

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИТМО”
Факультет ПИиКТ



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

ОТЧЁТ

По предмету: Метрология стандартизация и сертификация
По лабораторной работе №4
“Выбор средства измерений для контроля работы технологической
установки”
Вариант: 3

Студенты:
Андрейченко Леонид Вадимович
Степанов Михаил Алексеевич
Группа Р34301

Преподаватель:
Рассади́на Анна Александровна

Санкт-Петербург
2023

1. Цель работы

Ознакомиться с критериями выбора средства измерения (далее датчика) для контроля технологических процессов изготовления радиоэлектронных средств (РЭС); обосновать выбор датчика для контроля параметров технологического процесса (давления и температуры) в установках термического вакуумного напыления и печи для термического оксидирования.

2. Выполнение работы

Согласно варианту необходимо выбрать датчик давления в подколпачном устройстве установки термического вакуумного напыления, применяемый для контроля откачки давления от 10^{-1} Па до 10^{-4} Па.

2.1. Диапазон измеряемых значений

Указанный по варианту диапазон характеризует технологию высоко вакуума, поэтому для точности будем использовать датчики предназначенные для этой технологии от 10^{-1} Па до 10^{-5} Па.

2.2. Найденная рекламная информация

[Активный датчик Leybold PENNINGVAC PTR 90](#)



[Широкодиапазонный вакуумный датчик с горячим катодом ERSTEVAK MTH10D со встроенным дисплеем](#)



[PFEIFFER IKR 050 COLD CATHODE GAUGE HEAD, COAXIAL, DN 25 ISO-KF, PTR18500](#)



2.3. Описание принципа измерений выбранного параметра

Терморезистивные датчики давления работают на основе изменения сопротивления материала под воздействием давления. Они содержат нагретый элемент, обычно представляющий собой нить или мембрану, которые изменяют свою температуру в зависимости от окружающего давления.

Ионизационные датчики давления (иногда также называемые ионизационными манометрами) работают на основе измерения проводимости газа в вакуумной среде. Они преобразуют давление в изменения в проводимости газа для определения величины давления.

2.4. Заполнение таблиц «Данные о метрологических, эксплуатационных и экономических характеристиках средств измерений»

2.4.1. Активный датчик Leybold PENNINGVAC PTR 90

Тип средства измерения	Датчик давления
Критерии выбора	
1. Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	5×10^{-9} - 1000 мБар
Градуировочная характеристика	Принцип работы заключается в создании ионизирующего газа в измерительном пространстве и измерении его проводимости. Когда давление изменяется, меняется концентрация ионов в газе, что в свою очередь влияет на его электрическую проводимость. Датчик измеряет эту проводимость и использует данные для определения величины давления.
Многозначная мера	преобразование из мВ к Па
Множитель к шкале	x 1
Цена деления	Равномерная, 10^{-9}
Вид выходного кода	1.0 e-7
Число разрядов кода	3
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	10^{-9} мБар
Характеристика систематической составляющей Δ_s погрешности средства измерения	Некорректная калибровка: Одним из основных источников систематической погрешности является неправильная калибровка датчика. Если датчик не был должным образом откалиброван при производстве или в процессе использования, это может вызвать постоянную погрешность в измерениях. Неисправности в электронике или схеме

	<p>обработки данных: Проблемы с электроникой датчика или схемой обработки данных могут также привести к систематической погрешности. Это может быть вызвано, например, ошибками в измерительных схемах, неправильными коэффициентами усиления, смещением нуля и т.д.</p> <p>Влияние температурных факторов: Изменения температуры могут вызвать постоянное смещение в показаниях датчика. Особенно это может быть важно для ионизированных датчиков, чувствительных к температуре.</p> <p>Влияние окружающей среды: Факторы окружающей среды, такие как влажность, агрессивные газы или другие внешние условия, могут оказывать влияние на работу датчика и вызывать постоянную систематическую погрешность.</p> <p>Устаревшие компоненты или изношенность: Время от времени устаревшие компоненты или изношенность датчика могут вызвать систематическую погрешность.</p>
Характеристика случайной составляющей погрешности	Для данного датчика может быть вызвана шумом в электронике датчика, флуктуациями температуры, нестабильностью электрических компонентов или изменениями в окружающей среде.
Погрешность от гистерезиса	Может быть вызвана из-за механического напряжения, инертности газа
Характеристика погрешности средства измерения	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-3}$
Класс точности средства измерения	10
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	<p>Ионизированные датчики давления обычно обладают высокой чувствительностью к изменениям давления в окружающей среде. Однако, помимо давления, на чувствительность таких датчиков могут влиять различные факторы:</p> <p>Температура: Изменения температуры</p>

