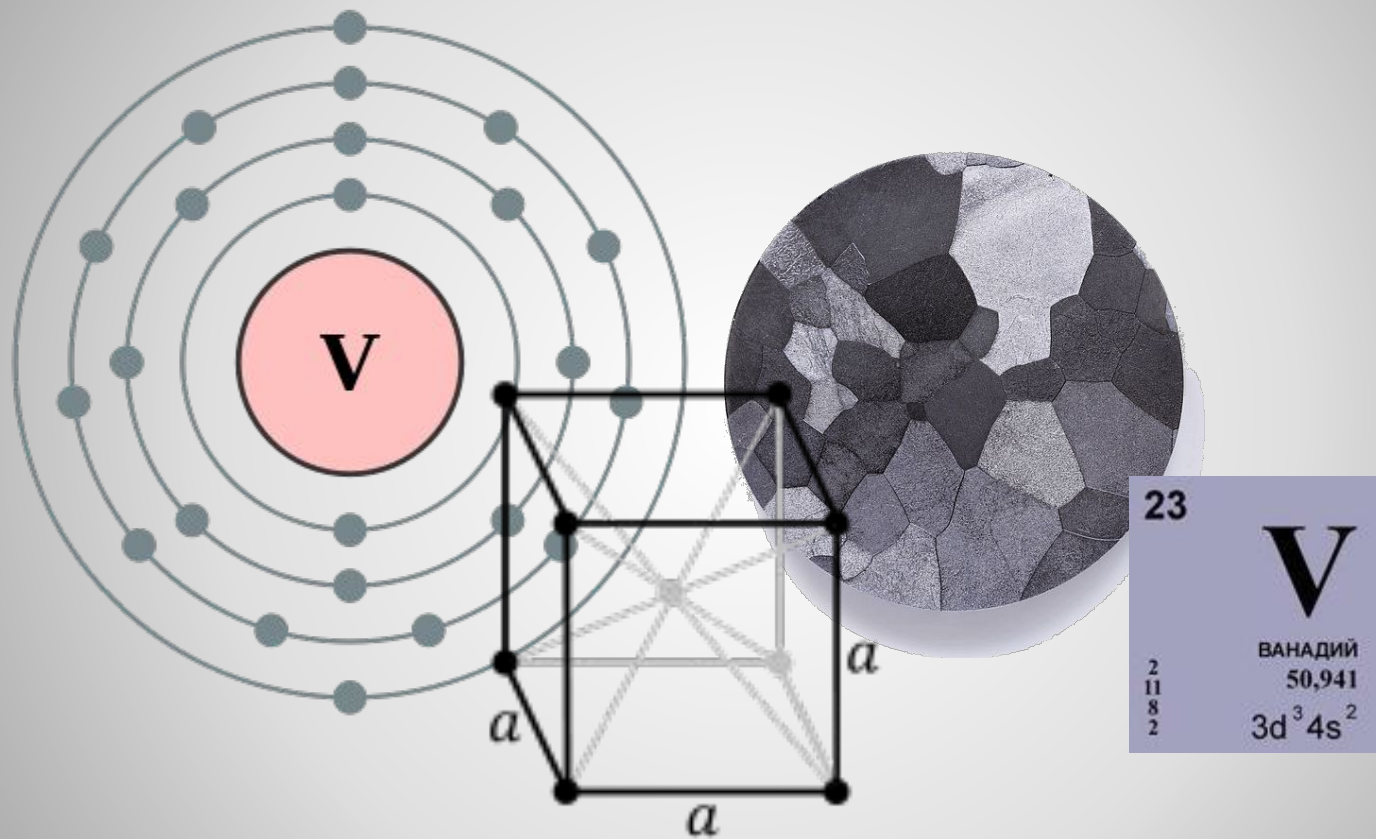


Презентація к дипломной работе на тему:

**«Дослідження впливу тиску  
реактивного середовища на  
осадження плівок окисі ванадію  
методом реактивного  
магнетронного розпилення»**

Выполнил: студ. Комаров О.С.  
група КМ-12с-1

Руководитель: Часовський К.В.  
доцент, к.ф.-м.н.



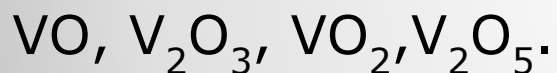
# Ванадий, его оксиды и их свойства

## Раздел 1

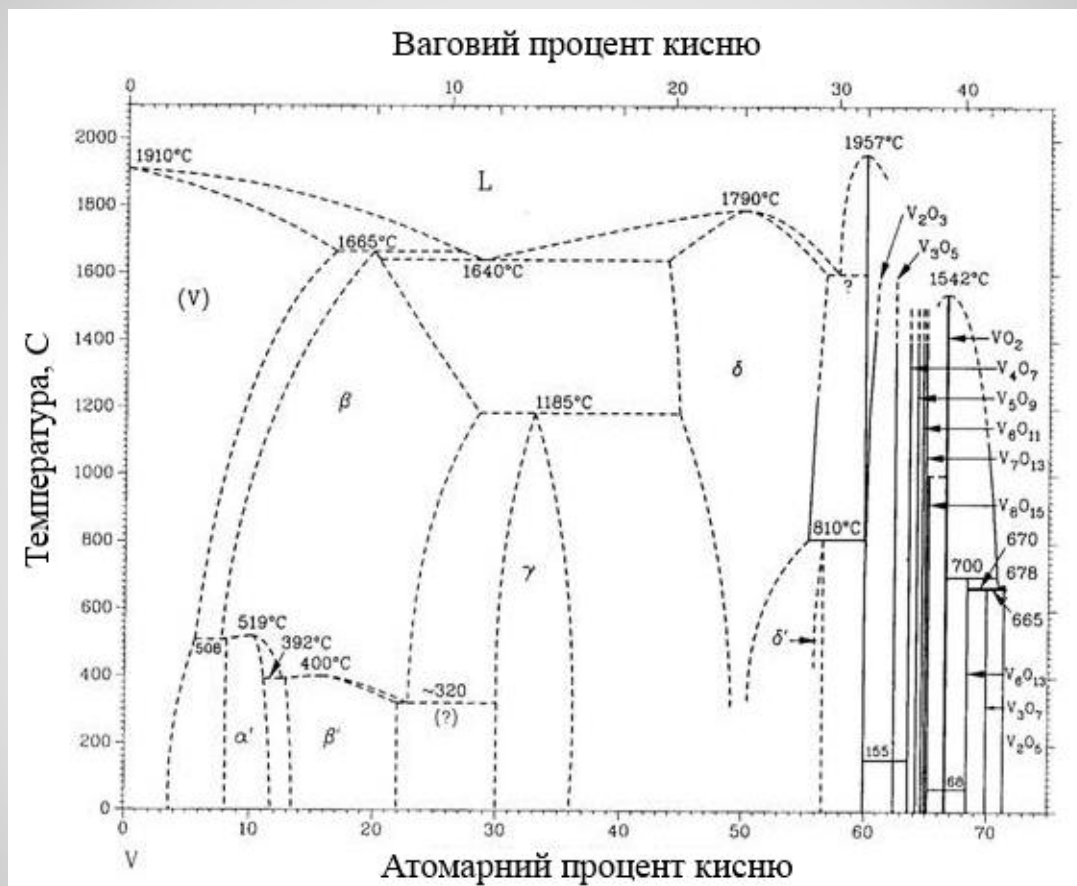
Ванадий — пластичный металл серебристо-серого цвета, по внешнему виду похож на сталь.

Кристаллическая решётка кубическая объёмноцентрированная.

