однако, мощность освещения (генерации) более 10-20 мВт может влиять на процесс сгорания.

Список литературы

1. D.S. Sundaram, V. Yang, E. Zarko, "Combustion of Nano Aluminum Particles (Review)". – *Comb. Expl. Shock. Waves*, 2015. – Vol.51. – №2. – 173–196.
2. D.S. Sundaram, P. Puri, V. Yang, "A General Theory on Ignition and Combustion of Aluminum Particles". – *Combust. Flame*, 2016. – Vol.169. – 94–109.
3. L. Li, A.V. Mostovshchikov, A.P. Il'in, F.A. Gubarev, "Monitoring of aluminum nanopowder combustion ignited by laser radiation". – *PIER L*, 2018. – Vol.75. – 125–130.
4. R.O. Buzhinsky, V.V. Savransky, K.I. Zemskov, A.A. Isaev, and O.I. Buzhinsky, "Observation of objects under intense plasma background illumination". – *Plasma Phys. Rep.*, 2010. – Vol.36. – №13. – 1269–1271.
5. M.V. Trigub, N.A. Agapov, G.S. Evtushenko, F.A. Gubarev, "A computational algorithm for designing an active optical system with an image intensifier". – *Russ. Phys. J.*, 2013. – Vol.56. – №5. – 588–591.

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРИТОВ Ni, Co И Cu ПО КЕРАМИЧЕСКОЙ И ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Г.Р. Азимова

Научный руководитель – к.х.н. З.С. Зульфугарова

Институт катализа и неорганической химии им. академика М. Нагиева
Национальной АН Азербайджана

1143, Азербайджан, г. Баку, пр. Г. Джавида, 113, ezimova2015@gmail.com

Для интенсификации керамического и золь-гель методов получения ферритов использовано микроволновое (СВЧ) излучение, обеспечивающее фазообразование за более короткие промежутки времени. В качестве прекурсоров для синтеза ферритов по золь-гель методу с горением были использованы соли $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и органические реагенты. Водные растворы рассчитанных количеств солей и органического реагента, в качестве которого были использованы лимонная кислота, глицин, перемешивали на магнитной мешалке с подогревом 1 час. Затем нагревали в сушильном шкафу, при температуре 130–150 °С происходило возгорание (с лимонной кислотой) или вспышка (с глицином). Дальнейшую термическую обработку образовавшего порошка проводили в микроволновой печи EM-G5593V (Panasonic) с объемом резонатора 25 л

при варьировании мощности магнетрона 300–800 Вт с рабочей частотой 2450 МГц.

Для синтеза ферритов по керамической технологии взятые в стехиометрических соотношениях оксиды металлов кобальта, никеля, меди и магнетита Fe_3O_4 с содержанием железа 70,4%. в течение часа гомогенизировали перетиранием в форфоровой ступке с этиловым спиртом до полного высыхания. Затем полученную смесь помещали в кварцевый стакан и подвергали СВЧ обработке. Рентгенофазовый анализ продуктов был проведен на автоматическом дифрактометре «D2Phazer» фирмы Bruker.

Рентгенофазовый анализ показал, что как в результате твердофазной реакции взаимодействия оксидов металлов Ni и Cu с магнетитом, так и при синтезе по золь-гель технологии образуются соответствующие ферриты, и они составляют основную фазу – NiFe_2O_4 , CuFe_2O_4 (рис. 1).