

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ПРЕКУРСОРОВ НА ПРОДУКТ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СИСТЕМЫ Si-C

А.Р. Насырбаев, С.О. Погорелова, Д.С. Никитин

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: arn1@tpu.ru

Карбид кремния, обладая рядом уникальных свойств, является востребованным материалом во многих сферах деятельности. Благодаря кристаллической решетке, схожей с алмазной, карбид кремния обладает высокой износостойкостью и сверхтвёрдостью. Инертные свойства SiC позволяют использовать его в химически агрессивных средах. Перспективно использование карбида кремния в силовой электронике вследствие широкой запрещенной зоны (2,4 – 3,2 эВ) и высоких рабочих температур [1]. Все эти свойства позволяют использовать карбид кремния как основной материал для создания керамики с высокими технологическими свойствами.

В настоящее время вызывает большой интерес использование материалов, произведенных на основе наночастиц и порошков, которые показывают более высокие характеристики, чем их аналоги, произведенные на крупнозернистой основе [2]. На данный момент известны различные методы получения нанопорошков, в том числе и карбида кремния, которые недостаточно эффективны в виду ряда факторов.

В настоящей работе был использован метод, разработанный в ТПУ – плазмодинамический синтез в коаксиальном магнитоплазменном ускорителе (далее КМПУ). В основе такого метода лежит синтез в гиперскоростной углеродно-кремниевой электроразрядной плазме, генерируемой КМПУ с графитовыми электродами. При этом в камере-реакторе возникают достаточные условия для синтеза кубического β -SiC [3].

Была произведена серия экспериментов с различным соотношением прекурсоров (кремний и углерод). Опыты производились при нормальном давлении камеры-реактора, заполненной аргоном при комнатной температуре. Питание к ускорителю подводилось от емкостного накопителя энергии ($C = 6$ мФ, $U = 3$ кВ). Результатом синтеза были порошкообразные продукты, собираемые после полного осаждения частиц на поверхность камеры-реактора. Для продуктов плазмодинамического синтеза были исследованы фазовый и гранулометрический состав, определено, что продукт представляет собой нанодисперсный порошок системы Si-C с преобладающей фракцией кубического β -SiC.

Методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) были получены дифрактограммы, представленные на рисунке 1. Порошок состоит из кристаллической фазы карбида кремния, соответствующей максимуму интенсивности на дифрактограммах, а также из непрореагировавших частиц кремния и углерода. Анализ массового соотношения фаз, входящих в продукт синтеза, показал, что при увеличении соотношения прекурсоров растет содержание непрореагировавших фаз. Заметна тенденция роста массового содержания в конечном продукте той фазы, которая была увеличена в прекурсорном соотношении. При соотношении Si:C = 3:1 были достигнуты наилучшие условия для синтеза кубического карбида кремния.

Электронная микроскопия (ТЕМ) продуктов предоставила визуальные доказательства того, что продукт плазмодинамического синтеза нанодисперсный и основной его составляющей является фаза карбида кремния. Судя по микроснимкам (типичный представлен на рисунке 2), частицы карбида кремния принимают разнообразные формы, такие как многоугольники с усеченными вершинами.

Результатом работы является проведение плазмодинамического синтеза нанодисперсного карбида кремния в струе гиперскоростной струе плазмы в КМПУ. Полученный продукт синтеза был изучен методами электронной просвечивающей микроскопии (ТЕМ) на микроскопе Philips CM 12 и рентгеновской дифрактометрии (XRD) на дифрактометре Shimadzu XRD 6000. Была установлена зависимость массового состава продукта синтеза от соотношения используемых прекурсоров.

