

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра физики твердого тела

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ
ВАКУУМНОЙ ОДНОПОСТОВОЙ УСТАНОВКИ ВУП-4
Лабораторная работа № I

Издательство "Самарский университет"
1993

Составитель А.В.Поков

Рецензент В.И.Чепурнов

ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ВАКУУМНОЙ ОДНОПОСТОВОЙ УСТАНОВКИ ВУП-4

Цель работы- изучить устройство вакуумной установки ВУП-4 и овладеть практическими навыками работы на ней при вакуумировании объектов.

Описание вакуумной однопостовой установки ВУП-4

Вакуумная установка ВУП-4 предназначена:

- для осуществления операций электронно-микроскопического препарирования, связанных с распылением материалов в вакууме. Прибор может быть использован для металлизации материалов в вакууме, нагрева и охлаждения исследуемых образцов, очистки образцов и распыления материалов с помощью ионной бомбардировки;
- для работы в стационарных лабораторных условиях при температуре окружающего воздуха от 15 до 25⁰С и относительной влажности не более 80%. наличие в помещении паров агрессивных веществ не допустимо.

Основные технические данные:

1. Питание прибора осуществляется от трехфазной сети переменного тока. Напряжение питающей сети 220 ± 22 В.
2. Частота колебаний питающей сети $50 \pm 0,5$ Гц.
3. Масса прибора не превышает 500 кг.
4. Габаритные размеры:
 - длина 875 мм;
 - ширина 1447 мм;
 - высота 1265 мм.
5. Потребляемая мощность не превышает 3 кВт.

Основные параметры и характеристики

1. Остаточное давление в рабочем объёме при охлаждении ловушки водой $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па. Время откачки 15 мин.
2. Остаточное давление в рабочем объёме при охлаждении ловушки жидким азотом $1,3 \cdot 10^{-4}$ Па. Время откачки 30 мин.
3. Ток накала испарителей - до 200 А.
4. Температура столика для охлаждения объектов - до минус 150°C .
Время охлаждения - до 30 мин.
5. Температура столика для нагрева объектов - до 1100°C .
Время нагрева 15 мин.
6. Напряжение на выходе высоковольтного выпрямителя без нагрузки - 10 кВ.
7. Максимальный ток тлеющего разряда - 50 мА.

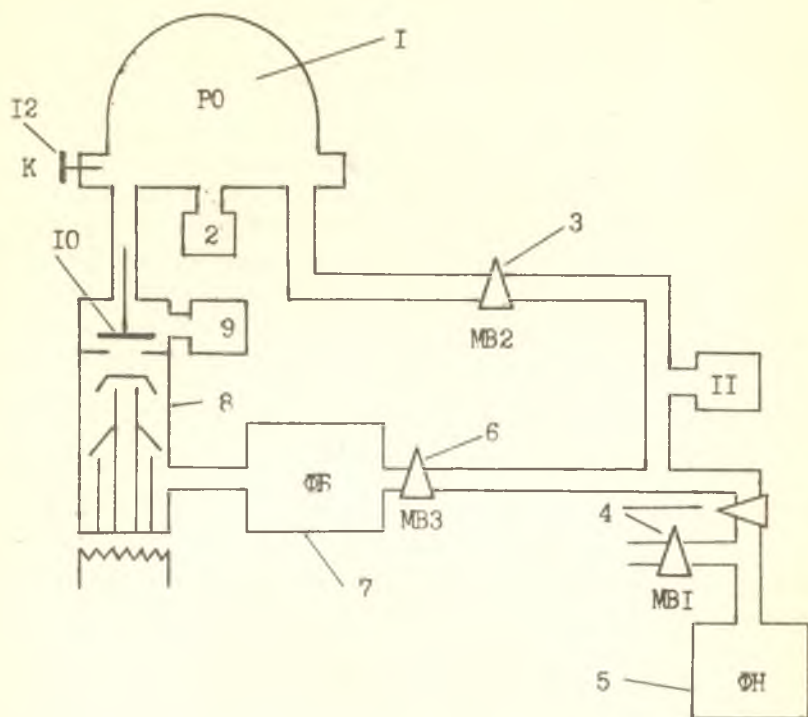
Устройство и работа установки

В вакуумной стойке размещены вакуумная система, система напуска, распределительный щиток и электропитание для термического напыления. На стойке в верхней части установлен столик для вакуумного препарирования (рабочий объём). Справа от столика расположены наклонный и горизонтальный пульта управления. Внутри электрической стойки расположены высоковольтный выпрямитель, питающее устройство для ионного травления, блок питания нагревателя и охладителя.

