

Петрозаводский государственный университет
Кафедра информационно-измерительных
систем и физической электроники

Курс «Физика комплексной плазмы»

Лабораторная работа

**Визуальное наблюдение и фотографирование пылевых
структур**

Составитель: Пикалев А. А.

Петрозаводск, 2013

Цель работы: пронаблюдать образование плазменно-пылевых структур и фазовые переходы в них.

Экспериментальная установка

Схема установки приведена на рисунке

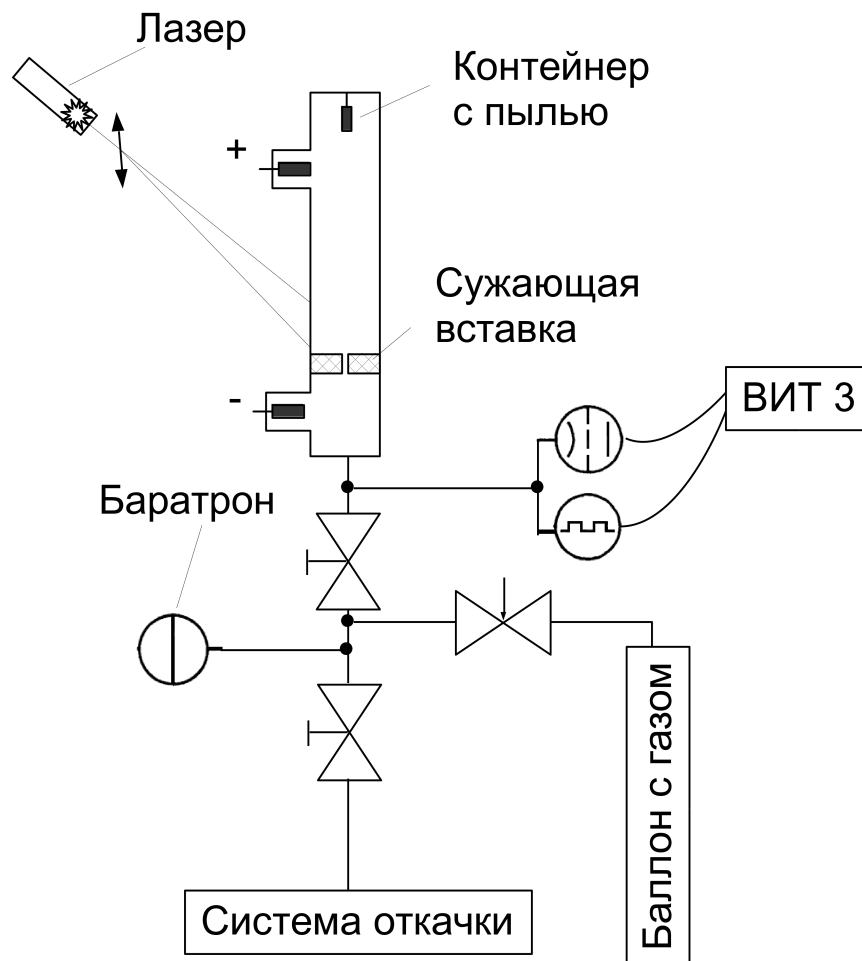


Рисунок 1 — Экспериментальная установка

Для получения пылевой структуры используется установка, включающая в себя газоразрядную трубку, систему откачки и напуска газа, питание разряда и систему подсветки пылевой структуры.

В газоразрядную трубку помещается контейнер из магнитного материала с частицами. При поднесении магнита контейнер вздрогнет, и часть частиц выплется. Для создания крупной пылевой структуры необходимо сделать несколько инъекций частиц. В трубке находится сужающая вставка для создания неоднородности, в которой зависают частицы. Благодаря этой вставке нам заранее известно место, где зависнут частицы, а также предотвращается движение страт.

Для подсветки пылевой структуры используется Nd:YAG – лазер с диодной накачкой. Излучение лазера содержит следующие длины волн: 532 нм, 1064 нм и 810 нм. Блок питания позволяет регулировать мощность лазера. Для создания «лазерного ножа» луч лазера пропускается через две цилиндрические линзы – одна расширяет пучок в вертикальном направлении, а другая – фокусирует в горизонтальном.

Система откачки и напуска газа построена на базе высоковакуумной аппаратуры AV 63. Данная система состоит из двух блоков: блока управления и насосного блока.