С кислородом ванадий образует несколько оксидов:



# Ванадий



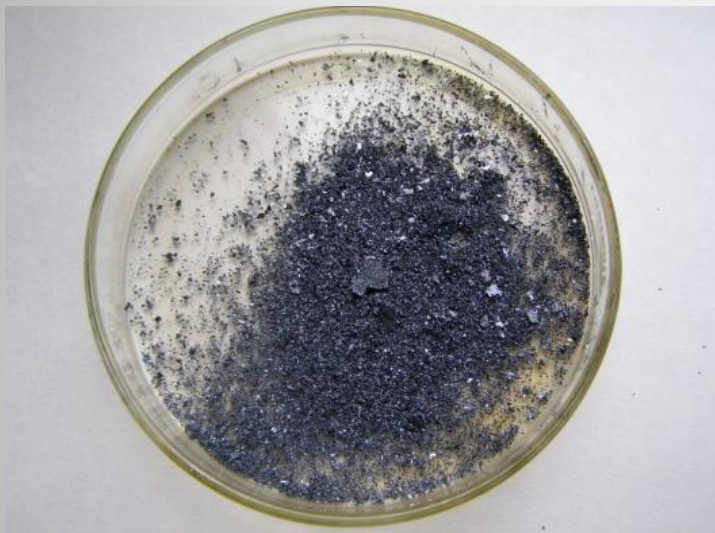
# Фазовая диаграмма





## Ванадий (II) - VO

Оксид ванадия(II) — бинарное неорганическое соединение металла ванадия и кислорода, образует серые



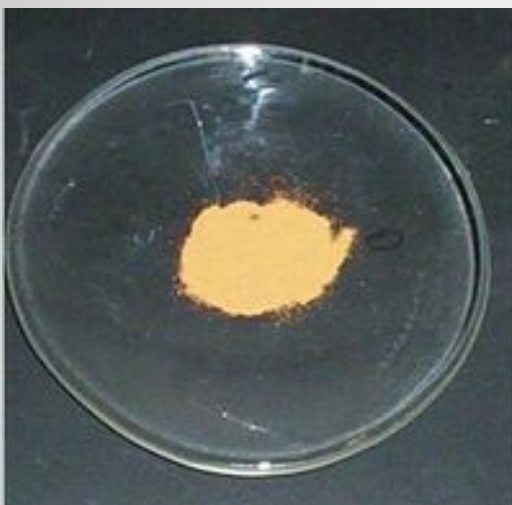
Оксид ванадия(III) — блестящий черный кристалл. Существует в двух кристаллических модификациях: при 105 °С α-форма превращается в β-форму ( $\Delta H^\circ$  перехода 1,8 кДж/моль). Антиферромагнетиком является α-форма. В воде не растворим.



## Ванадий (IV) - $\text{VO}_2$

Оксид ванадия(IV) — бинарное неорганическое соединение, чёрно-синие кристаллы, не растворимые в воде, образует кристаллогидраты.

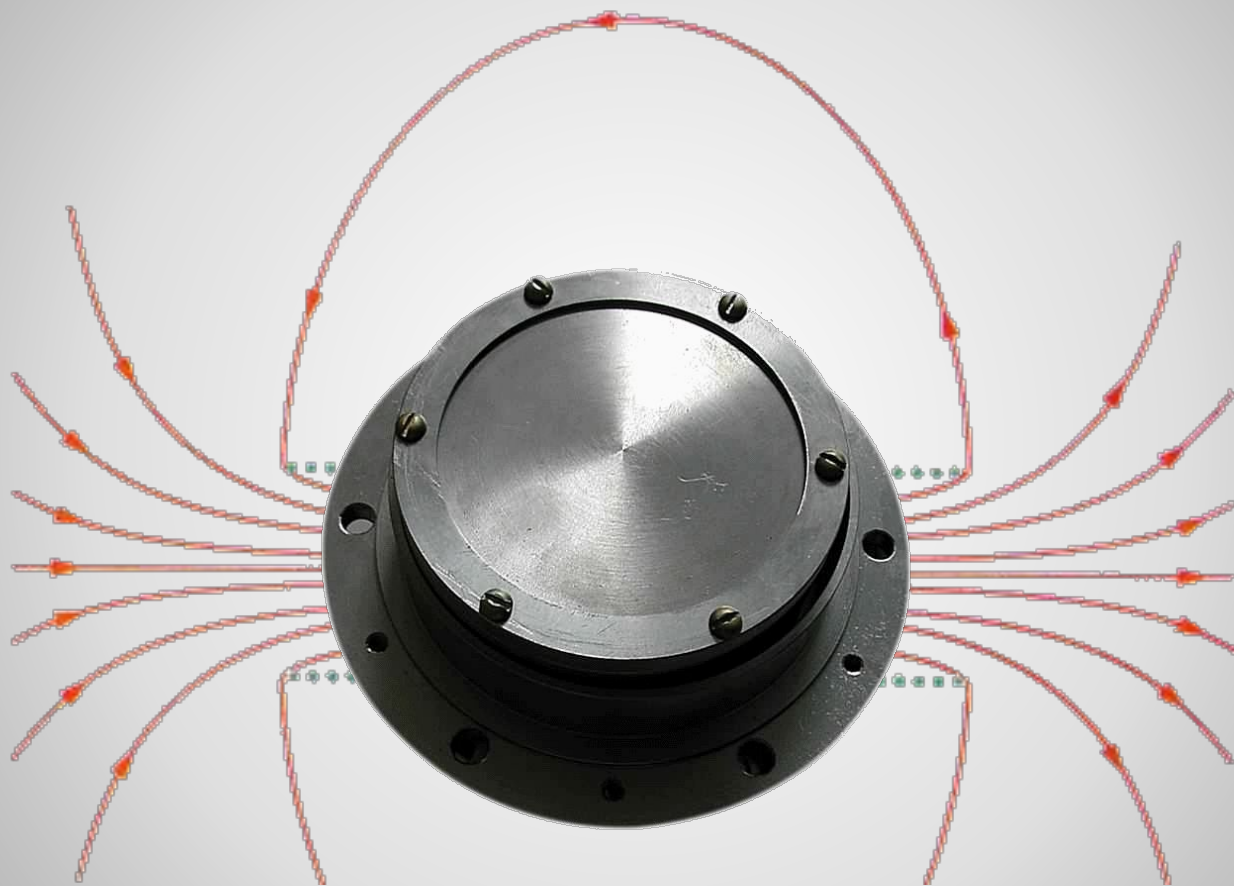
Оксид ванадия(IV) образует чёрно-синие



## Ванадий (V) – $V_2O_5$

Оксид ванадия(V) - оранжевый порошок, также встречаются кристаллы желто-красного цвета. Плотность 3,34 г/см<sup>3</sup>





# ВУП-5 и магнетронная распылительная система

Раздел 2

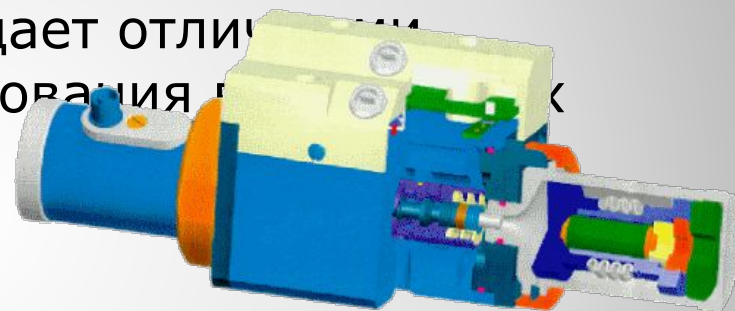


## Внешний вид

Вакуумный Универсальный Пост пятого поколения

(ВУП-5)

Система напуска состоит из пьезострикционного клапана и электронной схемы управления. В работе устройства используется свойство керамики изменять свои размеры под действием электрического тока. Такой клапан безинерционен и обладает отличными характеристиками для использования в системах.