Устройство нагревателя для получения угольных плёнок состоит из кронштейнов, шарнирно связанных между собой. Маятниковое устройство предназначено для получения во время напыления равномерного по толщине слоя по всей площади объекта.

В установке имеется нагреватель, а также устройство для ионного травления.

Схема вакуумной системы



1. Рабочий объект - PO;
2. Вакуумметр ПМТ-2;
3. Вентиль откачки PO на ПВ - МВ2;
4. Вентиль отсекающий - МВ1;
5. Форвакуумный насос - ФН (2НБР-5М);
6. Вентиль откачки баллона - МВ3;

7. Баллон;
8. Паромасляный насос (Н-05);
9. Вакуумметр ПМИ-2;
10. Высоковакуумный клапан - ВВК;
11. Вакуумметр ПМТ-2;
12. Кнопка напуска воздуха в РО-К.

Циклограмма работы клапанов

Кноп. упр.	Режим работы. Обознач. кл.	МВ1	МВ2	МВ3
ПВ	Пред. вакуум в раб. объёме	0	0	3
ВВ	Выс. вакуум в раб. объёме	0	3	0
0	Остановка прибора	3-0	3	3

- 0- клапан открыт ;
3- клапан закрыт .

Вакуумная система

Вакуумная система служит для создания требуемого вакуума в рабочем объёме.

Основными частями системы являются:

1. Рабочий объём, в котором осуществляются все операции (I);
2. Высоковакуумный насос (8) с азотной и водяной ловушками;
3. Насос предварительного вакуума (5);
4. Буферный баллон (форбаллон) (7);
5. Магнитные вентили МВ1, МВ2, МВ3;
6. Термопарная манометрическая лампа (2) типа ПМТ-4;
7. Ионизационная лампа (9) типа ПМИ-2.

Конструкция вакуумной системы обеспечивает 4 различных режима работы при эксплуатации прибора:

- а) режим "ПВ" - это откачка рабочего объема на предварительный вакуум;
- б) режим "ВВ" - откачка рабочего объема на высокий вакуум;
- в) режим "О" - остановка;
- г) режим "К" - напуск воздуха в рабочий объем.

Высоковакуумный насос 8 откачивается предварительным насосом 5 через магнитный вентиль "МВЗ" и буферный баллон 7. Высоковакуумный насос 8 отсекается от рабочего объема I с помощью высоковакуумного клапана IO. Напуск воздуха в РО осуществляется с помощью кнопки К. Измерение вакуума в РО производится лампой 2. Напуск воздуха в насос предварительного вакуума производится после окончания работы.

Пульт управления

На установке имеется два пульта управления (ПУ):
ПУ правой стойки;
ПУ левой стойки.

ПУ правой стойки

На ПУ правой стойки размещена схема блока измерения вакуума и схема блока измерения вакуумной системы. Блок измерения вакуума предназначен для измерения остаточного давления в рабочем объеме прибора. При измерении низкого вакуума 10^{-3} тор используется термопарный монометрический преобразователь ПМТ-4М. Перед началом измерений нажимается кнопка "ПМТ-4М" и измеряется ток накала. При необходимости регулировка тока осуществляется резистором "Накал ПМТ-4М" (ток накала 120-130МА). Для измерения давления нажимается кнопка "ФВ". Показания прибора соответствуют значениям термо ЭДС. Перевод в единицы измерения давления осуществляется по градуировочной кривой преобразователя, используемого в манометре. Давление ниже 10^{-4} тор измеряется с помощью ионизационного монометра, построенного на основе преобразователя ПММ-2.

перед началом измерений нажимается кнопка "Прогрев", при





этом сетка лампы ПММ-2 подключается к выводам 8 и 6 вторичной обмотки трансформатора ТР 2. На сетку подаётся напряжение отрицательного смещения, чем обеспечивается защита от перегрузок цепи стабилизатора тока эмиссии. Накал катода ПММ-2 питается от стабилизатора тока эмиссии, который автоматически включается, когда нажимается любая из кнопок, связанных с измерителем высокого вакуума. При этом кнопки "ПМГ-4М" и "ФВ" автоматически отключаются и автоматически включается цепь питания катода.

