

**СИНТЕЗ НАНОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В ПЛАЗМЕННОМ
РЕАКТОРЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ**

П.В. Космачев¹, Н.К. Скрипникова¹

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.А. Власов^{1,2}

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

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

E-mail: pvkosm@gmail.com

SILICA NANOPARTICLES SYNTHESIS IN ATMOSPHERIC PRESSURE PLASMA REACTOR

P.V. Kosmachev¹, N.K. Skripnikova¹

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.A. Vlasov^{1,2}

¹Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

²National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: pvkosm@gmail.com

***Abstract.** The research shows possibility to obtain silica nanoparticles from natural raw materials such as diatomite (Kamyshlovskoe deposit, Sverdlovsk region, Russia) in experimental atmospheric pressure plasma reactor on the basis of arc plasma generator. The process of synthesis based on processes of melting, evaporation and sublimation of raw material and next silica nanoparticles condensation from gaseous phase. Transmission Electron Microscopy (TEM) shows obtained nanopowder has a spherical shape with a primary diameter of 5-100 nm.*

В настоящее время значительное внимание уделяется исследованиям в области нанотехнологий и наноматериалов. Это обусловлено появлением уникальных свойств, которым обладают объекты в нанодиапазоне (не более 100 нм). Так, нанопорошки SiO₂ широко применяются в самых различных областях промышленности и науки. Наноразмерный диоксид кремния активно используют в качестве добавок в лакокрасочные изделия, антикоррозийные, антифрикционные и гидрофобные покрытия, резиновые изделия [1,2]. Широкое распространение нанодобавки SiO₂ получили в строительной области – их активно используют в качестве добавок для бетонов, сухих строительных смесей, термостойких и теплоизоляционных материалов [3,4].

Среди существующих методов получения нанодисперсного порошка диоксида кремния наибольшую популярность получили диспергационные методы, пиролиз, золь-гель метод, электронно-лучевые и др. [5-7].

Целью работы являлось получение нанодисперсного порошка диоксида кремния из высококремнеземистого природного сырья (диатомита) при помощи энергии низкотемпературной плазмы.

Для получения нанодисперсного SiO₂ использовалась экспериментальная установка (Рис 1.), которая состоит из генератора низкотемпературной плазмы электродугового разряда (плазмотрона) 1,

инициирующей плазменной дуги 2 внутри водоохлаждаемого реактора 3. На дне реактора расположен графитовый тигель 4. В боковую стенку реактора через отверстие вмонтировано устройство подачи, состоящее из шнекового дозатора 7 и электропривода 8. Сырьевой материал подается через воронку 6, а целевой продукт 5 осаждается на внутренних стенках реактора [8].

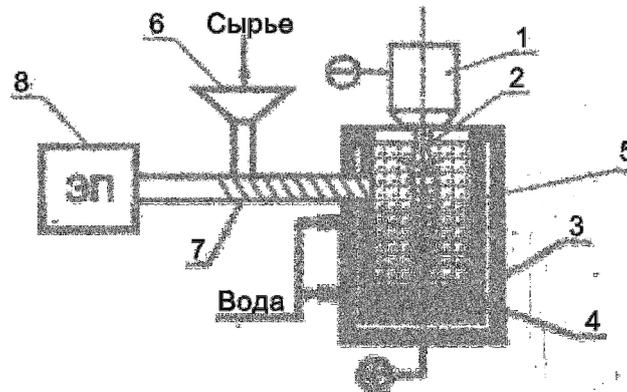


Рис. 1. Схема установки для получения нанодисперсных материалов:

1 – плазмотрон; 2 – плазменная дуга; 3 – водоохлаждаемый реактор;

4 – графитовый тигель; 5 – осажденный продукт (нанопорошок диоксида кремния);

6 – место подачи сырья; 7 – шнековый дозатор; 8 – электропривод.

Принцип действия установки основан на процессах плавления, испарения и сублимации сырьевого материала под действием плазменного потока (3000-5000°С) и последующей конденсации образуемых паров в виде наночастиц целевого продукта на охлаждаемой поверхности.

В качестве сырья в данной работе использовали диатомит Камышловского месторождения (Свердловская область, Россия) дисперсностью не более 2 мм. Химический состав сырья представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сырьевой состав пробы диатомита Камышловского месторождения – содержание оксидов, % мас.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	ппп
80,4	7,27	4,41	1,27	1,64	1,21	0,32	3,48

Полученный в реакторе порошок исследовали на просвечивающем электронном микроскопе CM 12 (Philips, Нидерланды), 120 кВ. Результаты микроскопии (Рис. 2) показали, что итоговый продукт имеет сферическую форму, полидисперсный, а средний диаметр частиц лежит в диапазоне 5-100 нм. Энергодисперсионный анализ (Рис.3), проведенный при помощи системы рентгеновского энергодисперсионного микроанализа QUANTAX (Bruker Nano GmbH, Германия) показал, что полученный нанопорошок SiO₂ содержит незначительные примеси Fe, Na, Al, К (присутствовали в сырьевом материале), а так же небольшое количество С, что обусловлено наличием графита в реакторе (в качестве одного из электродов).

