

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет електроніки**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №4

**ОКИСЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПЛАЗМІ
НВЧ РОЗРЯДУ**

**3 КУРСУ
«ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ»
Для студентів спеціальності «Електронні прилади та пристрої»**

Київ 2014

Мета роботи: вивчити особливості газового розряду НВЧ і можливість його використання для плазмохімічних, технологічних процесів.

Короткі теоретичні відомості

Коли в газі створюють електричне поле з напруженістю, достатньої для пробую, запалюється газовий розряд. При використанні поля надвисоких частот електрони встигають пройти невеликий шлях до того, як поле змінить напрямок. Тому вони не усуваються електричним полем НВЧ із області розряду, і на характеристики розряду не впливають процеси, що відбуваються на стінках газорозрядної камери. У цьому полягають основні відмінності високочастотних розрядів від розрядів на постійному струмі.

У розрядах НВЧ основним процесом, що забезпечує їхнє існування є іонізація атомів і молекул газу електронним ударом, тому що електрони більш ефективно прискорюються електричним полем, ніж іони. Однак простий підрахунок енергії коливального руху електронів у полях НВЧ при напруженості електричного пробую газу (0,2...2 кВ/см) показує, що ця енергія складає близько 10^{-3} еВ, яка набагато менше граничної енергії для іонізації, що становила 10 еВ. Це пояснюється наступним.

Електрон може здобувати енергію від НВЧ поля вище порога іонізації в тому випадку, якщо він приймає участь в зіткненнях з газовими частками. При кожному зіткненні вектор швидкості електрона хаотично змінює свій напрямок, а енергія напрямленого руху перетворюється в енергію хаотичного руху, тобто в теплову (графічне пояснення розміщене в додатку А). При енергії електронів менше порога іонізації зіткнення електронів з газовими частками носять пружний характер з малою втратою енергії. В змінному електричному полі для ефективного перетворення напрямленого руху в хаотичний необхідно, щоб частота зіткнень електронів з газовими частинками ν була порядку кругової частоти НВЧ коливань ω ($\nu \sim \omega$). При $\nu (> \text{чи } <) \omega$ напруженість поля необхідна для пробую зростає. Коли $\nu \approx \omega$ електрон коливається в змінному електричному полі й досить часто зіштовхується з газовими частками, поступово набираючи енергію; необхідну для іонізації газу.

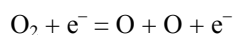
Газовий розряд відбувається тоді, коли кількість електронів, що виникають у результаті іонізації, дорівнює кількості електронів, що втрачаються в результаті рекомбінації, прилипання або дифузії до стінок.

У плазмі газового розряду НВЧ, як, втім, і в інших видах розрядів, утворюються різні енергетично й хімічно активні частки. Їхнє утворення відбувається в наслідок електронного удару, при непружних зіткненнях між важкими частинками, під дією ультрафіолетового випромінювання плазми.

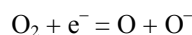
У газорозрядній плазмі енергія електронів значно перевищує енергію важких частинок, тому швидкості процесів збудження газових часток, їх дисоціація й іонізація в основному визначаються електронним ударом.

У кисневій плазмі відбуваються наступні основні види взаємодій електронів з молекулярним киснем:

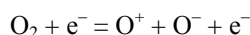
а) дисоціація молекулярного кисню



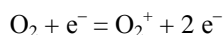
б) утворення негативних іонів шляхом дисоціації з прилипанням електрона



в) дисоціація молекулярного кисню з утворенням іонів



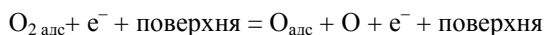
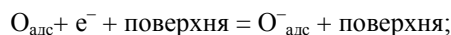
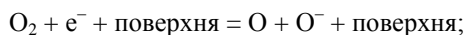
г) пряма іонізація молекулярного кисню



У всіх розглянутих реакціях утворені важкі частинки можуть перебувати в збудженому стані.

Таким чином, взаємодія електронів з молекулярним киснем призводить до утворення широкого кола хімічно активних частинок: атомарного кисню, атомарних і молекулярних іонів кисню, збуджених атомів і іонів кисню.

На поверхні оброблюваного матеріалу також відбувається активування кисню, але останній при цьому перебуває в адсорбованому стані. Як приклад можна привести наступні реакції:



Взаємодія активних кисневих частинок з органічними матеріалами призводить до утворення летючих окису та двоокису вуглецю, і таким чином, до розкладання органічних сполук, які в основному складаються з вуглецю, водню й кисню.

