

ПЫЛЕВАЯ ПЛАЗМА С МИКРО- И НАНОЧАСТИЦАМИ В ИМПУЛЬСНОМ ВЧ РАЗРЯДЕ

*Утегенов А.У.,*¹ Оразбаев С.А.,² Батрышев Д.Г.,² Линь Д.,³
Рамазанов Т.С.,¹ Такахаши К.³*

¹КазНУ, Алматы, Казахстан, ²КБТУ, Алматы, Казахстан, ³КИТ,

Матсугасаки, Япония

*almasbek@physics.kz

В работе представлены экспериментальные результаты по исследованию структурных свойств пылевой плазмы с микрочастицами, а также результаты по плазмохимическому синтезу углеродных наночастиц (PECVD) в высокочастотном разряде (ВЧ) в режиме модуляции сигнала.

Плазма, содержащая структуру из микрочастиц с двумя разными диаметрами, показала сильную зависимость от параметров ВЧ модулированного напряжения [1]. Также обнаружено, что импульсно-временная модуляция ВЧ напряжения позволяет изменять температуру электронов в плазме. Так как температура электронов доминирует при зарядке пылевых частиц, в настоящей работе было показано, что с помощью импульсно-временной модуляции можно изменять положение пылевых частиц. Более того, с помощью модулированной ВЧ плазмы стало возможным сепарировать микрочастицы. Таким образом, как показывают результаты экспериментов, можно удалять из плазмы более крупные частицы, в то время как мелкие частицы остаются в плазме.

Также были синтезированы углеродные наночастицы с помощью плазмы ВЧ разряда в импульсном режиме для контроля размеров наночастиц. Экспериментальные наблюдения показали, что размер углеродных наночастиц увеличивается с ростом частоты импульсного сигнала. Также было обнаружено, что с помощью частотно-модулированного импульсного ВЧ сигнала можно контролировать размер углеродных наночастиц в диапазоне 40-70 нм. Метод химического осаждения из паровой фазы, усиленный плазмой, является основным механизмом роста наночастиц. Анализ изображений, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии, показал два типа наночастиц, одни из которых представляют собой агломерат наночастиц с аморфной структурой, а другие – нанометрового размера с кристаллической структурой. Также было обнаружено, что изменение частоты модуляции и времени синтеза позволяет получить различные пленки с разными поверхностными характеристиками [2].

- L. Boufendi, T. Ramazanov, “Transport control of dust particles by pulse-time modulated RF in dusty plasmas”, *J. Appl. Phys.*, vol. 126, 043302, 2019.
2. D. Batryshev, A. Utegenov, R. Zhumadilov, N. Akhanova, S. Orazbayev, S. Ussenkhan, J. Lin, K. Takahashi, N. Bastykova, S. Kodanova, M. Gabdullin, T. Ramazanov, “Carbon nanoparticles characteristics synthesized in pulsed radiofrequency discharge and their effect on surface hydrophobicity”, *Contrib. Plasma Phys.*, Vol. 62, Issue 10, e202100238, 2022.