

Плавление плоского пылевого кластера из-за параметрической неустойчивости, вызванной наносекундными электрическими импульсами

Л.М. Василяк, С.П. Ветчинин, Д.Н. Поляков, В.Е. Фортов
ОИВТ РАН, г. Москва
vasilyak@ihed.ras.ru

А.В. Ивлев, Г.Е. Морфилл, М.Ю. Пустыльник, Х.М. Тома
²Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, Garching, Germany

Выполнены исследования воздействия пульсов высокого напряжения 2-11 кВ длительностью 20 наносекунд на динамику заряженных микрочастиц в 2-D кластере в плазме РФ разряда. Наложение повторяющихся пульсов возбуждает вертикальные колебания микрочастиц. Амплитуда колебаний микрочастиц растет с амплитудой импульса. Наносекундные импульсы могут возбудить сильную неустойчивость в 2-D пылевых кластерах. Неустойчивость имеет пороги как по частоте так и по амплитуде внешней силы и, следовательно, может быть классифицирована как параметрическая неустойчивость. Мы обнаружили, что наносекундные импульсы возбуждают горизонтальные моды кластера косвенно, через вертикальные колебания. Неустойчивость возникает только в том случае, если частота повторения импульсов близка к вертикальной резонансной частоте, и вертикальная резонансная частота близка к удвоенной частоте одной из горизонтальных мод кластера. Исследовано развитие полной кинетической энергии кластера во время неустойчивости. В начальной фазе кинетическая энергия колеблется вокруг определенной величины, и ее амплитуда растет очень медленно. В определенный момент она входит в фазу экспоненциального роста и затем - насыщения. Плоские кластеры, состоящие из небольшого количества микрочастиц, проявляют параметрическую неустойчивость горизонтальных мод под воздействием периодических импульсов. Было показано, что параметрическая неустойчивость вызвана вертикальными колебаниями микрочастиц в неоднородном электрическом поле приэлектродного слоя. Кинетическая энергия пыльных частиц группы увеличивается из-за параметрической неустойчивости, и плавление плоского кристаллического кластера может произойти. Мы предложили следующий механизм воздействия. 1. Нагревание плазменных электронов наносекундным высоковольтным импульсом. 2. Дополнительная зарядка частиц пыли быстрыми электронами. 3. Нарушение равновесия в ловушке из-за дополнительной силы в вертикальном направлении. 4. Релаксация заряда на пылинке посредством потока ионов. 5. Нарушение равновесия частицы в горизонтальном уровне в результате вертикального смещения. 6. Неустойчивость в горизонтальном уровне. 7. Повышение кинетической энергии пыльных частиц группы из-за параметрической неустойчивости. 8. Плавление плоского кристаллического кластера. Этот процесс возможен, если собственные частоты колебаний частиц пыли в горизонтальном уровне являются функциями высоты, и частица пыли колеблется вертикально.