## Система напуска



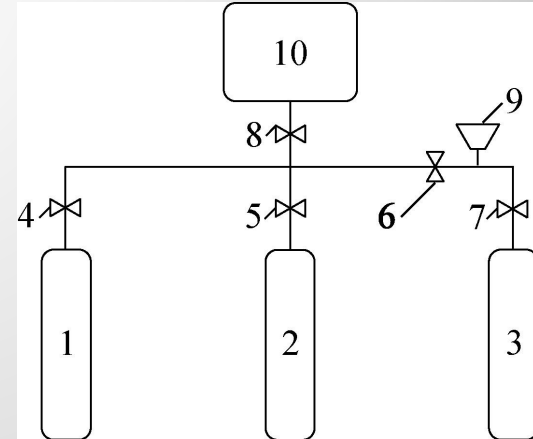
Система смешивания состоит из  
сильфона и набора вентилей.

В одном баллоне находится аргон  
кислород. Третий выступает в кач  
емкости. Сильфон служит единице  
смешиваемых газов – его объем с

Перед началом работы система  
вакуумируется.



и

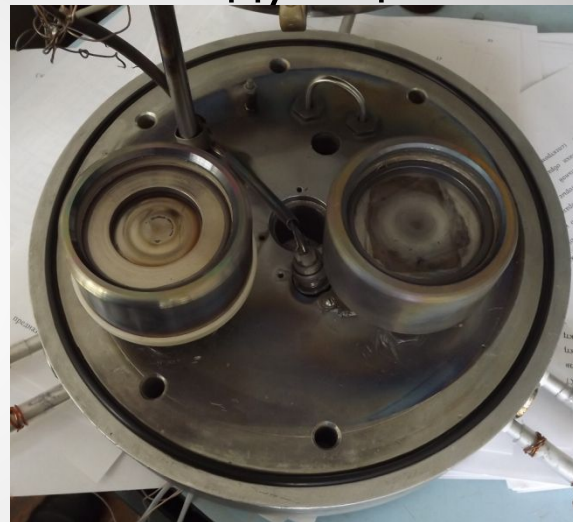


# Система смешивания



Магнетронная приставка состоит из следующих блоков:

- магнетроны;
- система охлаждения;
- датчики давления;
- подложкодержатель;
- система его нагрева;
- система его вращения;



**Магнетронная приставка**



# Экспериментальная часть

Раздел 3

Передо мной были поставлены следующие задачи:

- спроектировать и создать прибор для измерения давления внутри рабочего объема ВУП-5 на всем диапазоне его рабочих давлений;
- напылить пленки оксида ванадия и выяснить зависимость их структурных и электрофизических свойств от режимов работы установки;

**Задача**

В первую очередь был выбран датчик, удовлетворяющий условиям поставленной задачи – пр  
манометрический терморезистивны

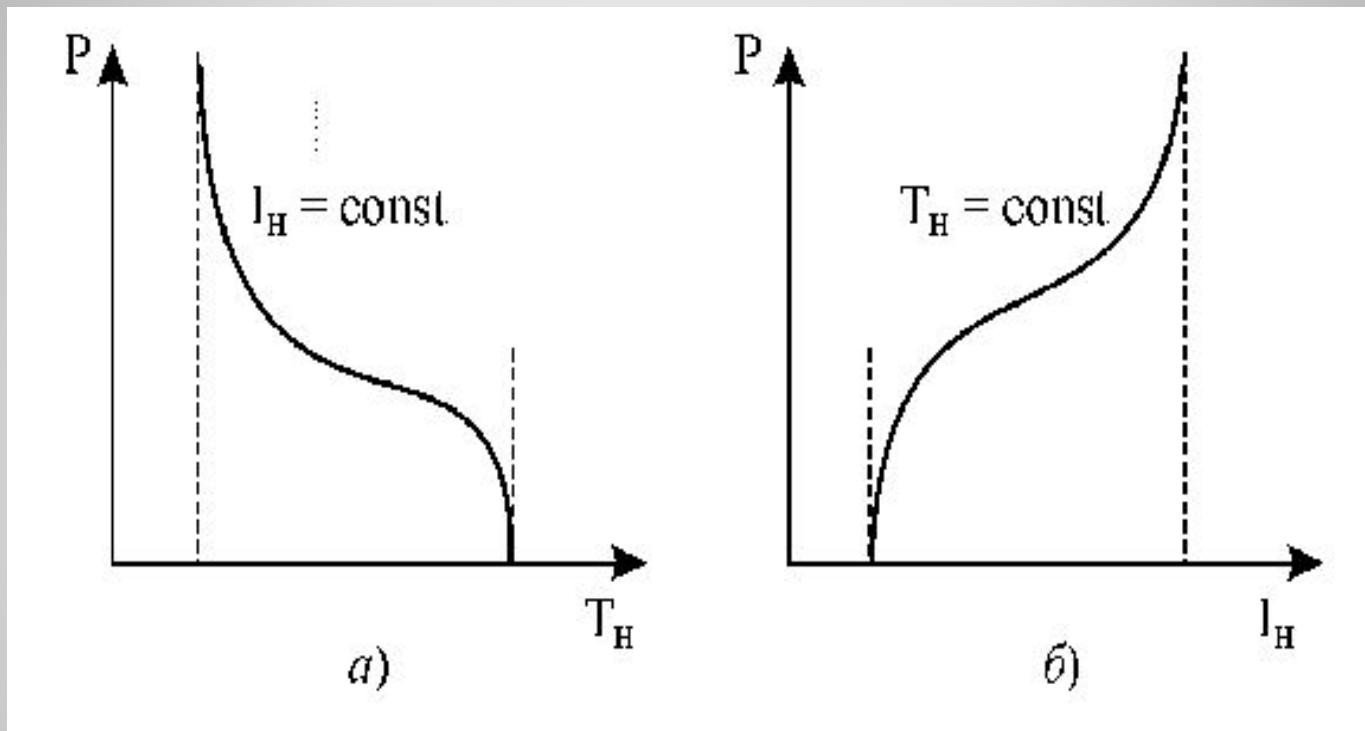
Необходимые характеристики:

- рабочий диапазон давлений от
- сопротивление нити 72 Ом (при



**ПМТ-6-3**



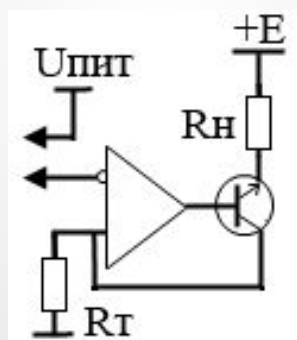


а) при постоянном токе нагрева нити

б) при поддержании постоянной температуры накала

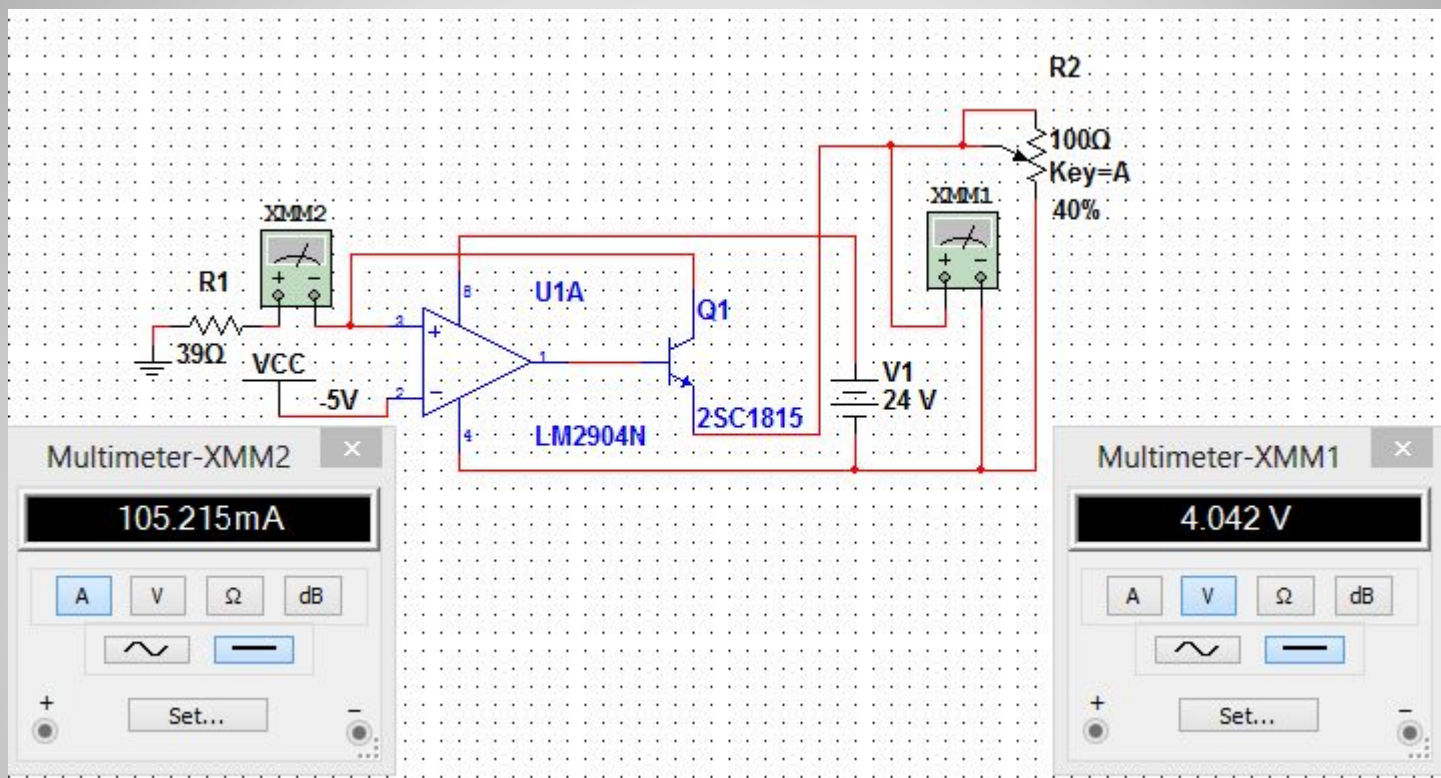
**Градуировочные кривые ПМТ**

Для датчика ПМТ-6-3 был выбран режим работы с постоянным током накала нити. Для этого был спроектирован и разработан адаптер для ПМТ-6-3, который стабилизировал бы ток накала в заданных пределах и преобразовывал изменение сопротивления нити в выходное напряжение.



Принципиальная схема

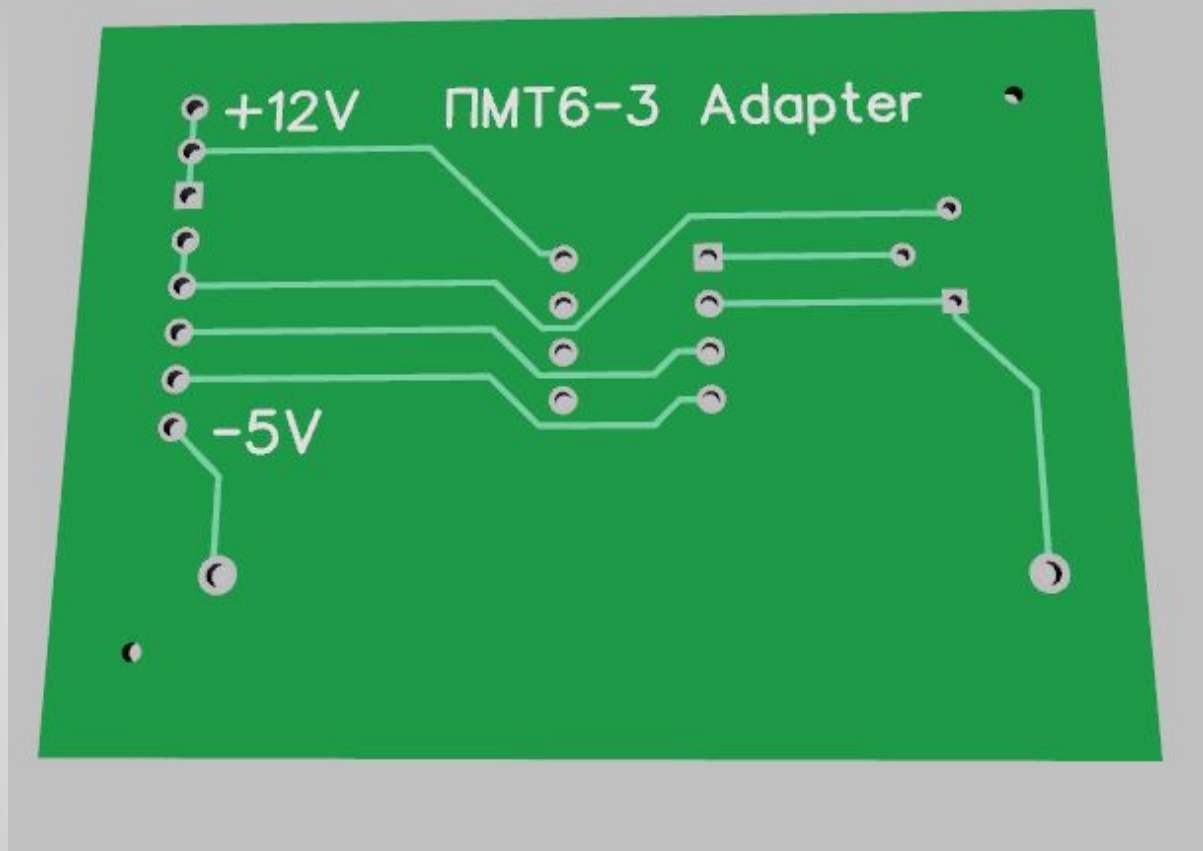
# Адаптер ПМТ-6-3



Макетирование проводилось в программном комплексе MultiSim 11.0.

## Макетирование адаптера

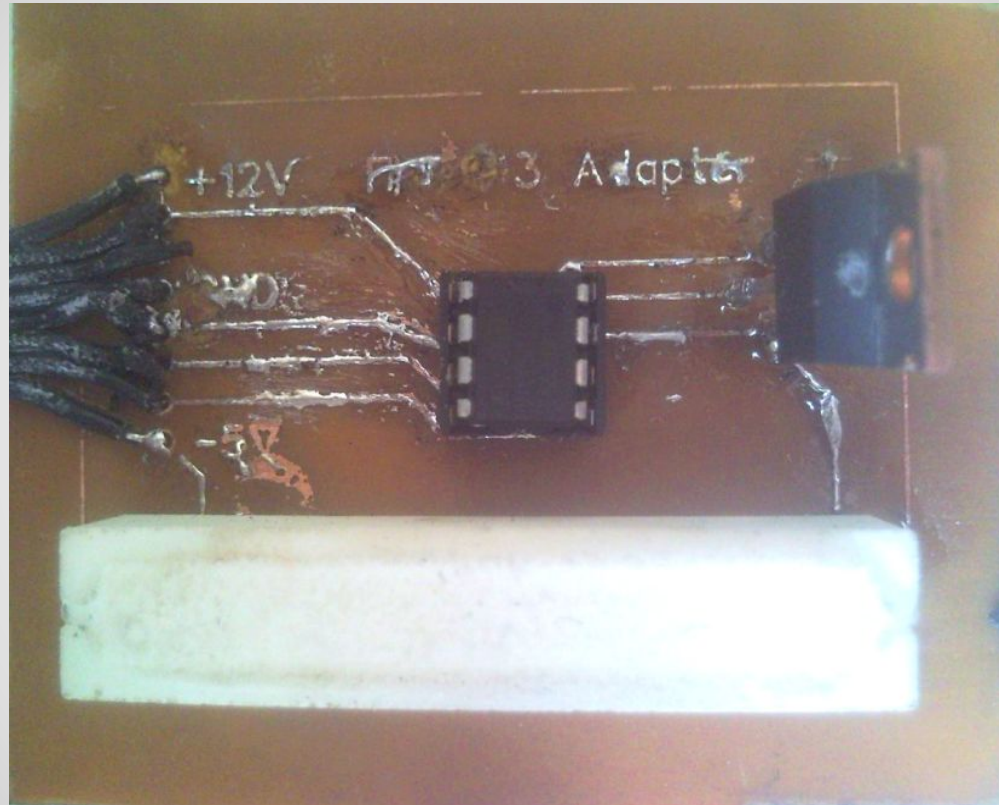




Макетирование проводилось в программном комплексе DipTrace 2.3.