	<p>могут оказывать существенное влияние на чувствительность ионизированных датчиков давления. Некоторые датчики обладают температурной компенсацией для минимизации этого воздействия.</p> <p>Влажность: Некоторые датчики чувствительны к влажности в окружающей среде, что может вызвать изменение их характеристик.</p> <p>Тип газа: Разные газы могут вести себя по-разному в ионизированных датчиках. Чувствительность может отличаться в зависимости от состава газовой среды.</p>
Динамические характеристики средства измерения	При анализе динамических характеристик стоит учитывать такие факторы как время отклика.
Характеристики свойств средства измерения	В зависимости от измеряемого газа, могут меняться показатели прибора
Эксплуатационные характеристики	
Климатические условия эксплуатации средства измерения	0 to 40 °C, IP 40
Автономное или э/питание от сети общего пользования	Автономное, DC 9-30 V
Габариты, масса, сочленение с ПК	90x30x45, масса - 321 г, rs232
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтпригодность	Техническое обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра и его метрологической поверки. Ремонт датчика при повреждении невозможен. Ремонт дисплея возможен.
Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации, т.к. проста в эксплуатации
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Зависит от настройки частоты экрана. Частота канала ограничена 115000 передач в секунду.
Стоимость измерений	150000 рублей
Ресурс работы средства измерения	до 5500 часов

2.4.2 Широкодиапазонный вакуумный датчик с горячим катодом ERSTEVAK MTH10D со встроенным дисплеем

Тип средства измерения	Датчик давления
Критерии выбора	
2. Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	$1000 - 5 \cdot 10^{-10}$ мБар
Градуировочная характеристика	$R = R_0(1 + \alpha T)$ $dQ = -\lambda \frac{\Delta t}{\Delta n} dF$
Многозначная мера	преобразование из мВ к Па
Множитель к шкале	x 1
Цена деления	до 10^{-10}
Вид выходного кода	2.6 e-7
Число разрядов кода	3
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	10^{-10} мБар
Характеристика систематической составляющей Δs погрешности средства измерения	Включает систематическую погрешность измерителя напряжения и
Характеристика случайной составляющей погрешности	Зависит от физического состояния материала измерителя (чистота материала, точность спая контактов) и колебаний температуры в среде
Погрешность от гистерезиса	Может зависеть от нагрева устройства при измерении
Характеристика погрешности средства измерения	Погрешность на начальном этапе будет равна погрешности в паспорте, но, со временем, из-за коррозии может измениться.
Класс точности средства измерения	10
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	Терморезистивные датчики давления обычно обладают высокой чувствительностью к изменениям давления в окружающей среде. Однако, помимо давления, на чувствительность

	<p>таких датчиков могут влиять различные факторы:</p> <p>Температура: Изменения температуры могут оказывать существенное влияние на чувствительность ионизированных датчиков давления. Некоторые датчики обладают температурной компенсацией для минимизации этого воздействия.</p> <p>Влажность: Некоторые датчики чувствительны к влажности в окружающей среде, что может вызвать изменение их характеристик.</p> <p>Тип газа: Разные газы могут вести себя по-разному в ионизированных датчиках. Чувствительность может отличаться в зависимости от состава газовой среды.</p>
Динамические характеристики средства измерения	На измерения будет влиять тепловое воздействие тока и время отклика.
Характеристики свойств средства измерения	В зависимости от состава газа может измениться показания датчика или произойти преждевременная коррозия датчика.
Эксплуатационные характеристики	
Климатические условия эксплуатации средства измерения	Рабочая температура, От +5...+60 °С, IP 40
Автономное или э/питание от сети общего пользования	0 – 10В DC
Габариты, масса, сочленение с ПК	555 г, 48 x 69 x 146 мм, RS485: от 9,6 кБод до 115 кБод
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтпригодность	Техническое обслуживание датчика при эксплуатации состоит из технического осмотра и его проверки. ремонт табло возможен, остальная часть неремонтпригодна.
Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации.
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Зависит от настройки частоты экрана. Частота канала ограничена 9600 передач в секунду.
Стоимость измерений	120000 рублей