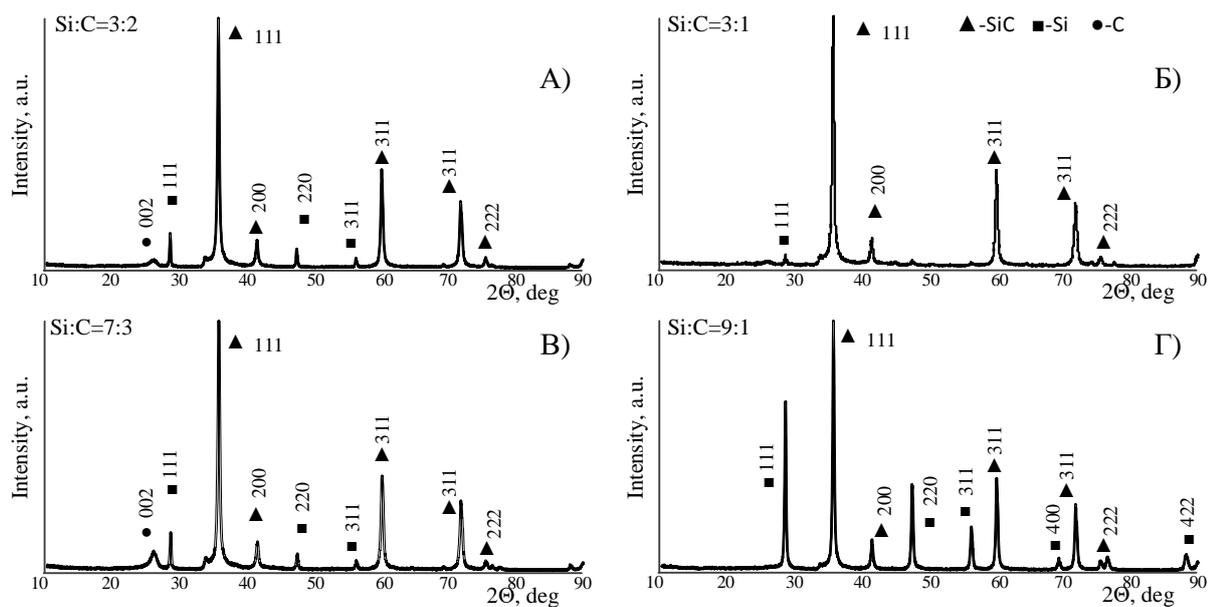


Рис. 1.

Рентгеновские дифрактограммы продуктов синтеза при различном соотношении прекурсоров

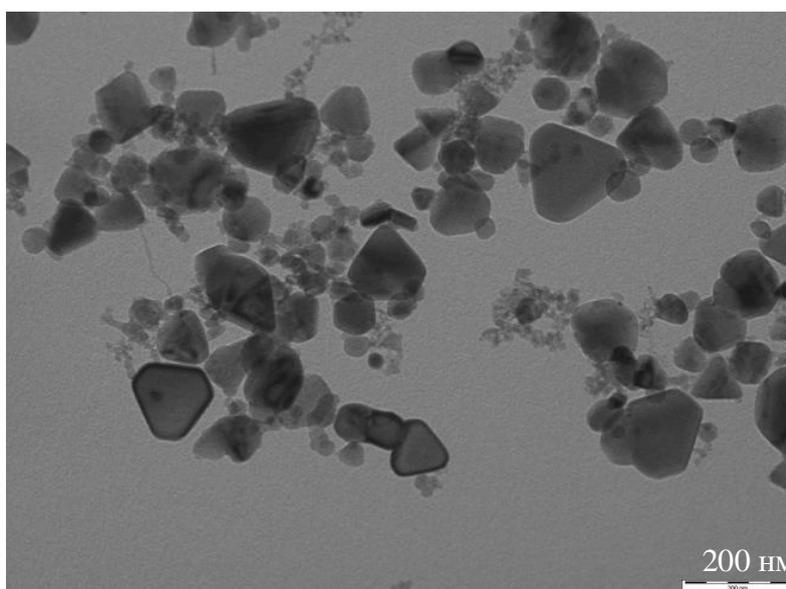


Рис. 2. Типичный снимок электронной просвечивающей микроскопии продукта синтеза

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. Сивков А. А. и др. Прямой плазмодинамический синтез ультрадисперсного карбида кремния //Письма в журнал технической физики. – 2013. – Т. 39. – №. 2. – С. 15-20.