На процес окислювання органічних матеріалів значний вплив робить безпосередній контакт матеріалу з газорозрядною плазмою, при якому оброблюваний матеріал піддається впливу ультрафіолетового випромінювання й бомбардування електронами. Це призводить до прискореного протікання реакції.

Хімічна реакція окислювання протікає тільки тоді, коли забезпечується безперервна доставка хімічно активних частинок до оброблюваної поверхні й відбувається безперервний відвід продуктів реакції від поверхні. Дані вимоги легко виконуються в газових проточних системах.

Використання газового розряду НВЧ у кисні або повітрі (у якому досить велика концентрація кисню) для окислювання органічних матеріалів дозволяє знизити температуру обробки (не потрібне нагрівання для активації процесу), виключити рідинну хімічну обробку, скоротити тривалість процесу, легко автоматизувати процес.

Процес окислювання може відбуватися й в інших типах газових розрядів: тліючому, дуговому, іскровому, з розжареним катодом і високочастотному (частота 13,56...40,6 МГц). Але розряд НВЧ більш зручний для реалізації плазмохімічного технологічного процесу й забезпечує більш високий рівень активування частинок.

Процес окислювання органічних матеріалів у газорозрядній плазмі можна використовувати для очищення підкладок перед нанесенням яких-небудь покриттів з метою поліпшення адгезії. Причому, якщо матеріал підкладок складається з оксидів, то киснева плазма не робить на нього значного впливу.

У технології мікроелектронних приладів широко застосовується метод фотолітографії, заснований на створенні на поверхні підкладок полімерної фото резистивної маски. Вона забезпечує захист ділянок поверхні підкладки під час травлення.

Після травлення підкладки маску варто видалити. Традиційна технологія заснована на розчиненні фоторезисту в рідких середовищах. методом плазмового окислення, який досліджується в даній лабораторній роботі, є більш екологічно чистий при видаленні фоторезисту, тому йому потрібно віддавати перевагу.

Процес окислювання можна використовувати для створення діелектричних шарів з оксидів, наприклад: у МОН - структурах і конденсаторах, для травлення матеріалів, що утворюють летючі сполуки з киснем.

Опис лабораторної установки

Схема лабораторної установки показана на рис. 2.1. Всередині робочої камери 1 печі "Електроніка" розміщений реактор 2, що герметизується за допомогою ковпака 3 з кварцового скла або "Пирекса", встановленого на гумовому ущільненні 4. Внутрішній об'єм реактора близько 1 дм³. Ковпак встановлюють після розміщення в реакторі підкладки 5, на яку нанесена речовина, що окисляється у НВЧ розряді. Як підкладку можна використовувати пластину з напівпровідника, наприклад, з кремнію, ситалу, скла. Ковпак притискається до гумового ущільнення силою атмосферного тиску. Це спрощує конструкцію й забезпечує одержання мінімального тиску повітря в реакторі близько 0,5 кПа. Для регулювання тиску повітря в реакторі використовується натікач "Рег. тиску" 6, що з'єднаний з реактором патрубком 7, що має отвори по твірній, для рівномірного напускання повітря по висоті реактора. Газ із реактора відкачується за допомогою вакуумного механічного насоса типу НВР-5Д, вихлоп якого приєднаний до витяжної вентиляції.

Для виміру тиску повітря застосовується газорозрядний деформаційний вакуумметр типу ВДГ-1 з механотронним манометричним перетворювачем 9 коронного розряду типу ПМДГ-1 (МКР-1).

Генератором НВЧ енергії є магнетрон 10, що входить до складу печі "Електроніка", потужність НВЧ коливань – близько 500 Вт, частота – 2,45 ГГц. Для більше рівномірного розподілу електромагнітного випромінювання в робочій камері у верхній її частині розміщений вентилятор 11 з металевими лопастями, що виконує також роль дисектора-відбивача електромагнітної хвилі. Система електричного блокування й конструкція дверцят робочої камери й реактора перешкоджають виходу НВЧ випромінювання назовні.

