

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА НА ЗАРОЖДЕНИЕ И РОСТ ПЫЛЕВЫХ НАНОЧАСТИЦ В ВЧ ПЛАЗМЕ

*Оразбаев С.А.,^{*1,2} Жумадилов Р.Е.,² Жунисбеков А.Т.,¹
Рамазанов Т.С.,¹ Габдуллин М.Т.,² Досболаев М.К.,^{1,2}
Батрышев Д.Г.²*

¹НИИЭТФ, Алматы, Казахстан, ²ННЛОТ, Алматы, Казахстан

*sagi.oralbayev@gmail.com

Тенденция развития наноматериалов уже позволяет наглядно убедиться, что одной из наиболее перспективных областей в нанотехнологии является синтез углеродных наноматериалов. В свою очередь наночастицы — это изолированные твердофазные объекты, размеры которых во всех трех измерениях составляют от 1 до 100 нм. На сегодняшний день изучается много интересных открытий, связанных с физико-химическими характеристиками углеродного наноматериала (УНМ). Это обнаруживает большие возможности применения УНМ в разных областях не только науки, но и в строительстве, энергетике, электронике и т.д. В данной работе для получения углеродных наноматериалов был использован метод химического осаждения из газовой фазы с плазменным усилением (PECVD). Получение углеродных наночастиц осуществляется в плазме высокочастотного разряда 13,56 МГц, согласующим устройством типа L. Данная установка состоит из вакуумной камеры, в которую интегрирована система цилиндрических труб с электродами. Electrodes выполнены в виде плоскопараллельных дисков, расположенных на расстоянии 20 мм. Температура в вакуумной камере регулируется системой охлаждения и нагрева с использованием жидкого азота и нагревателя. Таким образом можно варьировать температуру плазмообразующей среды в диапазоне от -20 до 1000 °С. На активных электродах в емкостном разряде индуцируется постоянный ток, напряжение самосмещения которого прямым образом влияет на концентрацию потока электронов в плазме. Для исследования плазмохимического синтеза и формирования наночастиц применяется метод, основанный на измерении напряжения самосмещения VDC. Полученные наночастицы анализируются с помощью электронного сканирующего микроскопа Quanta 3D, делаются микроснимки.

В данной исследовательской работе были синтезированы углеродные наночастицы методом PECVD и выяснилось, что различные параметры, такие как температура в рабочей камере, напряжение самосмещения, давление газа и пр., прямым образом влияют на их формирование. К примеру, стало известно, что в случае повышения температуры с комнатной до 1000 °С время образования наночастиц углерода увеличивается в 4 раза.

-
1. J. Lin, S. Orazbayev, M. Hénault, Th. Lecas, K. Takahashi and L. Boufendi. Effects of gas temperature, pressure, and discharge power on nucleation time of nanoparticles in low pressure C₂H₂/Ar RF plasmas // *Journal of Applied Physics* 122, 163302 (2017).
 2. L. Boufendi, A. Bouchoule, “Particle nucleation and growth in a low-pressure argon-silane discharge,” *Plasma Sources Sci. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 262, 1994.
 3. U. Bhandarkar, U. Kortshagen, S.L. Girshick. Numerical study of the effect of gas temperature on the time for onset of particle nucleation in argon–silane low-pressure plasmas // *J. Phys. D: Appl. Phys.* 36 (2003) 1399–1408.