

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ПРОДУКТА ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА В СИСТЕМЕ SI-C ОТ ДАВЛЕНИЯ СРЕДЫ КАМЕРЫ-РЕАКТОРА

*А.Р. НАСЫРБАЕВ, С.О. ПОГОРЕЛОВА, Д.С. НИКИТИН*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [arn1@tpu.ru](mailto:arn1@tpu.ru)

Карбид кремния вызывает большой интерес для многих сфер деятельности. Широкая запрещенная зона (2,4-3,2 эВ), высокий рабочий температурный диапазон дают материалам, изготовленным из карбида кремния, большое преимущество в силовой электронике [1]. Широкое применение получили керамики на основе карбида кремния в связи с их высокими технологическими свойствами, такими как температура плавления, теплопроводность, стойкость к окислению и механическая прочность.

Установлено, что, материалы, произведенные на основе наночастиц и порошков, показывают более высокие характеристики, чем их аналоги, полученные на крупнозернистой основе [2]. Карбид кремния не исключение. Современные методы получения нанопорошков, в том числе и карбида кремния, недостаточно эффективны ввиду ряда факторов, таких как дороговизна прекурсоров (золь-гель) [3], а также недостаточная чистота синтезируемого продукта (метод Ачессона) [4].

В данной работе использовался метод, разработанный в ТПУ – плазмодинамический синтез в коаксиально-магнитоплазменном ускорителе (далее КМПУ). Такой тип получения наноразмерного порошка Si-C заключается в прямом динамическом синтезе в гиперскоростной струе углеродно-кремниевой плазмы. Струя плазмы генерируется КМПУ с графитовыми электродами. При этом в камере-реакторе возникают достаточные условия для синтеза кубического SiC [5].

Были проведены эксперименты при разном давлении камеры-реактора ( $p = 0,1, 0,5, 1,0, 1,5, 3,0, 5,0$  атм.). Питание ускорителя осуществлялось от емкостного накопителя энергии ( $C = 6$  мФ,  $U = 3$  кВ). В результате экспериментов были получены порошкообразные продукты серого цвета, которые собирались после полного осаждения частиц на поверхность камеры-реактора. После сбора продукт синтеза исследовался методами рентгеновской дифрактометрии (XRD) и электронной микроскопии (ТЕМ). Изучался структурно-фазовый и гранулометрический состав продуктов, определено, что продукт нанодисперсный.

На рисунке 1 представлена дифрактограмма синтезированного порошка, полученного в опыте с давлением  $p = 1,5$  атм. В состав порошка входит кристаллическая фаза карбида кремния, которой соответствует максимум интенсивности на дифрактограмме, также присутствуют фазы непрореагировавших кремния и углерода в виде графита. Анализ дифрактограмм показал, что увеличение давления атмосферы камеры-реактора пагубно влияет на содержание SiC в синтезируемом продукте. При давлении, равном  $p = 1,5$  атм., полученный порошок имеет наибольшее содержание кубического карбида кремния (96,8%). Последующее повышение давления атмосферы влечет за собой повышение содержания непрореагировавших частиц кремния и графита.

Методом электронной просвечивающей микроскопии были получены визуальные доказательства синтеза нанодисперсного карбида кремния. Скопление частиц синтезированного продукта представлено на рисунке 2. Судя по совокупности микростраников, частицы карбида кремния разнообразны по форме, принимая вид шестиугольников, треугольников с усеченными вершинами и других.

Таким образом, в настоящей работе был проведен плазмодинамический синтез нанодисперсного карбида кремния в КМПУ. Синтезированный продукт был изучен методами рентгеновской дифрактометрии (XRD) и электронной просвечивающей микроскопии (ТЕМ). В результате чего было доказано, что продукт нанодисперсный. Была установлена зависимость состава синтезируемого продукта от давления атмосферы камеры-реактора.