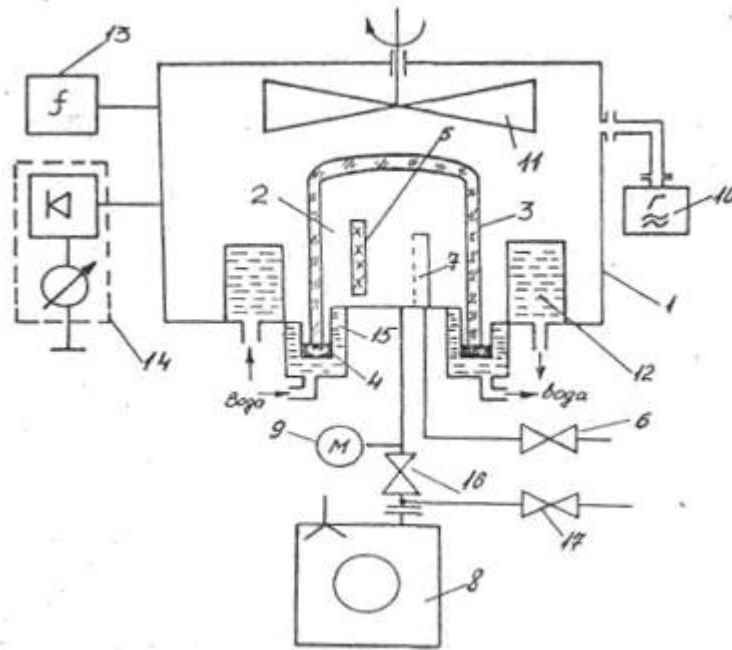


Рис. 2.1. Схема лабораторної установки: 1 – робоча камера; 2 – реактор; 3 – ковпак; 4 – гумове ущільнення; 5 – підкладка; 6 – натікач для регулювання тиску; 7 – патрубок для напуску газу в реактор; 8 – механічний насос; 9 – манометричний перетворювач ПМДГ-1; 10 – магнетрон; 11 – вентилятор-дисектор; 12 – водяний поглинач енергії; 13 – частотомір; 14 – індикатор потужності; 15 – щілина; 16 – вакуумний вентиль; 17 – електромагнітний натікач для напуску повітря в насос

Для запобігання виходу магнетрона з ладу через відбиття частини енергії назад у магнетрон у камері розташовується водяний поглинач енергії 12. Для виміру параметрів електромагнітного поля в камері використовуються частотомір 13 і індикатор НВЧ потужності 14.

Під час підтримки газового розряду стінки реактора, інтенсивно розігріваються через виділення енергії рекомбінації частинок, утворених у результаті дисоціації молекулярних газів, що входять до складу повітря (у першу чергу азоту й кисню). Для запобігання перегріву металевих деталей реактора й гумового ущільнення використовується проточне водяне охолодження. Крім того, для захисту гуми від впливу газового розряду ущільнення розміщене в глибокій вузькій щілині 15, відстань між стінками щілини і скляного ковпака становить біля 1 мм.

Для відключення насоса від реактора передбачений вентиль "Швидкість відкачки" 16.

Система керування роботою вакуумного насоса містить всі необхідні елементи: реле контролю фаз типу ЕЛ=10; автоматичний вимикач АЕ-2026; електромагнітний пускач ПМЛ; теплове реле РТЛ; електромагнітний натікач 17 для напуску повітря в насос після його вимкнення. Органи керування роботою установки розміщені на передній панелі. Крім того, на ній розташовані транспаранти, що світяться, індуючі правильність фазування мережі живлення, ввімкнення насоса й водяного охолодження.

Для керування роботою НВЧ печі використовуються елементи, розташовані на її передній панелі: кнопки ввімкнення печі й підсвічування в робочій камері, реле часу.

Конструктивно лабораторна установка складається з настільного блоку, що містить НВЧ піч "Електроніку" з системою керування, і вакуумного насоса, розміщеного під лабораторним столом.

На рис. 2.2. показаний зовнішній вигляд плазмохімічної установки, де: А – ручка дверцят робочої камери; Б – кнопка ввімкнення магнетрона "Нагрівання"; В – кнопка ввімкнення підсвічування камери "Світло"; Г – мережевий вмикач (автоматичний вимикач); Д – лампочка індикація ввімкнення мережі; Е – попереджуваче табло; З – табло, що сигналізує про порушення мережі живлення; Ж – табло, що сигналізує про припинення подачі води; И – кнопка ввімкнення насоса; К – кнопка вимкнення насоса й ввімкнення електромагнітного натікача для напуску повітря в насос; Л – регулятор напуску газу в реактор; М – рукоятка вентиля "Швидкість відкачки"; Н – реле часу.

