

Плазменно-пылевые кристаллы в тлеющем разряде постоянного тока при температурах 9-290 К

Николаев В.С.^{1,2}, Бедрань З.В.^{1,2}, Тимофеев А.В.^{2,1}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

Пылевая плазма представляет собой ионизованный газ, содержащий частицы конденсированного вещества. Она обладает уникальными свойствами, например, большим по величине зарядом пылевых частиц, термодинамической открытостью, способностью к самоорганизации и формированию различных структур и т.д. В отличие от конденсированного состояния вещества, в котором причиной связи частиц друг с другом являются квантовые эффекты, в пылевой плазме существуют структуры со связями, описываемыми уравнениями классической физики. Они являются предметом интенсивных исследований. Особые свойства пылевой плазмы хорошо проявляются при криогенных температурах, однако технологические трудности долго препятствовали прогрессу работ в этом направлении. Впервые экспериментально упорядоченные системы пылевых частиц удалось наблюдать в середине 90-х годов в плазме высокочастотного разряда вблизи границы прикатодной области. В работе Асиновского и др. [1] наблюдалось плотное пылевое образование из полидисперсных частиц в разряде постоянного тока, охлаждаемом жидким гелием (4,2 К). В работе Фортова [2] наблюдались структуры полидисперсных частиц в разрядах, охлаждаемых жидким азотом (77 К). В работе Антипова [3] в разрядах, охлаждаемых жидким гелием и азотом, исследовались различные свойства плотных пылевых структур при сверхнизких температурах.

В данной работе представлены результаты обработки экспериментальных данных, полученных группой А.В. Кириллина в 2010-2012 гг. в ОИВТ РАН с пылевыми частицами из алмазного порошка в тлеющем разряде постоянного тока. Построена экспериментальная кривая зависимости расстояния между частицами от температуры стенки газоразрядной трубки в диапазоне температур 9-290 К. Произведены оценки снизу для параметра неидеальности. Получено распределение использовавшихся в эксперименте пылевых частиц по размеру и параметру асимметрии. По известной плотности алмазной пыли сделана оценка поля страты. Исследована применимость теоретической модели OML (“ограниченного орбитального движения”) к условиям эксперимента. Изучена зависимость параметра ловушки от температуры и давления нейтральной компоненты. Произведен расчет зависимости ионного состава гелиевой плазмы от температуры при помощи уравнений химической кинетики. Исходя из сделанных предположений, получены зависимости межчастичного расстояния от температуры электронов и нейтральной компоненты для трех потенциалов. Произведено сравнение экспериментальных кривых и теоретических зависимостей для межчастичного расстояния.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Научного Фонда (грант № 14-19-01295).

Литература:

1. Асиновский Е.И., Кириллин А.В., Марковец В.В. Плазменно-пылевые структуры в Не-Kr тлеющем разряде постоянного тока. - ЖЭТФ - 2008 - № 3 – С.554
2. Фортон В.Е., Храпак А.Г., Храпак С.А. и др. Пылевая плазма. - Успехи физических наук - 2011 - № 47 — С. 447
3. Антипов С.Н. Плазменно-пылевые структуры в тлеющем разряде постоянного тока при криогенных температурах. - ЖЭТФ. - 2011. - № 3 — С. 554

Список подписей к рисункам:

1. Рис. 1. Экспериментальная зависимость расстояния между пылевыми частицами от температуры, полученная по экспериментальным данным группы А.В. Кириллина.
2. Рис. 2. Аппроксимация экспериментальной зависимости функциями вида $r_D = A * T^{\frac{1}{2}}(1 + \frac{B}{T^2})$ для потенциала Юкавы и $r_G = AT^{\frac{1}{5}}(1 + BT^{\frac{1}{5}})$ для потенциала Гуревича в диапазоне давлений (0.038-0.152) Торр.

