**Введение**

**1. Цель работы**: закрепить знания, полученные при изучении дисциплины «Основы вакуумной техники», по проектированию и расчету откачной вакуумной системы технологического оборудования микроэлектроники. Студент должен рассчитать газовые потоки, правильно и обоснованно выбрать откачные средства, рассчитать проводимости соединительных трубопроводов, оценить совместимость откачных средств, определить фактическую быстроту откачки и перепады давления в трубопроводах, а так же на основании проведенных расчетов выбора типоразмеров откачных средств, затворов и вентилей, выполнить чертеж вакуумной системы (в эскизном исполнении).

**1. Расчет высоковакуумной магистрали**

## 1.1 Определение стационарного газового потока

,



где - поток газа, определяющийся технологическим выделением газа из нагреваемых элементов внутрикамерных устройств,



- натекание через уплотнения рабочей камеры,



- диффузное газовыделение,



- газовыделение от подложки.



,



,



, где - газовыделение рабочей камеры,



, [лит-ра 2, стр. 64–65]



- внутренняя поверхность камеры,



где - размеры рабочей камеры,



-размеры присоединительного фланца;



,



, где - удельное газовыделение материала (Cu) при



заданной температуре, [см. лит-ра 3, стр. 471, приложение]

,



- объем подложкодержателя,



- плотность меди,



, [см. лит-ра 4, стр. 115, табл38]



- время газовыделения;



.



Тогда стационарный газовый поток равен

.



**1.2 Предварительный выбор высоковакуумного насоса**

**Ориентировочная быстрота откачки рабочей камеры** **диффузионным насосом**

.



**Быстрота действия диффузионного насоса**

,



.



По быстроте действия в диапазоне впускных давлений выбираем насос НВД-1400 с характеристиками (литература 2, стр. 254, табл. 10.6):



Быстрота действия .



Предельное остаточное давление .



Наибольшее выпускное давление .



Расход охлаждающей воды .



Мощность электронагреватель 2,2 кВт.

Габаритные размеры .



Масса .



Объем масла .



Условный проход фланца:

входного .



выходного ;



Требуемая быстрота действия форвакуумного насоса .



**1.3 Расчет проводимостей и выбор элементов высоковакуумной магистрали**

**Расчет проводимости шевронно-конической ловушки**

, где - удельная проводимость ловушки



- (литер. 2, стр. 258, табл. 11.1),



- площадь входного отверстия ловушки



,



- задаваемый размер.



.



Проверим режим течения в ловушке:

давление в ловушке:

, где - давление на входе в насос ,



– быстрота действия насоса,



.



Выражение – режим молекулярный.



**Расчет проводимости трубопровода (е)**



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

. [литер. 2, стр. 41, формула. 3.58]



Найдём отношение



[литер. 2, стр. 41, табл. 3.3],



.



Проверим режим течения в трубопроводе (е):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Проводимость затвора**



Выбираем затвор РСУ 1 А -200 [литер. 2, стр. 109, табл. 7.1] с проходным диаметром и проводимостью .



Проверим режим течения в затворе

давление в затворе:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Расчет проводимости трубопровода (д)**



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



[литер. 2, стр. 41, табл. 3.3],



.



Проверим режим течения в трубопроводе (д):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Расчёт проводимости вдоль заливной ловушки**

Внешний диаметр ловушки , внутренний диаметр ловушки ,



длина ловушки.



Для цилиндрического трубопровода с коаксиальным расположением стержня проводимость вычисляется

.



Проверим режим течения в заливной ловушке

давление в заливной ловушке:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Расчет проводимости трубопровода (г)**



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



(литер. 2, стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (г)

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Проводимость затвора**



Выберем затвор [литер. 2, стр. 109, табл. 7.1] такой же как и с проходным диаметром и проводимостью .



Проверим режим течения в затворе

давление в затворе:

.



Выражение – режим молекулярный.



**Расчёт проводимости присоединительного фланца (о)**

Проводимость фланца



Проверим режим течения во фланце

давление во фланце:

.



Выражение – режим молекулярный.



Проводимость:

.



Сечение рабочей камеры



Сечение фланца



.



**Давление в рабочей камере:**

- режим молекулярный



**Расчет общей проводимости высоковакуумной магистрали**



**Время откачки камеры высоковакуумным насосом до предельного давления в камере**



где – объем рабочей камеры.



**Действительные параметры откачки высоковакуумным насосом**

– эффективная быстрота откачки,



– фактическое предельное давление в камере.



**Оценка пригодности высоковакуумного насоса**



**Проводимость затвора**



Выберем затвор ЗППл-63 ([2], стр. 109, табл. 7.1) с проходным диаметром и проводимостью .



Давление на выходе затвора:

.



**Расчет давления в трубопроводе (в) до диафрагмы**



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение :



([2], стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (в)

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим молекулярный



**Проводимость диафрагмы**

.



.



**2. Расчет форвакуумной магистрали**

**2.1 Предварительный выбор механического насоса**

**Минимальная быстрота действия механического (форвакуумного) насоса.**

.



Выбираем механический насос НВЗ-20 [лит-ра 2, стр. 199, табл. 9.9] с параметрами:

Быстрота действия .



Предельное остаточное давление:

парциальное без газобаласта ,



полное без газобаласта ,



полное с газобаластом .



Объем масла, заливаемого в насос .



Расход воды в рубашке охлаждения – охлаждение воздушное

Частота вращения .



Мощность электродвигателя 2,2кВт.

Число ступеней 1.

Габаритные размеры .



Масса .



**Расчет проводимости трубопровода (н) до затвора**



.



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



([2] стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (н):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим промежуточный.



**Проводимость затвора**



Выбираем затвор ЗППл-63 с проходным диаметром и проводимостью .



Давление на выходе затвора:

.



**Расчет проводимости трубопровода (н) после затвора**



.



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



([2], стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (н):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим промежуточный.



**Расчет проводимости трубопровода (л, к)**

.



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



([2], стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (л, к):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим промежуточный.



**Проводимость затвора**



Выбираем затвор ЗППл-63 с проходным диаметром и проводимостью .



Давление на выходе затвора:

.



**Расчет проводимости трубопровода (и)**

.



Задаем диаметр трубопровода .



Проводимость участка

.



Найдём отношение



([2], стр. 41, табл. 3.3),



.



Проверим режим течения в трубопроводе (и):

давление в трубопроводе:

.



Выражение – режим вязкостный.



**Время откачки камеры форвакуумным насосом**

.



.



**Расчет общей проводимости форвакуумной магистрали**



**Диаграмма распределения давления**

8 – ВВН; 7 – шевронно-коническая ловушка; 6 – трубопровод (е); 5 – затвор ;



4 – заливная ловушка; 3-трубопровод (г); 2-затвор ; 1 – фланец (о); 0 – рабочая камера;



Элементы системы

**Временная циклограмма**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Вакуумная камера

**Список используемой литературы**

1. Курс лекций по вакуумной технике
2. Фролов Е.С. Справочник «Вакуумная техника. Справочник». 1985 г.
3. А.И. Пипко «Конструирувание и расчёт вакуумных систем». 1979 г.
4. Гетлинг Б.В. «Справочник электротехника». 1961 г.