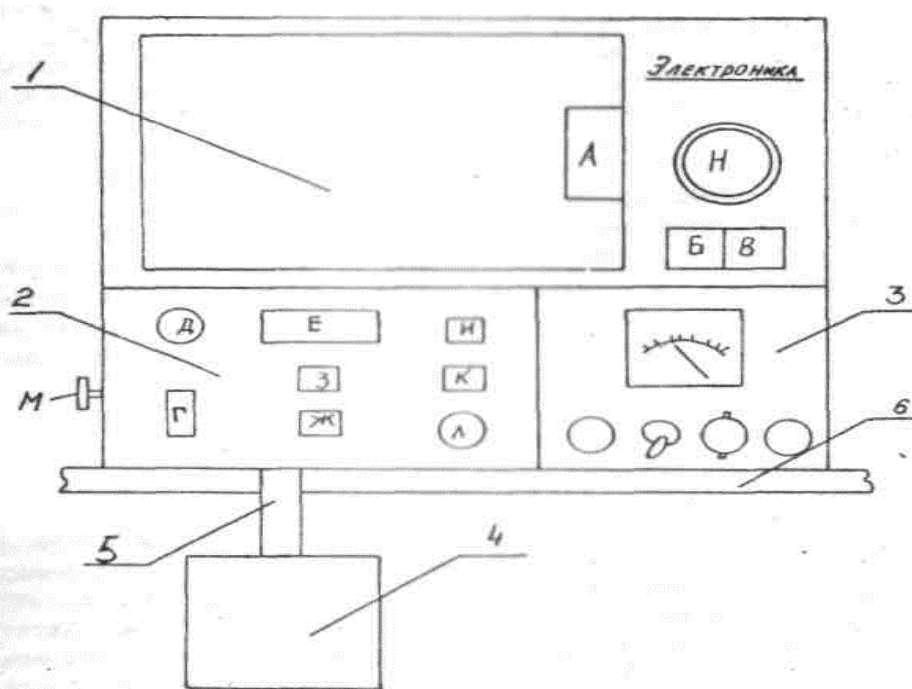


Рис. 2.2. Плазмохімічна установка: 1 – піч "Електроніка"; 2 – блок керування й захисту; 3 – блок виміру тиску ВДГ – 1; 4 – вакуумний насос; 5 – вакуумопровід, 6 – стіл установки

Інструкція для експлуатації установки й порядок виконання роботи

2.1. Загальні вказівки

Плазмохімічна установка призначена для проведення лабораторних робіт з окислювання матеріалів у плазмі НВЧ-розряду. Вона також може бути використана для науково-дослідних робіт з вивчення НВЧ-розряду низького тиску й технологічних процесів на його основі.

Дана установка являє собою складний пристрій, тому необхідна ретельна підготовка до проведення робіт і дотримання правил експлуатації й техніки безпеки під час процесів окислювання. У випадку виявлення несправності перед початком або в процесі експлуатації (якщо буде відсутня подача води або обрив однієї з фаз, про що свідчить загоряння відповідного табла на передній панелі) необхідно відключити установку від мережі й сповістити про це лаборантові.

2.2. Вимоги техніки безпеки

Перед підключенням установки до мережі і її ввімкненням необхідно попередньо перевірити заземлення корпусу. Для заземлення використовуються клемма "Заземлення" на задній панелі.

Перед ввімкненням вакуумметра ВДГ-1 перемикач "Межі" повинен бути встановлений у положення "Відкл."

У камері установки обов'язково повинен перебувати водяний поглинач НВЧ-енергії. При його відсутності може вийти з ладу магнетрон через виникнення в ньому стоячої хвилі внаслідок відбиття НВЧ-хвилі від камери.

Категорично забороняється:

- а) вмикати піч при знятих кришках кожуха печі або у випадку ушкодження сітки двері або дна камери;
- б) відкривати двері камери при ввімкнених генераторі й вакуумному насосі;
- в) вмикати піч й виконувати відкачку газу, якщо установка не вимикається при нещільно прикритих дверях.

