

# ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ФИЗИКА

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЙ ЧАСТИЧНО ИОНИЗОВАННОЙ ГЕЛИЕВОЙ ПЛАЗМЫ

Ахтанова Г.Б.<sup>2</sup>, Габдуллин М.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> КазНУ им. аль-Фараби, ННЛОТ, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, 050040, Казахстан

<sup>2</sup> КазНУ им. аль-Фараби, НИИЭТФ, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, 050040, Казахстан

Неидеальная плотная плазма гелия привлекает особое внимание не только потому, что это вещество, образует такие астрофизические объекты как недра планет-гигантов (Юпитера и Сатурна) и белых карликов, но и потому, что она может быть использована в земных условиях, например, в инерциальных термоядерных реакторах. Плотная или неидеальная плазма являются плазма, где взаимодействия между частицами играют доминирующую роль, т.е. когда потенциальная энергия на среднем расстоянии превышает их тепловую энергию.

В данной работе были исследованы термодинамические характеристики частично ионизованной гелиевой плазмы, состоящей из электронов, ионов и атомов при следующих параметрах концентрации и температуры:  $n = n_e + \sum n_i + n_a = 10^{20} \div 10^{24} \text{ cm}^{-3}$  и  $T = 10^4 \div 10^6 \text{ K}$ .

Взаимодействие между заряженными частицами было рассмотрено на основе потенциала:

$$\Phi = \frac{Z e^2}{\sqrt{1 - 4 \tilde{\lambda}_{es}^2 / r_D^2}} \left( 1 - \frac{e^{-A}}{A} \right) \quad (1)$$

где  $B = \left( 1 - \sqrt{1 - 4 \tilde{\lambda}_{es}^2 / r_D^2} \right) / 2 \tilde{\lambda}_{es}^2$ ,  $A = \left( 1 + \sqrt{1 - 4 \tilde{\lambda}_{es}^2 / r_D^2} \right) / 2 \tilde{\lambda}_{es}^2$ ,  $r_D = \sqrt{k_B T / 4 \pi e^2 n}$  - радиус

Дебая,  $s = e, i$ ,  $\tilde{\lambda}_{es} = \hbar / \sqrt{2 \pi \mu_{es} k_B T}$  - длина волны де-Бройля.

Данный потенциал учитывает квантово-механические эффекты дифракции и симметрии на малых расстояниях, а взаимодействие заряженных частиц с атомами – на основе эффективного потенциала взаимодействия [1]. Состав частично ионизованной плазмы был рассчитан с помощью уравнения Саха с снижением потенциалов ионизации, полученных на основе потенциала. Полученные результаты были сравнены с данными других авторов.

### Литература

[1] T.S.Ramazanov, K.N. Dzhumagulova, Yu.A. Omarbakiyeva, [Phys. Plasm. 12, 092702](#) (2005).

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

Батрышев Д.Г., Рамазанов Т.С., Досболаев М.К., Габдуллин М.Т., Оразбаев С.А.  
Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики, 050040, Алматы, Казахстан

В данной работе рассматривается метод сепарации полидисперсных частиц в плазме высокочастотного разряда. На основе полученных результатов по исследованию

эквивалентного поля плазмы даются условия, при котором реализуется данный метод сепарации.

Целью настоящей работы является получение монодисперсных сепарированных частиц в плазме высокочастотного емкостного разряда.

Получены образцы монодисперсных микро- и нанопорошков 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 0 до 100 мкм.

На рисунке 1 приведена микрофотография монодисперсных частиц  $\text{SiO}_2$  со средним диаметром 5 мкм.

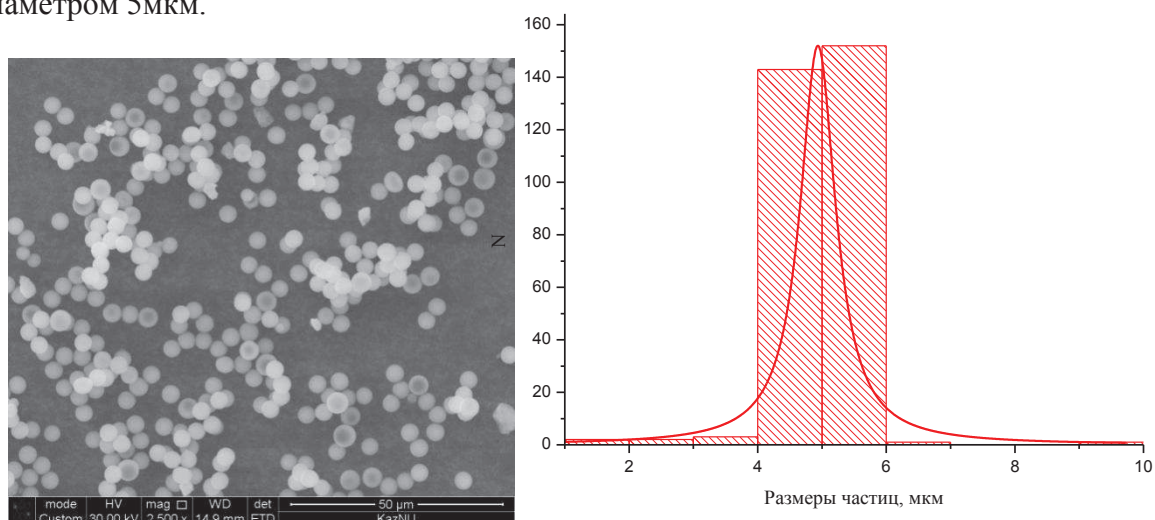


Рисунок 1 – Монодисперсные частицы  $\text{SiO}_2$ , полученные при значениях давления 0,3 Тор и мощности 1,5 Вт

[1] D.G. Batryshev, T.S. Ramazanov, M.K. Dosbolayev, M.T. Gabdullin, N.S. Dagarov, The method of obtaining monodisperse particles in plasma of radio-frequency discharge // Dusty plasma in application., Odessa, 25-29 August, 2013.

[2] Dosbolayev M.K., Utegenov A.U., Ramazanov T.S., Daniyarov T.T. Structural and transport properties of dust formation in plasma of noble gases mixture in RF discharge // Contrib. Plasma Phys. – 2013. – V. 53, №. 4-5. – P. 426-431.

## ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПСЕВДО-КИПАЮЩЕМ РЕАКТОРЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГАЗОФАЗНОГО ОСАЖДЕНИЯ

Д.Г. Батрышев, Х.А. Абдуллин, М.Т. Габдуллин, Д.В. Исмаилов,  
Алтаев Д.З.

*Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа  
КазНУ им. аль-Фараби МОН РК, пр. аль-Фараби, 71, г. Алматы, Казахстан*

В данной работе были получены углеродные нанотрубки различных диаметров от 15 – 100 нм методом химического осаждения углерода из газовой фазы в псевдо-кипящем реакторе. Особенностью предлагаемого метода - создание кипящего слоя носителей катализатора в реакционной зоне с помощью вертикальной продувки