Контроль тока эмиссии осуществляется нажатием кнопки "Эмиссия МА". Ток эмиссии величиной 5 мА устанавливается резистором "Эмиссия МА". Величина ионного тока в цепи коллектора преобразователя ПММ-2 однозначно определяет давление в рабочем объёме. Изменение этого тока осуществляется с помощью катодного вольтметра. Предварительно устанавливается 0 с помощью резистора "0". В этом случае выравниваются потенциалы катодов лампы Л-2 и заземлённых сеток. Установка требуемого предела измерений осуществляется нажатием на пульте управления одной из соответствующих КНОПОК "10⁻⁴", "10⁻⁵", "10⁻⁶", "10⁻⁷".

Коммутация режимов работы вакуумной системы

Коммутация осуществляется кнопочными переключателями, исполнительными элементами которых являются электромагнитные вентили МВ-1-МВ-3. При нажатии кнопки "ФН" включается пускатель двигателя форнасоса. Через 1-2 секунды открывается вентиль МВ-1. Вентиль МВ-3 открывается нажатием кнопки "ВВ" тоже через 1-2 секунды.

ПУ левой стойки

На левом ПУ размещена схема блока управления столика с маятниковым устройством. С помощью резисторов R4, R6 (см. электрическую схему) устанавливаются скорость и период вращения столика объектов. "Установка угла" и "Наклон" устанавливаются нажатием клавиши с соответствующими градуировками: . Знак  обозначает установку столика под углом к распыляемому веществу при повороте столика против часовой стрелки; знак  - по часовой стрелке. Знак  означает колебания столика.

Стойка левая

В левой стойке прибора размещён блок питания нагревателя и охладителя образцов. Ручки управления блоков выведены на ПУ левой стойки.

Стойка правая

В правой стойке расположен накальный трансформатор для питания испарителей, автотрансформатор для регулировки канала испарителей, электромагнитные вентили МВ-1-МВ-3, датчики измерителей вакуума, штепсельные разъёмы для подключения ПУ и левой стойки прибора. На пульте правой стойки устанавливается индикатор толщины.

Порядок работы

Прежде чем приступить к работе на установке ВУП-4 необходимо ознакомиться с описанием прибора, с инструкцией по эксплуатации и пройти инструктаж по технике безопасности. Во время работы на приборе в помещении должно находиться не менее 2-х человек, имеющих допуск к работе.

I. Включение прибора

- нажмите кнопку "Сеть", при этом должна загореться сигнальная лампочка, находящаяся с кнопкой;
- проверьте положение высоковакуумного клапана и клапана воздуха "К", они должны быть в закрытом положении;
- нажмите кнопку "ФН", а через 2-3 минуты "ПВ". При этом должны загореться соответствующие сигнальные лампочки, находящиеся под кнопками. Открыть рабочий вентиль подачи воды; откачать рабочий объем до давления $\sim 10^{-2}$ Тор. Измерение давления проводится с помощью индикатора вакуума и датчика ПМТ-4М, расположенного в рабочем объеме. Для этого:
 - а) включить "Индикатор вакуума";
 - б) нажмите кнопку "ПМТ-4М" и установите ток согласно паспорту датчика;
 - в) нажмите кнопку "ФВ" и определите вакуум согласно градуировочной кривой датчика;

- открыть вентиль подачи воды к дифнасосу;
- после достижения указанного вакуума нажмите кнопку "ВВ";
- после 20-30 мин. откачки открыть ручной высоковакуумный клапан;
- замерить вакуум в рабочем объёме и, если он недостаточен, продолжить откачку до значения 10^{-2} Тор;
- включить кнопку "ДН", через 30-40 мин. стрелка термометрического манометра должна зашкалить;
- замерить высокий вакуум в рабочем объёме. Для этого:
 - а) нажмите кнопку "ПРОГ" и выдержите в этом режиме 10-15 мин.;
 - б) нажмите кнопку "ЭМИС" и установите стрелку прибора на 5мВ;
 - в) нажмите кнопку "0" и установите "0" на измерительном приборе;
 - г) нажмите кнопку " 10^{-4} ". Если стрелка измерительного прибора показывает менее 1мВ данного диапазона, нажмите " 10^{-5} " и т. д.

При необходимости получения более высокого вакуума залить жидким азотом ловушку.