2.3. Підготовка установки до роботи

1. Перш ніж приступити до роботи, ознайомтесь з інструкціями з лабораторної роботи й експлуатації вакуумметра ВДГ-1 (додаток Б), огляньте установку, перевірте наявність заземлення. Вентиляційні отвори обшивки не повинні бути закриті іншими приладами. Перемикач "Межі" вакуумметра встановіть в положення "Відкл."

2. Відкрийте вентиль подачі води в установку, що розташований на трубопроводі поруч із установкою. Перевірте наявності водяного поглинача НВЧ-енергії в камері.

3. Вставте вилку кабелю живлення установки в мережу змінного трифазного струму напруги 380 В частотою 50 Гц і ввімкніть на передній панелі автоматичний вимикач "Мережа" (з лівої сторони установки), а також тумблер вакуумметра "Мережа" (із правої сторони).

4. Прогрійте установку протягом 5 хв.
5. Встановіть ручку "Швидкість відкачки" на бічній стінці в положення, що відповідає упору при обертанні проти годинникової стрілки.
6. Досліджувані зразки (пластини, що оброблюються) закріпіть вертикально в спеціальному тримачу реактора, поставте скляний ковпак у відповідну щілину підстави, при цьому ковпак не повинен торкатися металевих стінок щілини, й закрийте щільно двері печі. Для освітлення камери натисніть кнопку "Світло".

2.4. Порядок роботи з установкою

1. Для обробки пластин необхідно виконати вимоги п. 3.
2. Ввімкніть кнопку "Пуск" насоса. При цьому засвітиться лампочка в кнопці і табло "Камеру не відкривати. Небезпечно!", Встановіть необхідний тиск газу в реакторі. Для цього користуйтеся рукояткою "Регулювання тиску" і показаннями вакуумметра ВДГ-1. Вакуумметр установлювати перемикачем "Межі" у положення виміру з положення "Відкл" тільки після 20 сек. з відкачки, інакше буде зашкалювати стрілочний індикатор і він може погнутися.
3. Заведіть механічні годинники. Для цього поверніть ручку реле часу до упору за годинниковою стрілкою, а потім при обертанні у зворотньому напрямку встановіть стрілку на ручці напроти обраного розподілу шкали часу. Натисніть кнопку печі "Нагрівання". Про ввімкнення магнетрону свідчить шум від роботи вентилятора-диссектора.
4. Стежте за ходом протікання процесу через вікно дверцят. Для ввімкнення освітлення камери печі використовують кнопку "Світло". Під час процесу обробки стежте за показами вакуумметра. Для цього перемикач вакуумметра "Межі" переведіть із положення "Відкл" у положення, що забезпечує вимір тиску; після закінчення виміру перемикач установіть в положення "Відкл".
5. Після автоматичного відключення печі, що свідчить про закінчення процесу обробки, установіть перемикач "Межі" вакуумметра ВДГ-1 у положення "Відкл", потім вимкніть насос, натиснувши на кнопку "Вимк". При цьому засвітиться червона лампочка усередині кнопки, що сигналізує про необхідність напуску повітря в насос. Тримати кнопку потрібно доти, поки лампочка не згасне.
6. При необхідності можна припинити процес обробки в будь-який момент часу. Для цього варто повернути на себе ручку дверцят робочої камери, не відкриваючи дверцята, магнетрон відключиться.
7. Для того щоб вийняти пластини з реактора, відкрийте дверцята робочої камери, зніміть ковпак реактора й зніміть пластину. Дотримуйтесь обережності, тому що ковпак нагрівається до високої температури – користуйтеся теплозахисними рукавичками.
8. У випадку загоряння табло "Немає фази", "Немає води" або випадкового відкриття дверцят камери негайно перевести перемикач "Межі" вакуумметра в положення "Відкл", виключити магнетрон, насос і напустити в нього повітря.
9. Після закінчення процесу відключити установку, перекрити воду, очистити робочу камеру й реактор.

2.5. Програма виконання лабораторної роботи

Під час виконання лабораторної роботи вивчається процес очищення підкладок від масляних забруднень і видалення фоторезисту в плазмі безелектродного НВЧ-розряду в повітряній атмосфері.

1. Вивчити характеристики безелектродного НВЧ-розряду низького тиску. Для цього ввімкнути установку, не розміщуючи підкладки в реакторі. Визначити діапазон тисків, у якому підтримується НВЧ-розряд. Записати у звіті значення мінімального й максимального тисків діапазону.