## Монтажная плата адаптера





**Готовый адаптер**

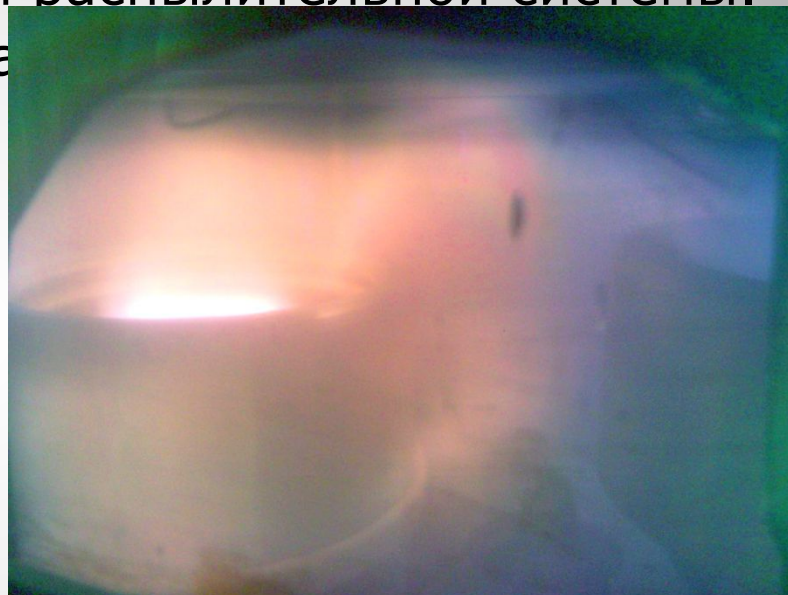
Напыление пленок проводилось при нескольких режимах работы магнетронной распылительной системы.

Но некоторые величины оставались постоянными:

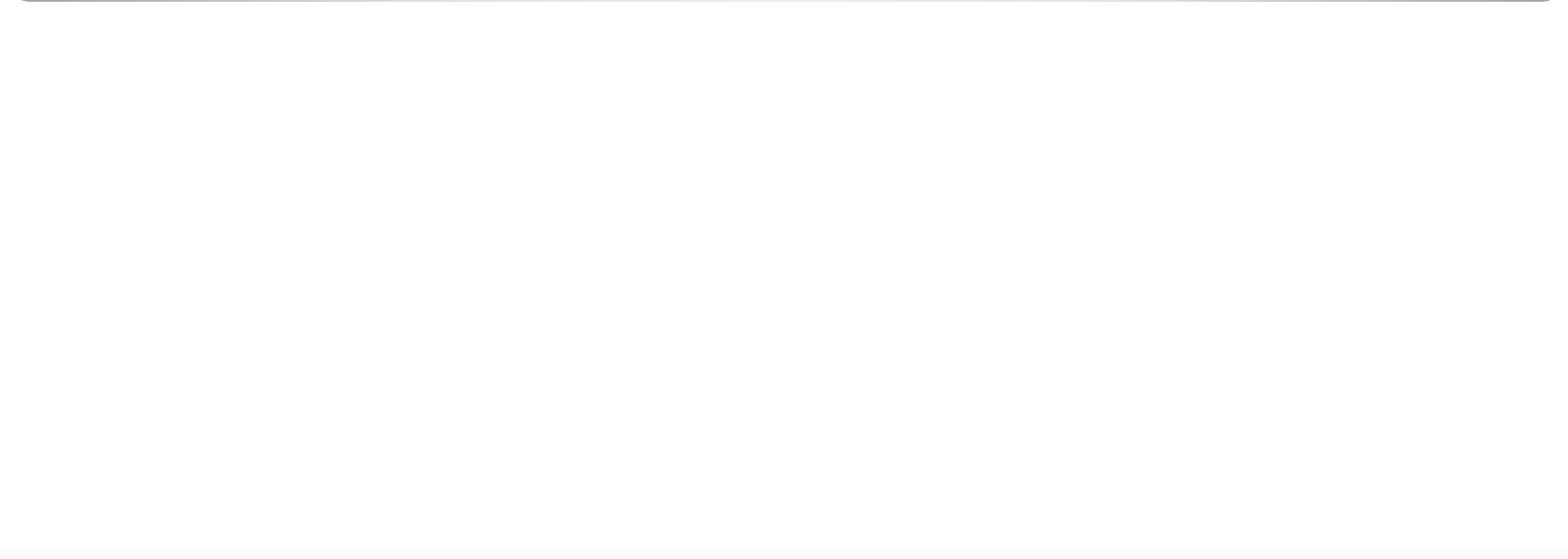
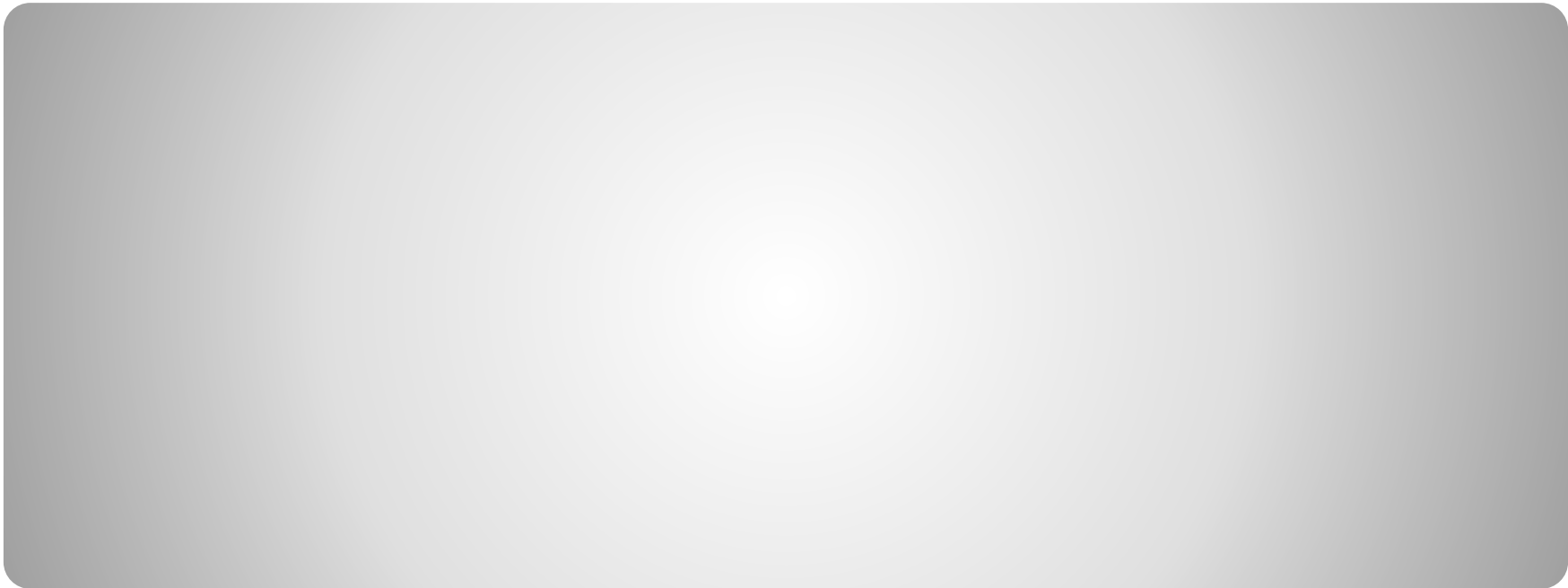
- Напряжение напыления – 600В;

