

**Д.Г. Батрышев, Т.С. Рамазанов, М.К. Досболаев,  
М.Т. Габдуллин**

*Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа  
при Казахском национальном университете им. аль-Фараби,  
Казахстан, 050040, Алматы, пр. аль-Фараби, 71*

### ПРОЦЕСС СЕПАРАЦИЙ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЕМКОСТНОГО РАЗРЯДА

В данной работе рассматривается метод сепарации полидисперсных частиц в плазме высокочастотного разряда. На основе полученных результатов по исследованию эквипотенциального поля плазмы даются условия, при которых реализуется данный метод сепарации. Целью настоящей работы является получение монодисперсных сепарированных частиц в плазме высокочастотного емкостного разряда. Получены образцы монодисперсных нано- и микропорошков оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) и оксида алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Изучены размеры, химический состав образцов на сканирующем электронном микроскопе Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company). Средний диаметр монодисперсных наночастиц  $\text{SiO}_2$  равен 600 нм, а микрочастиц  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5 мкм, тогда как размеры полидисперсных частиц составляли от сотен нанометров до 100 мкм.

**Ключевые слова:** монодисперсные частицы, сепарация, высокочастотный емкостной разряд, плазма.

В настоящей работе предлагается метод получения монодисперсных нано- и микрочастиц на основе способа сепарации полидисперсных пылевых частиц в плазме высокочастотного емкостного разряда. Изучение рынка монодисперсных порошков позволило сделать оценку, что спрос на монодисперсные частицы растет, связано это комплексом качеств и свойств, используемых фракций монодисперсных материалов, главным из которых является однородность. Существуют различные механизмы получения монодисперсных частиц: диспергирование в твердых и жидких фазах, электролитическое осаждение, химические методы, методы, основанные на процессах испарения и конденсации, а также сепарация в активной среде. Перечисленные методы имеют свои положительные стороны и недостатки, главным отличием и условием предпочтения для каждого являются такие характеристики, как производительность, технологичность, дисперсность получаемого продукта или его чистота. Но, пожалуй, основным недостатком является отсутствие широкого применения монодисперсных нанопорошков и микропорошков из-за отсутствия промыш-

ленных производств, требуемой мощности по выпуску нано- и микропорошков с малой дисперсностью и заданными характеристиками.

Разработанный метод получения монодисперсных нано- и микрочастиц в плазме высокочастотного емкостного разряда отвечает высоким требованиям, а именно: широкий диапазон сепарации частиц от 600 нм до сотни микрон, чистота продукта и использование различных материалов вне зависимости от проводимости или магнитной восприимчивости [1–2].

Экспериментальная установка для сепарации полидисперсных микрочастиц  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с начальными размерами от сотен нанометров до 100 мкм состоит из рабочей камеры, высокочастотного и звукового генератора, «электроловушки», диспергирующего элемента, пары дисковых электродов, ловушки и контейнера для сбора сепарированных частиц. Также по бокам камеры имеются стеклянные фланцы для визуализации плазменных процессов. Для процесса сепарации были использованы следующие значения параметров плазмы: давление газа (аргон)  $10^{-2}$  – 1 Тор, мощность разряда 0,5 – 30 Вт.

На рисунке 1 представлены образцы полученных сепарированных частиц  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с размерами  $5 \pm 1$  мкм и  $5 \pm 3$  мкм соответственно, при значениях мощности разряда 1,5 Вт и давлениях газа для  $\text{SiO}_2$  0,30 Тор, для  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,15 Тор. Снимки были получены на сканирующем электронном микроскопе Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company).

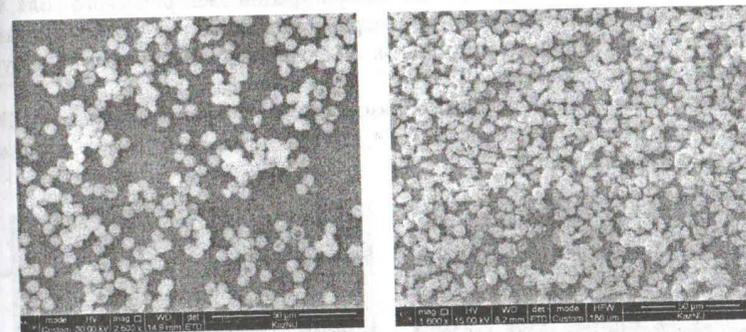


Рис. 1. Сепарированные частицы  $\text{SiO}_2$  (слева) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (справа)

Соответствующие графики распределения частиц по размерам представлены на рисунке 2.

Предлагаемый метод получения сепарированных частиц включает поэтапное сепарирование по массам, поэтому для частиц  $\text{SiO}_2$  отклонение от среднего размера 5 мкм мало по сравнению с  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Объяснение этому – сферическая форма у частиц  $\text{SiO}_2$ , тогда как у  $\text{Al}_2\text{O}_3$  она нарушена. Следовательно, частицы  $\text{SiO}_2$ , имеющие одинаковые геометрические размеры, имеют одина-