Звернути увагу на просторову структуру розряду. Пояснити явища, що спостерігаються. Замалювати у звіті картину світіння розряду при різних тисках.

2. Помістити в реактор скляну підкладку, покриту шаром масла. Звернути увагу на зовнішній вигляд і зміну кольору світіння розряду при наявності підкладок. Провести кілька циклів окислювання (кожний на 1...2 хв) до повного видалення масла з поверхні скла. Потім вийняти підкладки з реактора.

Перевірити якість очищення підкладки від органічних забруднень методом розриву водяної плівки. Для цього опустити підкладку в склянку з водою й перевірити, як змочує вода її поверхню. Записати у звіті час очищення, результати перевірки якості, результати спостереження за рівномірністю очищення, тиск, при якому проводилось очищення.

3. Помістити в реактор підкладку з нанесеним шаром фоторезисту. Провести кілька циклів обробки (по 1 хв кожний) для визначення рівномірності видалення резиста з поверхні підкладки й час повного видалення резиста.

Дану частину роботи виконати з задубленим і незадубленим фоторезистом. Визначити, як впливає задублювання резиста на його стійкість до впливу газового розряду.

Результати спостережень та вимірів тисків, а також часу очищення записати у звіт.

4. Повторити попередній п.3 при 2-3 значеннях тиску газу в реакторі.

Отримані дані занести у звіт.

(Увага! Перед початком роботи кожен студент повинен мати протокол та бути теоретично підготовленим.)

Звіт повинен вмішувати:

1. Ціль роботи.
2. Порядок виконання роботи.
3. Рисунки базових схем та структурної схеми лабораторної плазмо-хімічної установки.
4. Висновки по роботі.

(Увага! Табличні данні, розрахунки, рисунки графіків, осцилограм, висновки повинні бути представлені в рукописному вигляді, без використання комп'ютерної та розмножувальної техніки.)

Контрольні питання

1. Відмінність плазмохімічних процесів від термічно активованих рівноважних хімічних процесів і обробки в рідких середовищах.
2. Основні області застосування плазмохімічних процесів і процесу окислювання.
3. Фоторезист і його хімічний склад.
4. Основні елементи плазмохімічних установок.
5. Особливості розрядів НВЧ. Чому вони можуть підтримуватися без електродів?
6. Конструкція установки для проведення лабораторної роботи.
7. Принцип дії газорозрядного деформаційного вакуумметра. Чому він більш кращий для плазмохімічних систем чим тепловий?
8. Пояснити, чому задублений фоторезист краще протистоїть дії газового розряду?
9. Хімічні реакції, що протікають при окислюванні органічних матеріалів у газовому середовищі, що містить кисень.

Графічне пояснення перетворення енергії напрямленого руху в енергію хаотичного руху

Доки вільний електрон не має достатньої енергії для іонізації, він пружно взаємодіє з газовими частинками, майже без втрат енергії. Тобто за законом збереження імпульсу – сума імпульсів до взаємодії дорівнює сумі імпульсів після взаємодії.

$$m_e v_e' + m_m v_m' = m_e v_e'' + m_m v_m''$$

де $m_e v_e'$, $m_e v_e''$ – імпульси електрона та $m_m v_m'$, $m_m v_m''$ – молекули до й після взаємодії.

Рухливість електрона на два порядки більше за рухливість молекули, тому імпульс молекули в порівнянні з імпульсом електрона наближається до нуля, тобто

$$m_e v_e' \approx m_e v_e''$$

$$v_e' \approx v_e''$$

$$(m_e v_e'^2)/2 \approx (m_e v_e''^2)/2$$

Таким чином енергія електрона при пружному ударі майже не змінюється. Але швидкість векторна величина. Розкладемо її на дві складові (див. рис.): швидкість напрямленого руху V_H та швидкість теплового (хаотичного) руху V_T .

