

ПОЛУЧЕНИЕ SiC/C-ВОЛОКОН ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ СПОСОБОМ

О.А. Болотникова

Научный руководитель: доцент, к. т. н. А.Я. Пак
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: bolotnikovaoa@gmail.com

В последние десятилетия наметился существенный прогресс как в технологии получения полупроводникового SiC [1–5], так и технологии приборов на его основе [6].

Карбид кремния в природе встречается в ничтожно малых количествах. Практический весь карбид кремния, который встречается в продаже в мире, изготовлен синтетическим путем. Данный материал характеризуется широким спектром физико-химических свойств. Помимо известных ранее показателей высокой прочности, коррозионной, радиационной стойкости, а также перспективных высокотемпературных полупроводниковых свойств, установлены интересные оптические и биологические характеристики карбида кремния [1]. Карбид кремния получают с применением ряда известных методов [2], основным из которых является метод Ачессона, названный в честь одного из основоположников рассматриваемого направления науки и являющийся сегодня основой промышленного производства SiC [3]. Основными недостатками данного метода является высокая длительность процесса, а также большое количество неконтролируемых примесей [3]. Также известны и другие методы, в том числе базирующиеся на испарении поликристаллического карбида кремния или исходных реагентов, на различных подходах реализации CVD техник, на так называемых «сэндвич» технологиях [4–5]. Особый интерес сегодня представляют SiC и SiC/C-волокна [7–8], которые могут применяться в качестве армирующего материала при производстве сверхтвердой керамики с улучшенными прочностными характеристиками.

В настоящей работе предлагается применение электродугового метода получения кубической модификации карбида кремния из порошкового кремния и углеродных волокон. Для реализации электродугового метода использовался источник постоянного тока, а также порошковый кремний и углеродные волокна в качестве прекурсоров. Под действием высоких температур, реализуемых в результате горения электрической дуги, Si и C взаимодействуют, образуя карбид кремния. В результате эксперимента был получен порошок темно-коричневого цвета, который был изучен методами растровой электронной микроскопии (SEM) и рентгеновской дифрактометрии (XRD).

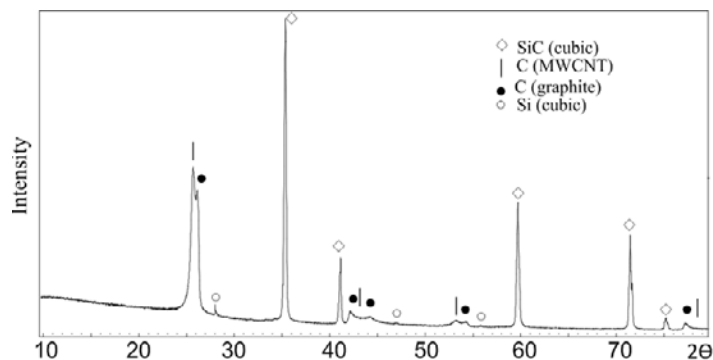


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма порошкового продукта на основе SiC

Анализ картины рентгеновской дифракции проводился при помощи программного комплекса PowderCell 2.4 и базы структурных данных PDF4+. Качественный рентгенофазовый анализ показал присутствие в продукте трех основных кристаллических фаз: кубической модификации карбида кремния SiC, двух графитоподобных углеродных фаз: графита C(graphite) и углеродных нанотрубок C(MWCNT), а также следов кубического кремния. Картина рентгеновской дифракции приведена на рисунке 1. Количественный рентгенофазовый анализ показал наличие в продукте до 20,5% (объемных) карбида кремния, до 55,5% (объемных) углеродных нанотрубок и до 24% графита.

По данным растровой электронной микроскопии в продукте идентифицируются углеродные (графитовые) волокна с поперечными размерами до 10–20 мкм и длиной до 100 мкм (являющиеся исходным реагентом для синтеза SiC), на поверхности которых образуются кристаллы карбида кремния. Кристаллы карбида кремния имеют типичную для кубической модификации данного материала форму. К сожалению, идентифицировать фазу углеродных нанотрубок на снимках не удалось ввиду недостаточной разрешающей способности.

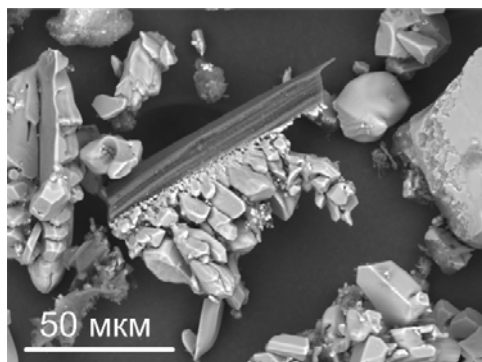


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение продукта

В настоящей работе получен материал на основе карбида кремния и углеродных (графитовых) волокон. Материал получен из электродуговым методом с использованием углеродных волокон и порошкового кремния в качестве прекурсоров.

Авторы благодарят ассистента каф. ОФ ФТИ ТПУ Сыртанова М. за съемку образца на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000s (CuK α).

Список литературы

1. Andrievski R.A. Nano-sized silicon carbide: synthesis, structure, properties. – Moscow : Institute of Problems of Chemical Physics, RAS, 2009.
2. Advances in Silicon Carbide Processing and Applications / S.E. Saddow, A. Agarwal (eds.). – Boston : Arrech House, 2004.
3. British Patent № 17911, 1892; U.S.Pat.492767. Synthese von SiC während des Schmelzprozesses von Kohlenstoff und Aluminiumsilikaten / E.G Acheson. Feb.28, 1893.
4. Lebedev A.A., Tregubova A.S., Chelnokov V.E. et al. Growth and investigation of the big area Lelygrown substrates // Mat. Sci. Eng. – 1997. – В 46. – P. 291–295.
5. UK Patent, No 1458445. Сублимационный сэндвич-метод / Водаков Ю.М., Мохов Е.Н. 1974.
6. Ibrahim A., Ousten J.P., Lallemand R. et al. Power cycling issues and challenges of SiC-MOSFET power modules in high temperature conditions // Microelectronics Reliability. – 2016. – No. 58. – P. 204–210.
7. Hou X., Wang E., Fang Z. et al. Characterization and properties of silicon carbide fibers with self-standing membrane structure. // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – No. 567. – P. 135–141.
8. Raunija T.S.K. Effect of milling parameters on exfoliation-assisted dispersion of short carbon fibers in silicon carbide powder // Advanced Powder Technology. – 2016. – No. 27. – P. 145–153.