В блоке управления находятся главный выключатель, вакуумметр Пирани VPR1, вакуумметр Пеннинг VPG1 и программирующее устройство вакуума PV 01.

В насосном блоке находятся масляный ротационный насос VRO 05-21, дифблок DB 63 P, система подвода и регистрации расхода охлаждающей воды, реле включения ротационного и диффузионного насосов, система подвода и распределения сжатого воздуха, вентилятор для быстрого охлаждения диффузионного насоса.

Система может использоваться для получения как низкого, так и высокого вакуума. В первом случае откачка идёт только ротационным насосом. Для получения высокого вакуума сначала с помощью ротационного насоса достигается низкий вакуум, а дальнейшее вакуумирование происходит диффузионным насосом, при этом ротационный насос производит откачку с форвакуумного штуцера диффузионного насоса.

В установке используется пневматическое управление клапанами, поэтому необходимо обеспечить подвод сжатого воздуха. Для снабжения установки сжатым воздухом используется компрессор. При откачке до высокого вакуума необходима вода для охлаждения диффузионного насоса.

При работе в инертных газах требуется тщательная откачка до высокого вакуума с прогревом трубки, так как у них высокий потенциал возбуждения, а значит, даже небольшая примесь способна существенно изменить свойства разряда. Давление в трубке контролируется по ионизационно-термопарному вакуумметру ВИТЗ, а при напуске газа – по манометру на основе датчика MKS Baratron 626A.

Система напуска представляет собой баллон с газом, соединённый с газоразрядной трубкой через натекатель. Давление в баллоне контролируется деформационным манометром. Баллон также соединён с откачивающей системой для удаления остатков газа при необходимости замены газа.

Питание разряда осуществляется от высоковольтного блока питания постоянного тока через балластное сопротивление. Размер балластного сопротивления может принимать значения 15, 30, 100, 220 или 340 кОм. Ток через трубку контролируется по миллиамперметру. Катодом служит нижний электрод, а анодом – верхний. Материал электродов – никель. Диаметр трубки – 3 см.

Порядок выполнения работы

1. Откачать разрядную трубку, измерить остаточное давление по ионизационному манометру.
2. Узнать у преподавателя или инженера используемый газ, материал и размер частиц, давления и токи, при которых следует проводить эксперимент.
3. Осветить лазерным ножом область разряда над сужающей вставкой.
4. Напустить в трубку газ. Давление контролировать по баратрону.
5. Зажечь разряд, установить требуемый ток.
6. Вбросить частицы, наблюдать образование структуры. Подождать несколько минут, пока структура стабилизируется.
7. Проверить разрядный ток.
8. Установить фотоаппарат, сфокусировать объектив на структуре, выбрать подходящую выдержку и диафрагму, сфотографировать структуру.
9. Выполнить пункты 6-8 для всех требуемых токов. Записать токи, при которых происходят фазовые переходы в структуре.
10. Откачать разрядную трубку, выполнить пункты 4-9 для остальных давлений.

Обработка результатов

Для каждой фотографии случайным образом выберите по 10 частиц. Для каждой из этих частиц определите расстояние до ближайших частиц по горизонтали и вертикали (см. рисунок).

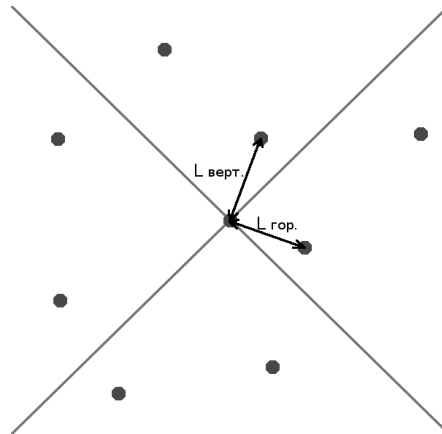


Рисунок 2 — Определение расстояний до частиц

Проверьте гипотезу о равенстве математических ожиданий расстояний до горизонтального и вертикального соседей для каждой фотографии.

Постройте графики зависимости расстояний до соседей от разрядного тока. Отметьте токи, при которых наблюдались фазовые переходы.

Контрольные вопросы

1. Что называют неидеальной плазмой? Комплексной плазмой?
2. Какие механизмы зарядки пылевых частиц в плазме вы знаете?
3. Что такое параметр неидеальности?
4. Какие силы действуют на пылевую частицу в плазме?