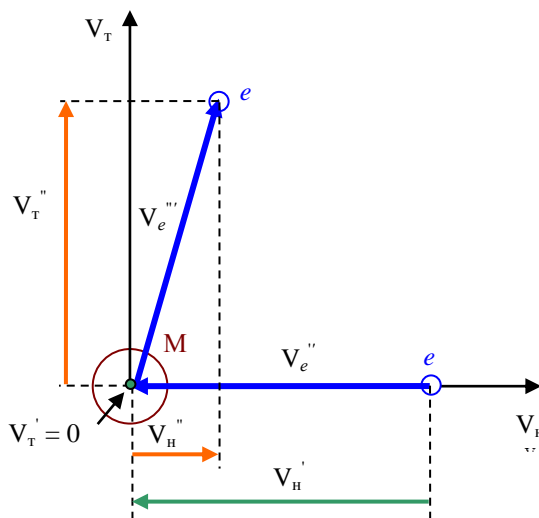


Рис. Пружна взаємодія електрона та молекули

Припустимо, що електрон прискорюється в напрямку дії електричного поля. Його швидкість по модулю V_e' до зіткнення дорівнює швидкості V_e'' після зіткнення, але проекція на вісь напрямленого руху V_H зменшується ($V_H' > V_H''$), тоді як проекція швидкості теплового руху збільшується від нуля до V_T'' . Відповідно енергія напрямленого руху зменшується, а теплового (хаотичного) збільшується.

І таким чином при кожному пружному ударі електрона по молекулі відбувається перетікання частини енергії напрямленого руху в тепловий, поки електрон не досягне енергії достатньої для іонізації, тобто непружної взаємодії.

Інструкція по експлуатації вакуумметра типу ВДГ-1

І. Призначення приладу

Вакуумметр призначений для виміру тиску в діапазоні $100 \div 10^{-1}$ мм рт. ст. ($1,33 \cdot 10^4 \div 1,33 \cdot 10^1$ Па).

2. Технічні характеристики

1. Діапазон показання вакуумметра $100 \div 10^{-2}$ мм рт. ст.

Діапазон вимірів $100 \div 10^{-1}$ мм рт.ст. складається з 5 піддіапазонів:

I	$1 \div 10^{-1}$ мм рт. ст.	(шкала на 1 мм рт. ст.)
II	$1 \div 3$ мм рт. ст.	(шкала на 3 мм рт. ст.)
III	$3 \div 10$ мм рт. ст.	(вся шкала на 10 мм рт. ст.)
IV	$10 \div 30$ мм рт. ст.	(вся шкала на 30 мм рт. ст.)
V	$30 \div 100$ мм рт. ст.	(вся шкала на 100 мм рт. ст.)

Інтервал $10^{-1} \div 10^{-2}$ 1-го піддіапазону – індикаторний,

2. При індивідуальному градуюванні наведена похибка виміру тиску в робочих умовах не більше:

у діапазонах $1 \div 10^{-1}$, $1 \dots 3$ мм рт. ст. $\pm 15\%$

у діапазонах $3 \div 10$, $10 \div 30$, $30 \div 100$ мм рт. ст. $\pm 10\%$

В індикаторному діапазоні похибка не нормуються.

У діапазоні $30 \div 100$ мм рт. ст., варто користуватися градуйованою характеристикою, наведеної в паспорті перетворювача.

3. Вакуумметр живиться від мережі змінного струму напругою $220 \text{ В} \pm 10\%$. частотою $50 \text{ Гц} \pm 1\%$ зі вмістом гармонік до 5%.

3. Принцип роботи й опис схеми.

Вакуумметр складається з манометричного перетворювача ПМДГ-1, вимірювального блоку й сполучного джгута (рис. П.1).

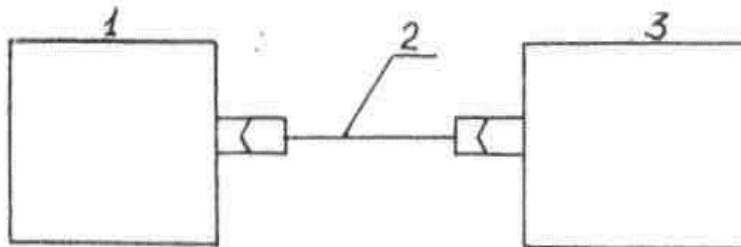


Рис. П.1. Схема вакуумметра ВДГ - 1: 1 - вимірювальний блок вакуумметра ВДГ-1; 2 - джгут; 3 - перетворювач ПМДГ-1

Манометричний перетворювач (рис. П.2) має два газорозрядних проміжки, які утворені двома нерухомими анодами й рухливим катодом, розташованим між ними. Катод за допомогою штоків з'єднаний із гнучкою мембраною. Перетворювач вакууму щільно з'єднується з об'ємом, у якому вимірюється тиск. Залежно від зміни тиску на мембрану катод переміщається між двома анодами, змінюючи газорозрядні проміжки. Протікання струмів певної сили призводить до виникнення коронного розряду в газорозрядних проміжках. Напруга горіння корони (напруга на аноді) у кожному з них залежить від відстані катод-анод. При постійних струмах через розрядні проміжки перетворювача різниця напруг між анодами залежна від тиску газу на мембрану.