- Время напыления – 60 минут;

- Расстояние от магнетрона до подложки – 60 мм.;



## Напыление пленок



$I=100$  мА,  $p=2 \cdot 10^{-2}$  Па,  $V=160$  см<sup>3</sup> (50% O<sub>2</sub>/50% Ar)  
первый магнетрон

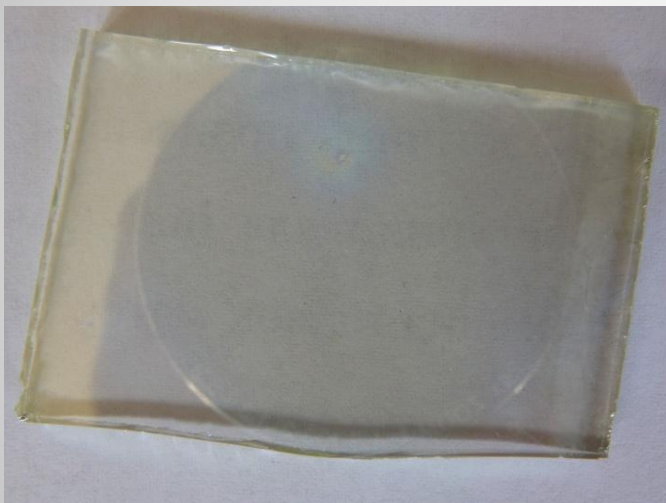


Толщина нанесенной пленки составила 147нм.

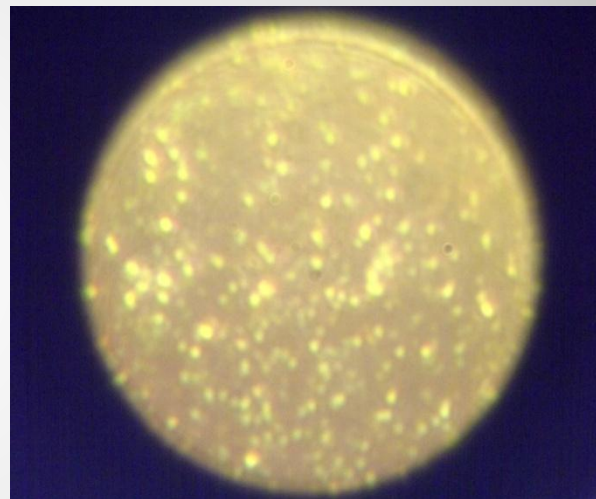
**Первое напыление**



$I=140$  мА,  $p=1 \cdot 10^{-2}$  Па,  $V=80$  см<sup>3</sup> (66% O<sub>2</sub>/33% Ar)  
первый магнетрон



Пленка

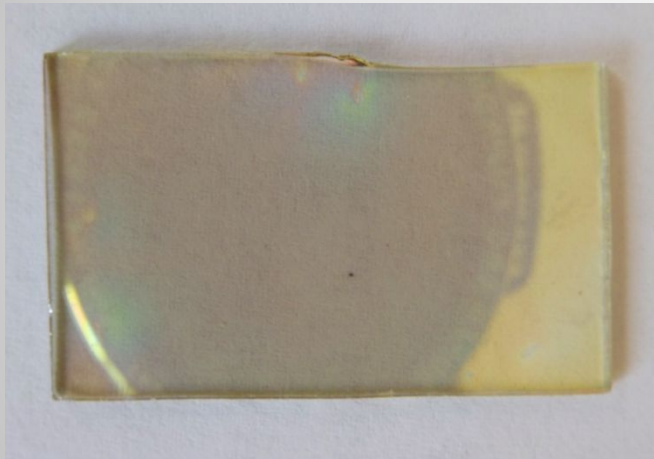


Микроструктура

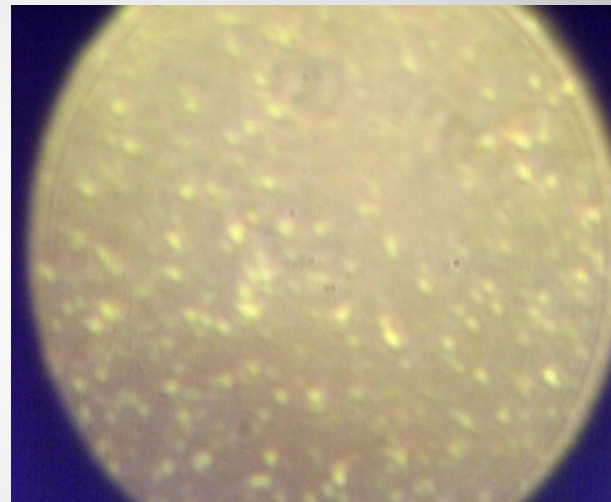
Толщина нанесенной пленки составила 272 нм.

**Второе напыление**

$I=140$  мА,  $p=1 \cdot 10^{-2}$  Па,  $V=80$  см<sup>3</sup> (50% O<sub>2</sub>/50% Ar)  
второй магнетрон



Пленка



Микроструктура

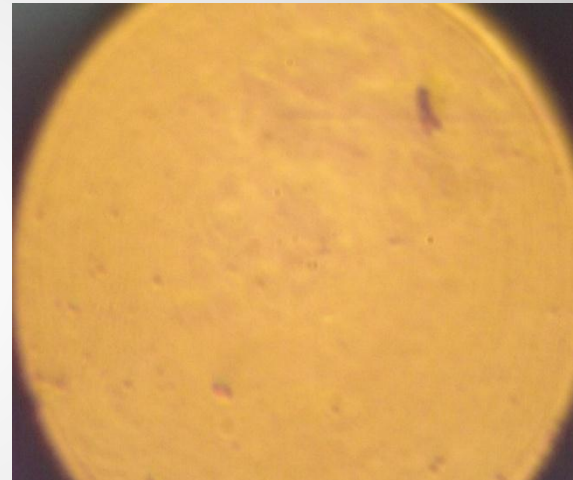
Толщина нанесенной пленки составила 422 нм.

**Третье напыление**

$I=140$  мА,  $p=2,5 \cdot 10^{-2}$  Па,  $V=160$  см<sup>3</sup> (50% O<sub>2</sub>/50% Ar)  
второй магнетрон



Пленка



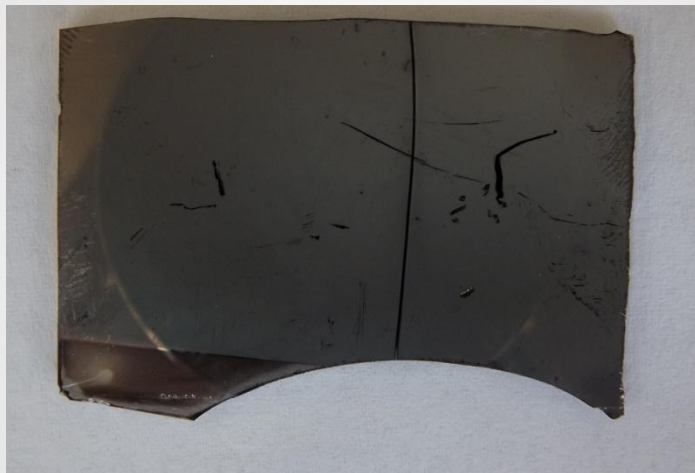
Микроструктура

Толщина нанесенной пленки составила 343 нм.