2. Смена объекта в рабочем объёме при работающем дифнасосе

- закрыть высоковакуумный ручной клапан;
- выключить измеритель вакуума;
- открыть клапан напуска воздуха "К";
- открыть колпак и произвести необходимые операции.

Для повторного получения высокого вакуума в рабочем объёме необходимо:

- закрыть колпак;
- закрыть клапан напуска воздуха;
- включить кнопку "ПВ". Через 5-10 мин. включить индикатор предваккуума;
- после достижения вакуума 10^{-2} Тор нажать кнопку "ВВ" и открыть высоковакуумный ручной клапан;
- произвести замер давления индикатором высокого вакуума.

3. Выключение прибора

- закройте высоковакуумный клапан;
- нажмите кнопку "Индикатор вакуума", при этом должна погаснуть сигнальная лампочка;

- через 20-30 мин. нажмите кнопку "0", "ФН", "Сеть", при этом должны погаснуть соответствующие лампочки;
- закройте вентиль подачи воды к дифнаосу;
- выключить общий рубильник.

4. Испарение вещества

После получения высокого вакуума в соответствии с пунктом I настоящего раздела, произвести сборку устройства для испарения вещества. Для этого установить испаритель с распыляемым материалом и столик образцов:

- откачать рабочий объём до высокого вакуума;
- установить переключатель испарителей на горизонтальном пульте в положение, соответствующее испарителю, из которого будет распыляться материал (на испарителях и переключателях имеются соответствующие гравировки);
- нажать кнопку "Исп";
- рукояткой трансформатора "Рег. напряжения", располагающейся на горизонтальном ПУ, плавно увеличить ток накаливания до значения, обеспечивающего полное испарение напыляемого материала;
- выключение испарителя производить в обратном порядке.

Замечания по эксплуатации установок ВУП-4

1. Термовакuumметр включать только после того, как в камере создано предварительное разряжение.
2. После окончания работ вакуумную систему установки оставлять под вакуумом.
3. При включении диффузионного насоса давление в системе несколько увеличивается. Это объясняется тем, что, с одной стороны, при нагреве масла в насосе начинают выделяться растворённые в нём газы, а, с другой стороны, ещё не произошла разгонка масла по фракциям.

Техника безопасности при работе на установке ВУП-4

1. На включенной вакуумной установке запрещается производить любые профилактические работы.

2. Во время работы установки все дверцы панели установки должны быть закрыты.
3. Все работы на приборе должны производиться с соблюдением правил техники безопасности.
Внимание! При работе с прибором следует помнить, что напряжения, применяемые в приборе, опасны для жизни.
4. Работать только с защитным колпаком.
5. У работающей вакуумной установки должно быть организовано постоянное дежурство.

Контрольные вопросы и задания

1. Рассказать о назначении и устройстве установки ВУП-4.
2. Как произвести смену объекта под колоколом при работающем диффузионном насосе.
3. Как регулируется напор воды для охлаждения установки?
4. Какие меры следует предпринять при:
 - а) обнаружении течи под колоколом на работающей установке?
 - б) внезапном прекращении подачи воды в вакуумную установку?
 - в) внезапном отключении питания работающей установки?Ответы обосновать.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством вакуумной установки ВУП-4 по описанию, а затем непосредственно на установке.
2. Ознакомиться с порядком работы на установке ВУП-4. Подумать и обосновать последовательность операций управления при получении высокого вакуума, смене объектов под колоколом, выключении установки и т. д.

3. Получить инструкции по технике безопасности у преподавателя.
Под наблюдением преподавателя освоить порядок работы на установке.
4. Ответить на контрольные вопросы и выполнить задания описания.
5. Сдать зачёты по правилам техники безопасности и на допуск к самостоятельной работе на установке ВУП-4.

Литература

1. Паспорт и техническое описание установки ВУП-4.
2. Ворончев Т.А., Соболев В.Д. Физические основы вакуумной техники. М., Высшая школа, 1967.

Корректор Н.П.Баринова
Техн.редактор О.Ю.Старцева

Подписано в печать 07.04.93. формат 60x84¹/₁₆. Бумага белая
оберточная. Печать оперативная. Объем 0,75 усл.леч.л., 0,70 уч.-
изд.л. Тираж 100 экз. Заказ № 1591

Изд-во "Самарский университет", г. Самара, ул. акад.
Павлова, 1.

СП "СамВен", 443099, г. Самара, ул. Бендэка, 88.