

Формирование плотных пылевых структур и их структурные фазовые переходы в криогенной плазме неона

Д.Н. Поляков, В.В. Шумова, Л.М. Василяк, В.Е. Фортов
ОИВТ РАН
cryolab@ihed.ras.ru

Характеристики пылевых структур зависят от радиуса Дебая. Охлаждение пылевой плазмы до криогенных температур приводит к уменьшению расстояния между частицами и приводит к увеличению плотности пылевых структур. Ранее наблюдалось образование нитевидных неупорядоченных кластеров в тлеющем разряде.

В данной работе впервые экспериментально получена фазовая P-I (давление – ток) диаграмма состояния пылевых структур из частиц меламин-формальдегида диаметром 4,14 мкм в криогенной пылевой плазме в неоне при охлаждении от комнатной температуры до температуры кипения жидкого азота и приведенных давлениях 0,14-1,4 Тор.

Обнаружено, что расстояния между пылевыми частицами и формы пылевых образований имеют сложную зависимость от температуры тяжелой компоненты, давления газа и параметров разряда. При понижении температуры до $T = 200\text{K}$ в центре пылевой структуры наблюдалось образование плотного ядра, аналогично "центру кристаллизации". Дальнейшее охлаждение плазмы привело к образованию плотных равномерных структур с расстоянием 25-40 нм между частицами пыли, или цепочки кластеров с расстояния 125-150 нм между кластерами.

Наблюдались вертикальные колебания частиц пыли, амплитуда которых зависела от давления газа. Наблюдаемые колебания частиц можно объяснить изменением величины продольного электрического поля, которое обусловлено изменением плотности газа из-за продольного градиента температуры.

В отличие от разряда в воздухе, кластеры в плазме неона могли формировать регулярные структуры, напоминающие узлы гексагональной решетки. Было замечено, что с увеличением тока разряда кластеры плавятся, а расстояние между частицами и амплитуда продольных колебаний частиц возрастает. Увеличение давления газа приводит к слипанию кластеров в плотные однородные структуры.

Увеличение разрядного тока приводит к уменьшению продольного размера структуры пыли и увеличению ее диаметра. В отличие от экспериментов при комнатной температуре, в криогенной плазме не наблюдались пылевые структуры с центральной зоной, свободной от частиц при тех же токах разряда.