**Четвертое напыление**



Напыление чистого ванадия  
 $I=140$  мА,  $p=2 \cdot 10^{-2}$  Па,  $V=80$  см<sup>3</sup> (100% Ar)  
второй магнетрон



Пленка с нанесенными контактами

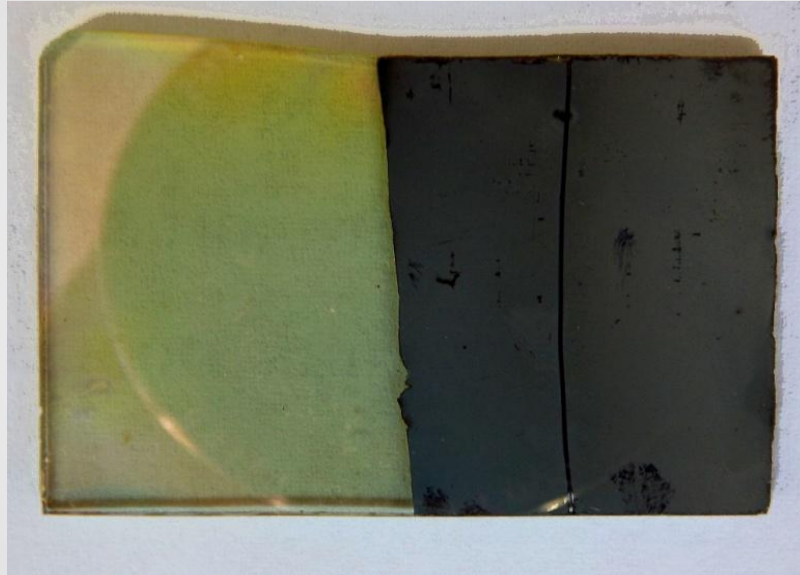
Толщина нанесенной пленки составила 241 нм.

**Пятое напыление**



Со второго напыления на одну и ту же пленку наносились слои получаемого оксида.

Итоговая толщина составила 1023 нм.



