Потенциальное и непотенциальное взаимодействие между частицами в сильно анизотропных плазменно-пылевых системах

И.И. Лисина, О.С. Ваулина

ОИВТ РАН, Москва, Россия, irina.lisina@mail.ru

Исследованию условий формирования сильно неизотропных структур взаимодействующих частиц (таких как цепочечные или слоистые структуры) уделяется значительное внимание в различных областях науки и техники. Помимо фундаментальных аспектов, исследования свойств таких систем представляют особый прикладной интерес в области нано- и микро-технологий, а также при разработке покрытий и материалов с заданными свойствами [1].

В лабораторных экспериментах с пылевой плазмой наблюдается широкое многообразие структурных конфигураций в расположении пылевых частиц. В большинстве случаев в вч- разряде, в горизонтальном направлении наблюдаемые монослойные и многослойные пылевые структуры имеют выраженную гексагональную решетку. Однако, в вертикальном направлении может наблюдаться как плотная гексагональная упаковка слоев пылевых частиц, так и их цепочечное упорядочивание [2]. При этом при определенных условиях (например, с изменением давления, или при увеличении числа частиц) пылевые частицы в такой плазме могут приобретать стохастическую кинетическую энергию превосходящую температуру окружающего газа.

Для объяснения вертикальной упорядоченности пылевых частиц, наблюдаемой в приэлектродных слоях емкостных вч- разрядов, за счет сил притяжения, вызванных эффектами ионной фокусировки, обычно привлекается приближение анизотропного кильватерного взаимодействия. Здесь мы представляем результаты численного исследования процессов формирования цепочечных и слоистых структур в системах частиц с анизотропным парным взаимодействием, аналогичном взаимодействию, возникающему за счет эффектов ионной фокусировки. Моделирование проводилось методом молекулярной динамики для вертикальных цепочечных и однородных протяженных слоистых структур взаимодействующих частиц в широком диапазоне параметров, соответствующих условиям экспериментов в лабораторной пылевой плазме.

На основе численных исследований, проведенных в рамках данной работы, был выполнен подробный анализ развития различных неустойчивостей в системах частиц с анизотропным парным взаимодействием. Развитие подобных неустойчивостей приводило: к нарушению вертикальной конфигурации квази-одномерной структуры; к образованию дополнительного слоя частиц в протяженной слоистой структуре; к формированию различных полиморфных конфигураций (с вертикальной и гексагональной упаковкой) в расположении частиц для соседних слоев в многослойных структурах; а также к появлению дополнительной кинетической энергии частиц. Результаты моделирования показали хорошее согласие с предложенными аналитическими критериями.

Данная работа частично поддержана грантами РФФИ №13-08-00263-a, №12-02-33166-мол-а, и Программой Президиума РАН.

Литература

1. Complex and Dusty Plasmas. / ed. by V.E. Fortov and G.E. Morfill. – CRC Press, 2010.
2. Advances in Dusty Plasma. / ed. by P.K. Shukla, D.A. Mendis, T. Desai. – Singapore:
Word Scientific Publishing Co, 1997. – pp.99-142 and pp. 153-162