Перетворювач ПМДГ-1 є різновидом так званих механотронних електронних приладів, які перетворюють механічну енергію в електричну.

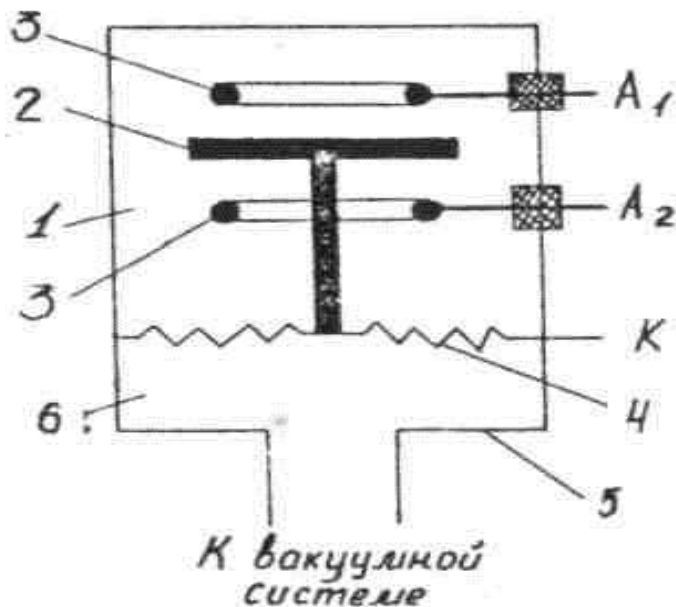


Рис. П.2. Пристрій механотронного манометричного перетворювача типу ПМДГ 1;
 1 - розрядна камера; 2 - катод; 3 - аноди; 4 - гнучка мембрана; 5 - корпус;
 6 - вакуумна камера.

Лінійність характеристики перетворювача дозволяє експлуатувати його без індивідуальної градуйованої характеристики в діапазоні тисків $10^{-1} \div 30$ мм рт. ст. При вимірі тисків у діапазоні $30 \div 100$ мм рт. ст. варто користуватися градуйованою характеристикою, що дається в паспорті перетворювача.

Вимірювальний блок призначений для живлення перетворювача стабілізованими струмами і перетворення різниці напруг між анодами перетворювача в показанні вимірювального приладу.

Конструкція приладу.

Вимірювальний блок конструктивно виконаний як прилад настільного типу. У даній лабораторній роботі він вмонтований безпосередньо в установку, а органи керування вакуумметром виведені на передню панель установки.

На передній панелі вимірювального блоку розташований: тумблер "Мережа-вкл."; лампа "Мережа"; стрілочний індикатор-мікроамперметр М265М; регулюючий резистор "Уст.0"; перемикач "Межі (мм рт. ст.)".

5.Порядок виконання роботи

1. Установити тумблер "Мережа" у положення "Вимкнено".
2. Перемикач "Межі (мм. рт. ст.)" установити в крайнє праве положення - "Вимкн."
3. Відкачати вакуумну систему разом із ПМГД-1.
4. Ввімкнути тумблер "Мережа",
6. Установити перемикач "Межі" на потрібну межу.
6. Виконати вимірювання.
7. Після закінчення роботи перемикач "Межі" установити в крайнє праве положення "Вкл.", потім тумблер "Мережа" установити в нижнє положення, при цьому повинна згаснути сигнальна лампа.

Примітка. При роботі з вакууметром не торкатись ручки "Уст.0".

Установку нуля робить лаборант. Перемикач "Межі" перед початком і після закінчення вимірів повинен бути встановлений у положення "Вимк", інакше при випадковому збільшенні тиску у вакуумній системі понад 100 мм рт. ст. стрілка індикатора буде зашкалювати, і він може зіпсуватись. По цій же причині не можна проводити виміри, якщо немає впевненості в тім, що тиск системи менше 100 мм рт.ст.