

таты исследования приведены на рисунке 1 для алюминиевой пудры марки RA, кривые ДСК и ТГ марок RA20–RA60 практически идентичны кривым марки RA20.

При обработке кривых ДСК и ТГ определялись увеличение массы исследуемых образцов и температуры начала окисления ($T_{\text{ок}}$). На кривой ДСК различимы экзоэффекты при $T_{\text{ок}} = 585, 770, 1100$ и 1200°C , характеризующие четыре стадии окисления алюминия воздухом, экзоэффект при 1500°C обусловлен фазовым переходом $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, на кривой ДТА наблюдается эндоэффект при температуре 660°C , обусловленный плавлением алюминия (рис. 1).

Содержание вещества покрытия частиц Al в пудрах рассчитывалось по ТГ зависимостям, полученным при линейном нагревании образцов в воздухе. Потери массы вещества до 1,5 мас. % наблюдается при температуре до 350°C

для всех исследуемых марок. Максимум потери массы (десорбция и медленное окисление) происходят началу интенсивного окисления алюминиевых пудр при нагревании. Затем происходит резкое увеличение скорости роста массы до 20 % для RA20 и до 12 % для RA60 в интервале температур $400\text{--}600^\circ\text{C}$ и выделения теплоты, носящее взрывоподобный характер (рисунок 1). Как показывают литературные источники, аналогичные процессы окисления протекают в нанопорошках алюминия.

Таким образом, пудры RA по параметрам активности при неизотермическом окислении воздухом проявляют высокую активность. Высокая активность пудр марок RA видимо, обусловлена наличием активных атомов на гранях пластинчатых частиц алюминия гидрофильной пудры.

Список литературы

1. Семериков И.С., Вишневский А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Журнал Строительные материалы, 2010. – №1. – С.47–49.
2. Антипина С. А. и др. // Журнал физической химии, 2017. – Т.91. – №1. – С.58–64.
3. Ильин А.П., Громов А.А., Яблуновский Я.Г. Об активности порошков алюминия. // Физика горения и взрыва, 2001. – Т.37. – №4.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА В СИСТЕМЕ Fe-O

И.И. Шаненков, Е.С. Хаскова

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Ивашутенко

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

Введение

Оксиды железа известны многие столетия. Тем не менее, на сегодняшний день их использование все также актуально, в частности, благодаря их уникальным электромагнитным свойствам. Наибольшее распространение получила фаза магнетита Fe_3O_4 , которая используется в медицинских целях и в радиопоглощающих покрытиях, работающих в диапазоне менее 20 ГГц. Однако, в последнее время наблюдается повышенный научный интерес к другой модификации оксида железа – фазе $\varepsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$, которая согласно имеющимся данным может эффективно поглощать электромагнитное излучение в диапазоне свыше 100 ГГц [1]. Главным препят-

ствием обширному исследованию свойств данной фазы является то, что она термодинамически нестабильна и может существовать только в наноразмерном состоянии. Следовательно, ее можно синтезировать лишь несколькими методами, среди которых наиболее популярным является золь-гель метод [2].

Ранее было показано, что методом прямого плазмодинамического синтеза можно получить ε -фазу оксида железа, причем с содержанием до 50 % [3]. Этот метод отличается быстродействием, простотой и возможностью масштабирования количества получаемого продукта. В данной работе исследовалось влияние концентрации кислорода на фазовый состав получаемых порошков.

Экспериментальная часть

Принцип работы системы на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя был подробно рассмотрен ранее [3]. Основная идея заключается во взаимодействии железосодержащей плазмы со средой заполненной смесью, содержащей кислород и аргон в различном соотношении. Кислород является вторым необходимым прекурсором плазмохимической реакции. Аргон используется с целью предотвращения образования примесных фаз. В ходе проведения серии экспериментов основные параметры системы оставались неизменными (зарядное напряжение $U_{\text{зар}} = 3,0$ кВ, $C_{\text{зар}} = 14,4$ мФ), менялось только соотношения $O_2 : Ag$ (10:90; 50:50 и 100:0). Давление смеси всегда было одинаковым и равным атмосферному. В результате проведения данных экспериментов были получены порошкообразные образцы, которые без предварительной обработки исследовались методом рентгеновской дифрактометрии на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000S. Оценка количественно-фазового состава проводилась с помощью полученных рентгеновских дифрактограмм в программной среде «PowderCell 2.4» с использованием базы данных PDF 2+.

Установлено, что концентрация кислорода сильно влияет на фазовый состав получаемых продуктов. Так, с увеличением концентрации кислорода содержание эpsilon фазы увеличивается с 22,0 % масс. ($O_2 : Ag - 10 : 90$) до 50 % масс ($O_2 : Ag - 100 : 0$). По всей видимости, такая зави-

симость можно быть объяснена особенностями развития плазмы в пространстве, заполненном газовой средой. В эксперименте, где в газовой смеси преобладает аргон, скорость плазменного потока снижается из-за большего сопротивления среды, что приводит к уменьшению скорости распыления и уменьшению вероятности образования эpsilon фазы. В случае 100%-ной концентрации кислорода, скорость потока плазмы выше. Это влияет на скорость распыления и формирование наночастиц размерами менее 100 нм. Таким образом, преобладающей фазой в продукте становится $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Стоит также отметить, что средние размеры эpsilon фазы возрастают с увеличением концентрации кислорода. Тем не менее, они не превышают уровень ~ 50 нм для каждого из образцов.

Заключение

В этой работе показан уникальный метод плазмодинамического синтеза оксидов железа. Особенностью данного метода является быстротечность протекающей реакции (менее 1 мс) и достаточно высокий выход необходимой уникальной фазы $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$. В работе рассмотрено влияние концентрации кислорода в рабочей камере-реакторе на фазовый состав получаемых порошкообразных продуктов. Установлено, что повышение концентрации кислорода приводит к увеличению выхода эpsilon фазы оксида железа вплоть до 50 % масс.

Список литературы

1. Sakurai S., Shimoyama J., Hashimoto K., Ohkoshi S. // *Chemistry Physics Letters*, 2008.– Vol.458(4–6).– P.333–336.
2. Tucek J., Zboril R., Namai A., Ohkoshi S. // *Chemistry of Materials*, 2010.– Vol.22.– P.6483–6505.
3. Sivkov A., Naiden E., Ivashutenko A., Shanenkov I. // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2016.– Vol.405.– P.158–168.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СПЕКАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАСТИН ИЗ Mo-Cu

Ю.Л. Шаненкова, Ю.Н. Половинкина

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.С. Ивашутенко

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

Одна из самых распространенных проблем для терморегулирования в электрических системах становится увеличивающаяся плотность энер-

гии в малых электронных приборах. Ведь недостаточное охлаждение негативно сказывается на надежности и эффективности полупроводнико-