Ресурс работы средства измерения	до 4000 часов
----------------------------------	---------------

2.4.3. PFEIFFER IKR 050 COLD CATHODE GAUGE HEAD, COAXIAL, DN 25 ISO-KF, PTR18500

Тип средства измерения	Датчик давления
Критерии выбора	
3. Метрологические характеристики	
Диапазон измеряемых величин	1000 - 5 x 10 ⁻⁹ мбар
Градуировочная характеристика	$R = R_0(1 + \alpha T)$ $dQ = -\lambda \frac{\Delta t}{\Delta n} dF$
Многозначная мера	преобразование из мВ к Па
Множитель к шкале	1
Цена деления	до 10 ⁻⁹
Вид выходного кода	1.0 е-7
Число разрядов кода	3
Цена единицы наименьшего разряда кода средства измерения, предназначенных для выдачи результатов в цифровом коде	10 ⁻⁹
Характеристика систематической составляющей Δ_s погрешности средства измерения	Некорректная калибровка: Если датчик не был правильно откалиброван на заводе, температурные дрейфы среды эксплуатации.
Характеристика случайной составляющей погрешности	Составляющая погрешности может иметь несколько источников. Самые распространенные: Шумы измерительной схемы, неоднородности материалов, тепловые флуктуации, нестабильность измерительной среды
Погрешность от гистерезиса	Может зависеть от нагрева устройства при измерении
Характеристика погрешности средства измерения	В зависимости от точности измерений 1000 - 10 мбар: < 30 % от показания 10 - 2 x 10 ⁻³ мбар: < 10 % от показания

	2 x 10 ⁻³ мбар - 1 x 10 ⁻⁸ мбар: < 25% от показания
Класс точности средства измерения	10
Характеристики чувствительности средства измерения к влияющим величинам	<p>Терморезистивные датчики давления обычно обладают высокой чувствительностью к изменениям давления в окружающей среде. Однако, помимо давления, на чувствительность таких датчиков могут влиять различные факторы:</p> <p>Температура: Изменения температуры могут оказывать существенное влияние на чувствительность ионизированных датчиков давления. Некоторые датчики обладают температурной компенсацией для минимизации этого воздействия.</p> <p>Влажность: Некоторые датчики чувствительны к влажности в окружающей среде, что может вызвать изменение их характеристик.</p> <p>Тип газа: Разные газы могут вести себя по-разному в ионизированных датчиках. Чувствительность может отличаться в зависимости от состава газовой среды.</p>
Динамические характеристики средства измерения	На измерения будет влиять тепловое воздействие тока и время отклика.
Характеристики свойств средства измерения	В зависимости от состава газа может измениться показания датчика или произойти преждевременная коррозия датчика.
Эксплуатационные характеристики	
Климатические условия эксплуатации средства измерения	+5..+60 С
Автономное или э/питание от сети общего пользования	20 - 30 В постоянный ток
Габариты, масса, сочленение с ПК	600 г, 91,25 x 63,5 x 63,5 мм RS485
Простота эксплуатации средства измерения, вспомогательного оборудования, в том числе их ремонтопригодность	Ремонт возможен, замена всех составляющих.

Квалификация оператора	Не требует высокой квалификации.
Экономические характеристики	
Число измерений в единицу времени	Зависит от настройки частоты экрана. Обновление не чаще 200 мс.
Стоимость измерений	1300\$
Ресурс работы средства измерения	до 4500 часов

2.5. Требования к средству измерения выбранного параметра

Диапазон необходимого измеряемого давления от 10^{-1} Па до 10^{-5} Па. Должна быть возможность работать в среде с разнообразными газами используемыми в данной технологии напыления.

2.6. Итоговый выбор

Исходя из требований предъявляемых к средству измерения мы пришли к выводу, что лучшим вариантом будет использования варианта 2 - Широкодиапазонный вакуумный датчик с горячим катодом ERSTEVAK MTH10D со встроенным дисплеем. У всех устройств достаточные границы измерения, но в отличие от 3 датчика имеет экранчик и не требует интеграции с микроконтроллером, и в отличие от первого имеет более низкий входной диапазон напряжений.