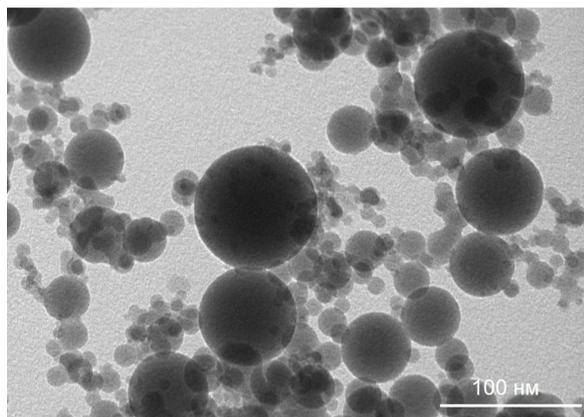


Рис. 2. ПЭМ-изображение полученного нанопорошка диоксида кремния

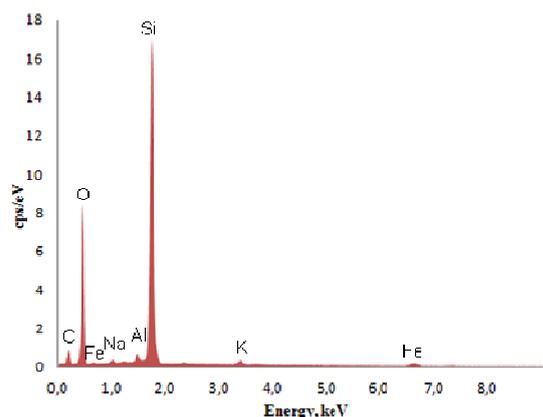


Рис. 3. ЭДА-данные полученного нанопорошка диоксида кремния

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование природных высококремнеземистых материалов, таких как диатомит Камышловского месторождения, в качестве сырья для экспериментальной плазмохимической установки для синтеза наноматериалов позволяет получать наноразмерный полидисперсный порошок диоксида кремния с диаметрами частиц в диапазоне 5-100 нм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhai L., Cebeci F.C., Cohen R.E., Rubner M.F. Stable superhydrophobic coatings from polyelectrolyte multilayers // Nano Letters – 2004 – V. 4. – P. 1349–1353.
2. Sviridenok A.I., Krautsevich A.V., Lysenko V.I., Mikulich S.I., Ihnatouski M.I., Bardakhanov S.P. Friction Properties of Thin Coatings Based on Epilams Nanomodified by Silica // Journal of Friction and Wear – 2014. – V. 35 (3). – P. 225-235.
3. Lin K.L., Chang W.C., Lin D.F., Luo H.L. and Tsai M.C. Effects of nano-SiO₂ and different ash particle sizes on sludge ash–cement mortar // Journal of Environmental Management – 2008. – V. 88. – P. 708–714.
4. Quercia G., Brouwers H. Application of nano-silica (nS) in concrete mixtures // The 8th fib internaional PhD symposium in civil engineering. – Lyngby, 2010. – P.431-436.
5. Gröhn A. J., Pratsinis S.E., Sanchez-Ferrer A., Mezzenga R. and Wegner K. Scale-up of Nanoparticle Synthesis by Flame Spray Pyrolysis // The High-Temperature Particle Residence Time, Industrial & Engineering Chemistry Research – 2014. – V. 53.– P. 10734–10742.
6. Rahman I. A., Vejayakumaran P., Sipaut C.S. et al. Anoptimized sol-gel synthesis of stable primary equivalent silica particles // Colloids and Surfaces.A – 2007. – V. 294 (1–3). – P. 102–110.
7. Bardakhanov S.P., Volodin V.A., Efremov M.D. et al. High volume synthesis of silicon nanopowder by electron beam ablation of silicon ingot at atmospheric pressure // Japanese Journal of Applied Physics – 2008. – V. 47 (9). – P. 7019-7022.
8. Власов В.А., Космачев П.В., Скрипникова Н.К. Технологические аспекты получения наночастиц диоксида кремния // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: Сборник тезисов докладов VII Международной научно-практической конференции – Томск, 2015.– С. 161.