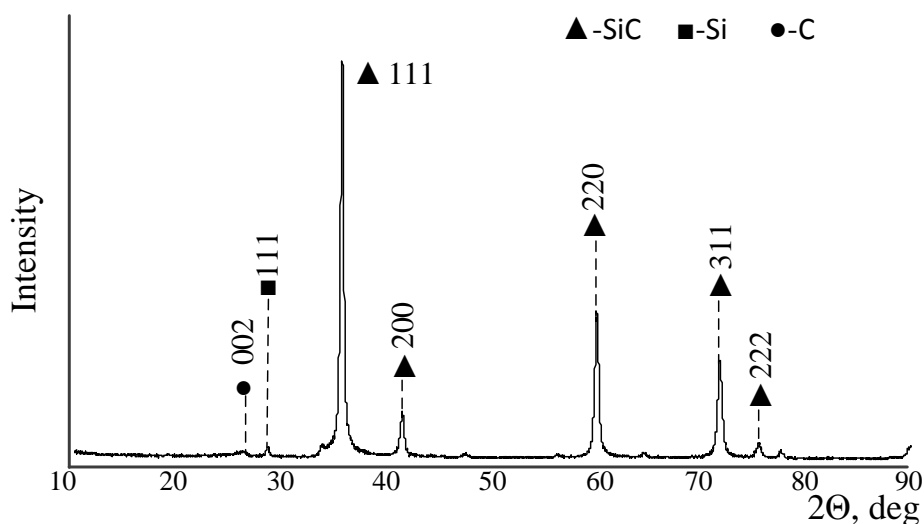


Рисунок 1 – Рентгеновская дифрактограмма порошка, полученного в опыте с давлением атмосферы камеры-реактора  $p = 1,5$  атм.

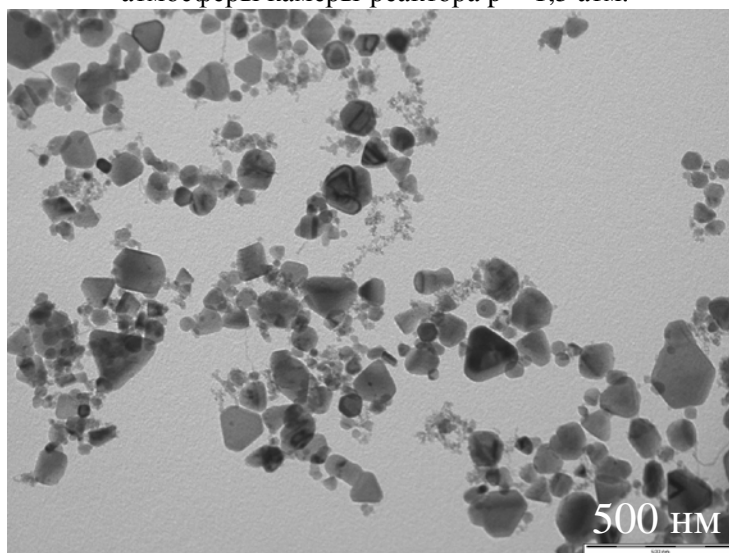


Рисунок 2 – Типичный снимок просвечивающей микроскопии синтезируемого продукта

#### Список литературы

1. Андриевский Р. А. Наноразмерный карбид кремния: синтез, структура, свойства //Успехи химии. – 2009. – Т. 78. – №. 9. – С. 889-900.
2. Гусев, А. И. Ремпель А. А. Нанокристаллические материалы. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
3. Jin G. Q., Guo X. Y. Synthesis and characterization of mesoporous silicon carbide //Microporous and mesoporous materials. – 2003. – Т. 60. – №. 1. – С. 207-212.
4. Acheson, G. (1893) U.S. Patent 492 767 «Production of artificial crystalline carbonaceous material».
5. Сивков А. А. и др. Получение ультрадисперсного кристаллического карбида кремния методом плазмодинамического синтеза //Сверхтвердые материалы. – 2013. – №. 3. – С. 11-18.