на пленку были нанесены электроды для исследования электрофизических свойств

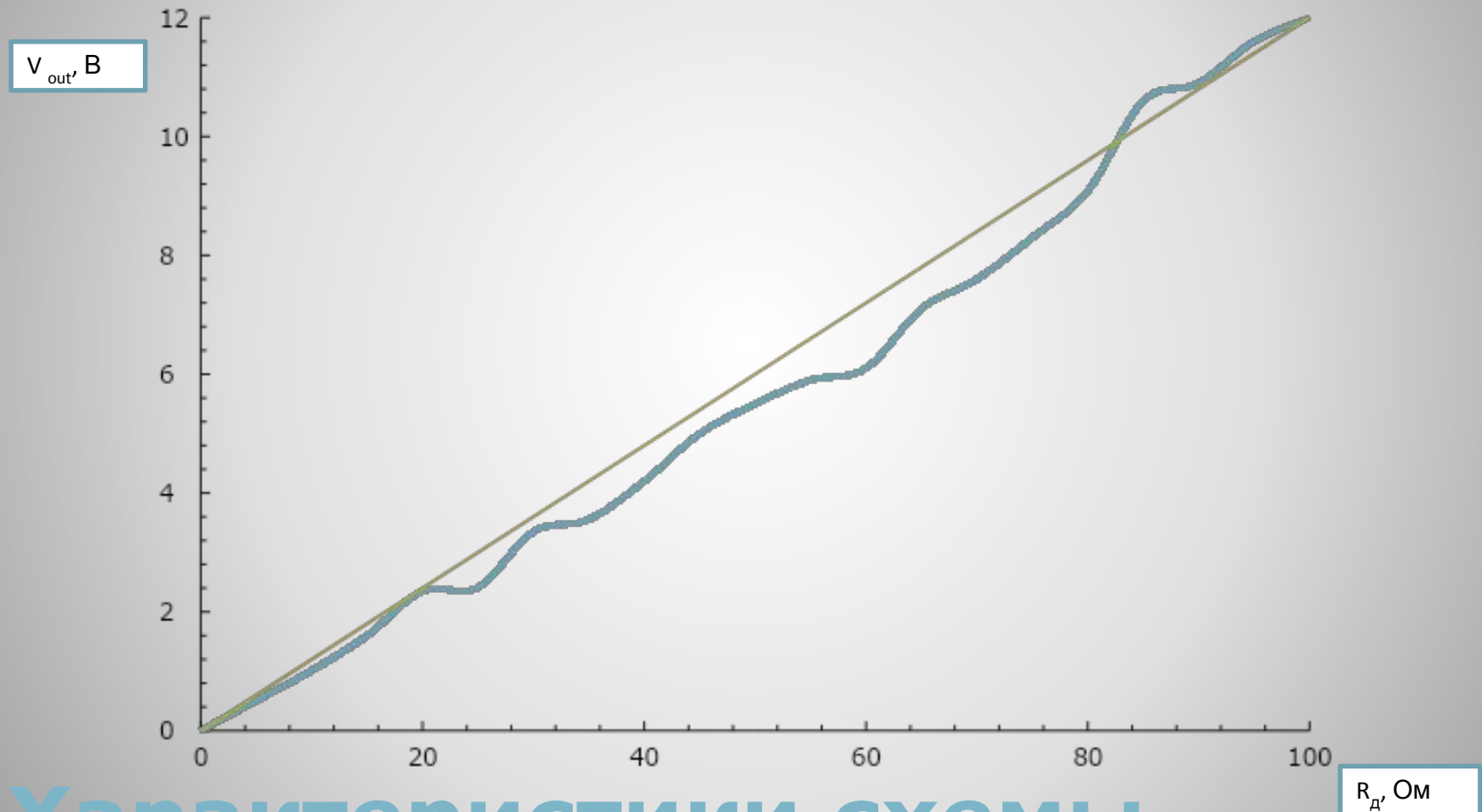
**Трехслойная пленка**



# Исследовательская часть

Раздел 4

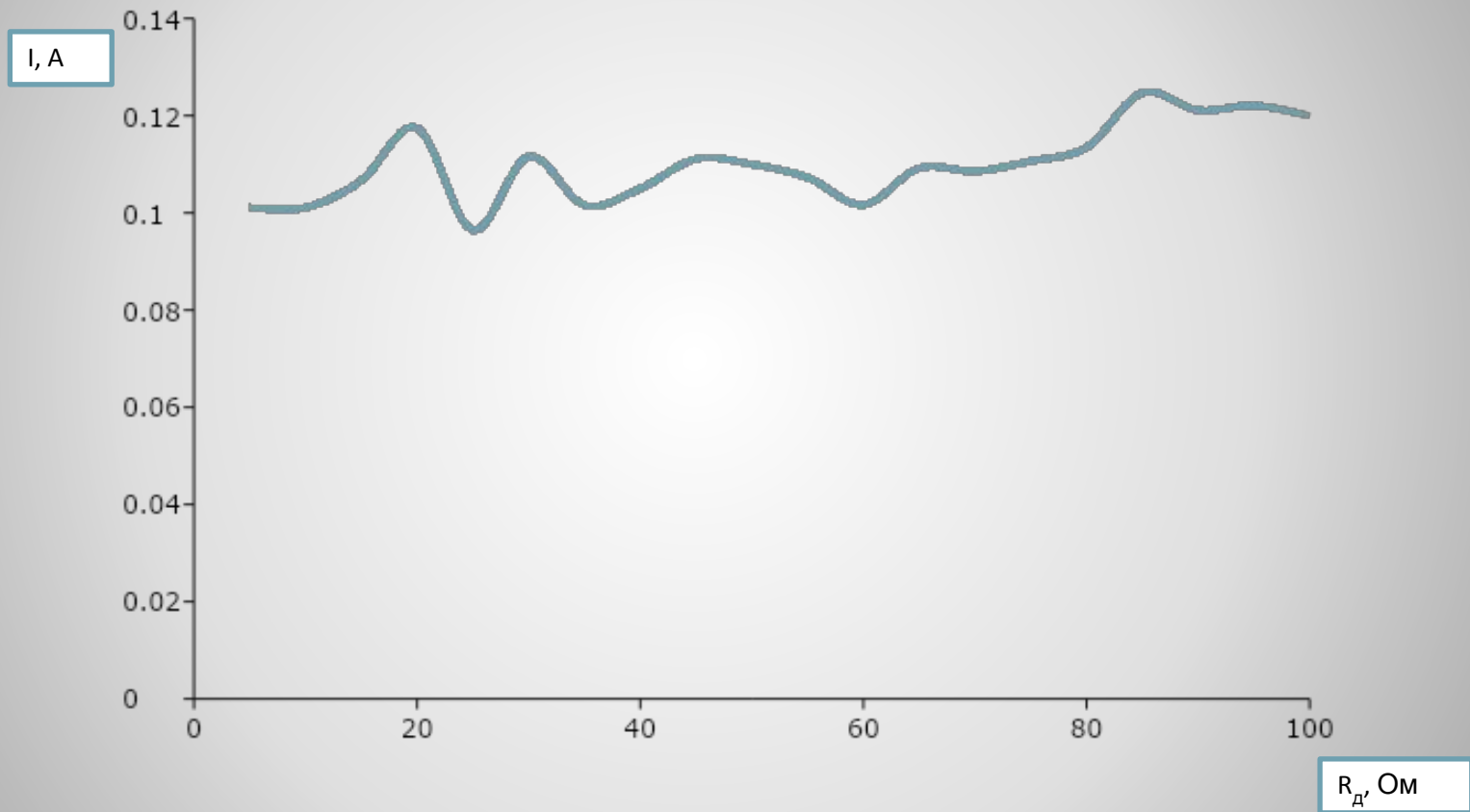
# Функция зависимости напряжения на датчике давления от его сопротивления



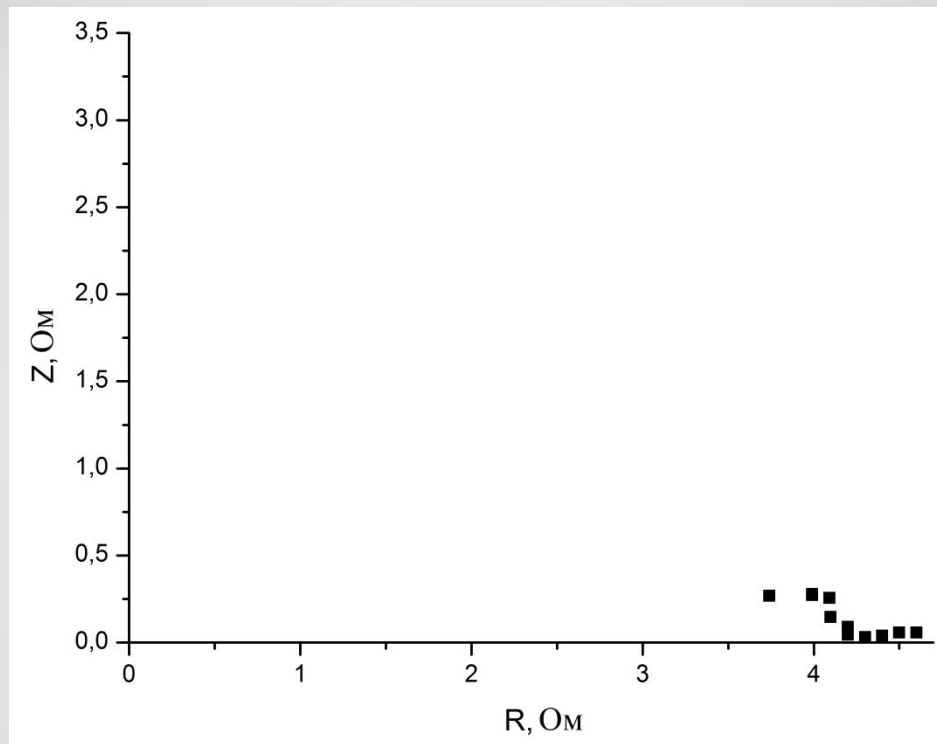
Характеристики схемы



## Функция зависимости тока датчика давления от его сопротивления

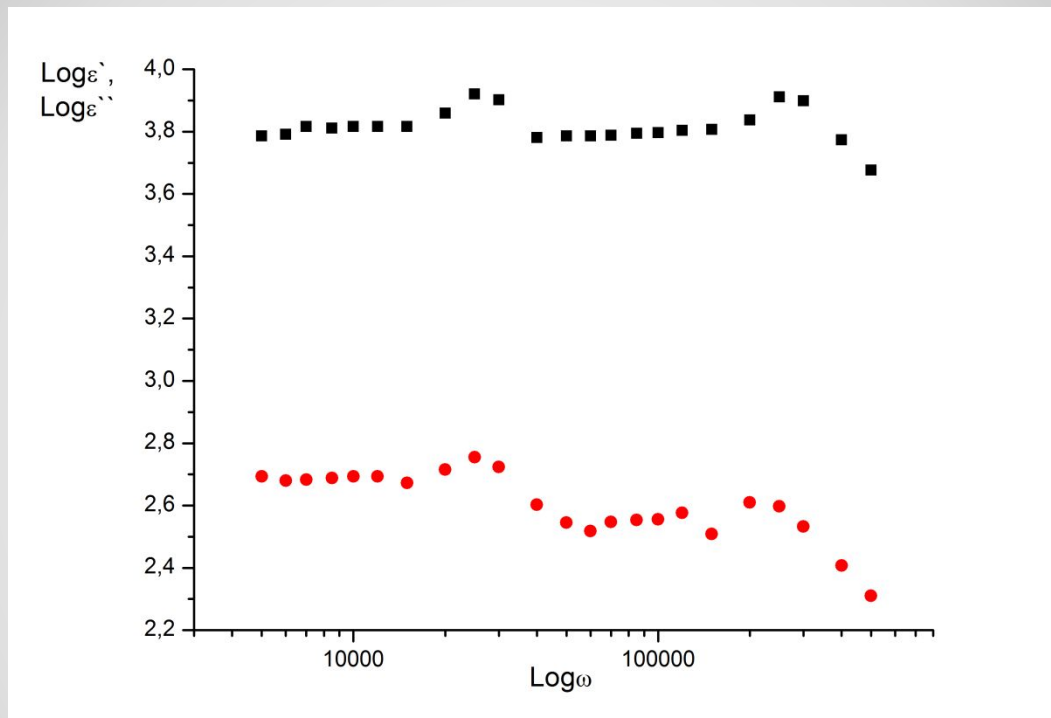


**Характеристики схемы**



Зависимость волнового сопротивления  $Z$  от сопротивления пленки  $R$

## Характеристики ванадия



Частотная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости

## Характеристики оксида



В ходе дипломной работы мною были получены следующие результаты:

- сконструирован прибор для измерения давления в рабочем объеме ВУП-5;
- проведено напыление пленок оксида ванадия в разных режимах работы магнетронной приставки;
- в рабочий объем установлен новый магнетрон;

## Выводы

**Спасибо за  
внимание!**

